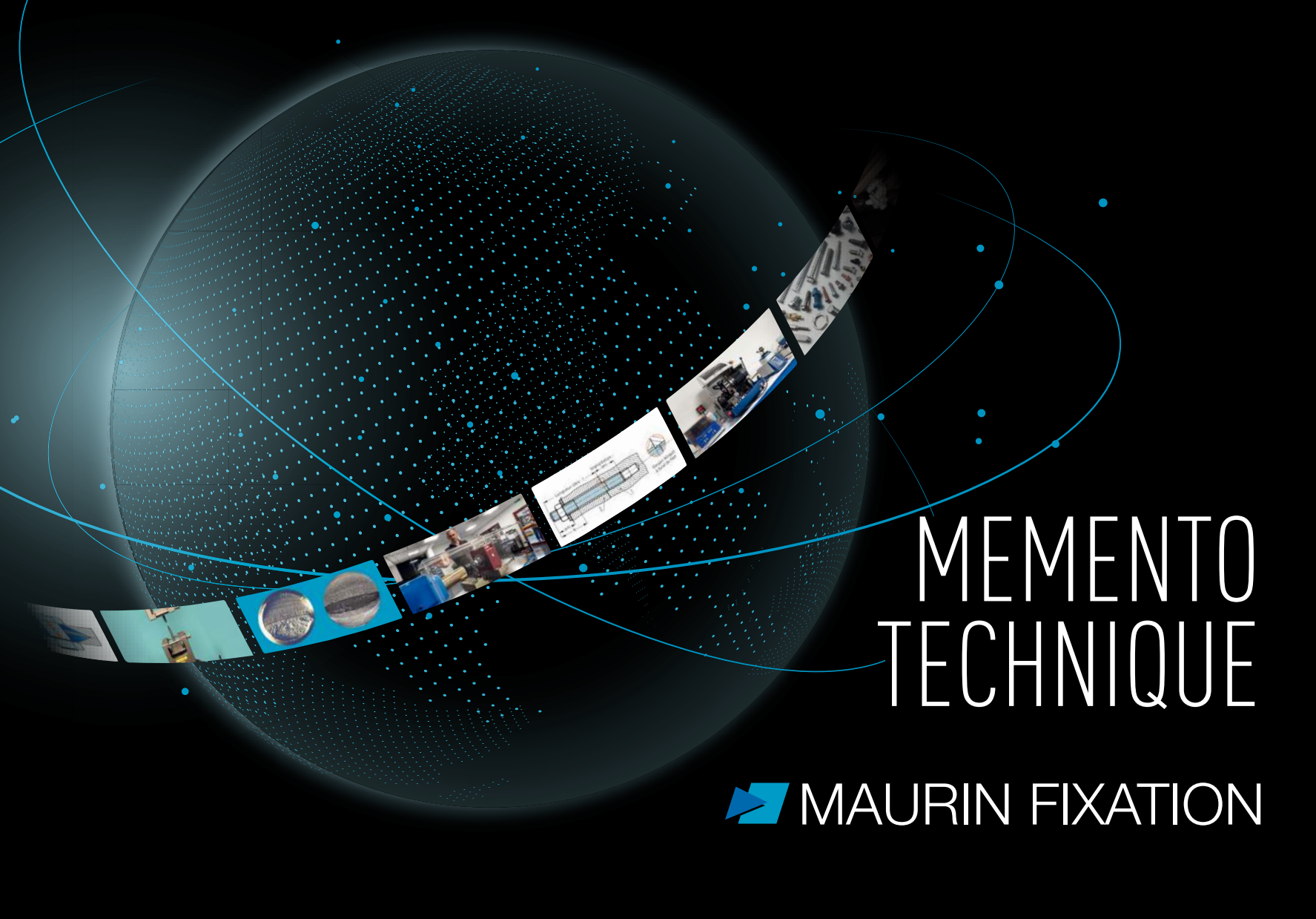
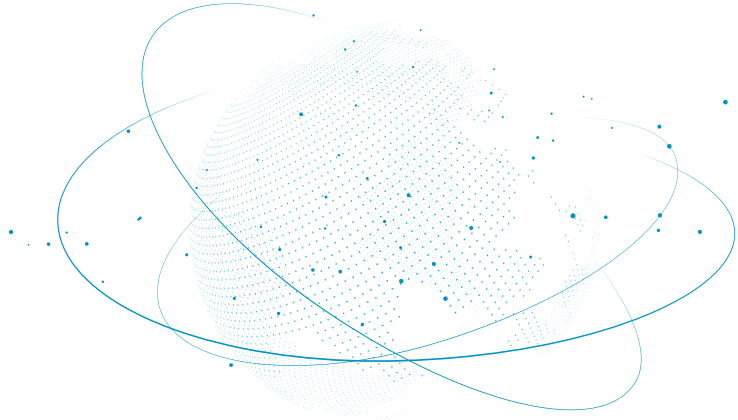


MEMENTO TECHNIQUE

MAURIN FIXATION



MEMENTO TECHNIQUE DE LA FIXATION

Edition 5 - Janvier 2025

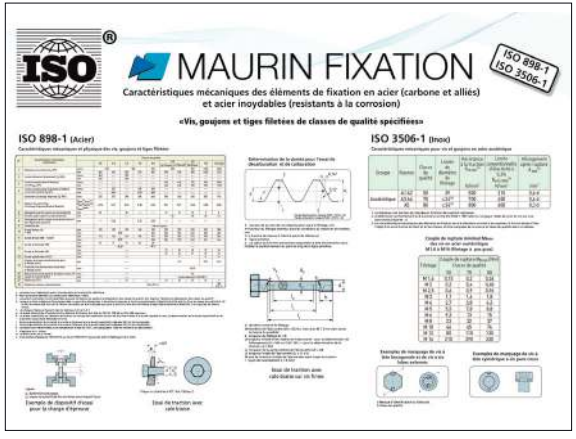
MAURIN FIXATION

S.A.S. AU CAPITAL DE 5 634 784 € - 344 087 663 R.C.S. LYON

OUVRAGE GRATUIT - NE PEUT ÊTRE VENDU

Maurin Fixation

Expertise technique



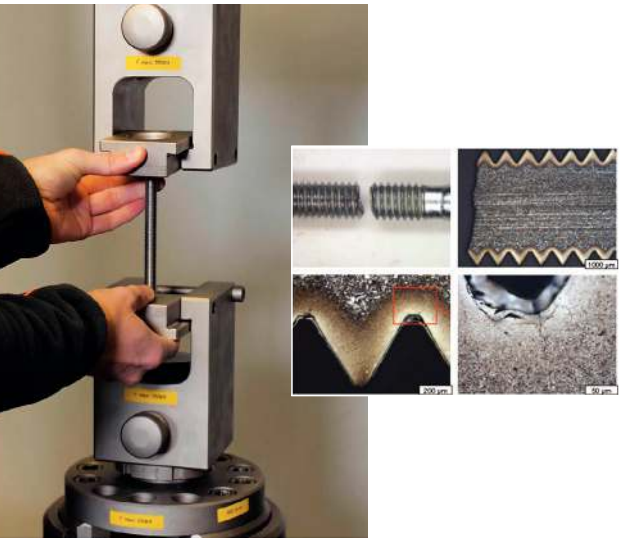
Une équipe d'experts techniques

Expertise technique par secteur d'activité

- Industrie, automobile, ferroviaire, infrastructures, …
- Des experts dans les comités de normalisation (dont l'AFNOR et l'UNM), pour les environnements normatifs de chaque secteur d'activité (normes ISO, NF, DTRF, …).

Support technique en accompagnement de vos projets

- Aide au choix du produit de fixation : classe de qualité, revêtement, …
- Aide dans l'utilisation : méthode de montage, calcul des couples de serrage, …
- Analyse des causes de défaillances (ruptures, corrosion, qualité, utilisation non conforme, …) en interne ou en collaboration avec des laboratoires extérieurs,
- Etudes de rationalisation de votre portefeuille de fixation, analyses de vos cahiers des charges,
- Expertise sur vos sites et chantiers,
- Formation de vos équipes aux techniques d'assemblage.



Une équipe d'experts qualité pour garantir des produits conformes

- Etablissement du plan de surveillance en fonction de l'analyse du besoin client,
- Constitution des dossiers EI, PPAP, FAI, …
- Gestion de la qualité fournisseurs : évaluation, sélection, audits, suivi de la performance, …
- Contrôle des éléments de fixation,
- Essai d'aptitude à l'emploi en serrage et traction, …
- Proposition de prestation d'analyse et de contrôle selon grille tarifaire.

afaq ISO 9001 Qualité AFNOR CERTIFICATION

NF AFNOR CERTIFICATION

Boulonnerie de construction métallique

Notre laboratoire d'expertise

- **Essai de serrage, coefficient de frottement, autofreinage :** banc couple/tension,
- **Mesure de dureté, métallographie :** machine de dureté Vickers,
- **Mesure d'épaisseur de revêtement :** fluorescence X,
- **Mesure de couple :** clef dynamométrique,
- **Mesure dimensionnelle :** 2D optique, projecteur de profil, PC, micromètre,
- **Contrôle par gabarit :** bagues et tampons filetés,
- **Charge à rupture, charge d'épreuve, allongement :** machine de traction 700 KN.

fixation.emile-maurin.fr
fixations@emile-maurin.fr
Tél. : 33 (0)4 72 85 85 85

MAURIN FIXATION

Nos implantations **en France**

MAURIN FIXATION

S.A.S AU CAPITAL DE 5 634 784 € - 344 087 663 R.C.S. LYON

fixation.emile-maurin.fr

Tél. : 33 (0)4 72 85 85 85

Un service de proximité

LYON
13, rue du Souvenir
BP 9271
69264 LYON Cedex 09 - France
Tél. : 33 (0)4 72 85 85 85
Fax : 33 (0)4 78 83 21 78
fixations@emile-maurin.fr

BORDEAUX
35 allée de Mégevie
33170 GRADIGNAN
Tél. : 05 56 13 60 30
Fax : 05 56 13 60 39
bordeaux@emile-maurin.fr

LILLE
Z.I. de la Pilaterie - Acticlub Bat. H
6, rue de la Ladrie
59290 WASQUEHAL
Tél. : 03 20 98 82 82
Fax : 03 20 73 86 74
lille@emile-maurin.fr

NICE
489, avenue Dr Julien Lefèbvre
BP 69
06271 VILLENEUVE-LOUBET Cedex
Tél. : 04 92 13 80 00
Fax : 04 93 73 63 40
villeneuveloubet@emile-maurin.fr

PARIS
65, rue Edith Cavell
BP 76
94403 VITRY-SUR-SEINE Cedex
Tél. : 01 47 18 13 70
Fax : 01 47 18 60 20
vitry@emile-maurin.fr

RENNES
36, rue des Landelles
35510 CESSON SÉVIGNÉ
Tél. : 02 23 35 44 80
Fax : 02 99 77 99 23
rennes@emile-maurin.fr

TOULOUSE
25, avenue Georges Guynemer
BP 43
31771 COLOMIERS Cedex
Tél. : 05 61 15 41 41
Fax : 05 61 15 41 42
toulouse@emile-maurin.fr

TOURS
29, rue des Frères Lumière
ZI de la Vrillonnerie
37170 CHAMBRAY-LES-TOURS
Tél. : 02 47 26 47 10
Fax : 02 47 65 78 88
tours@emile-maurin.fr

PLATEFORME SUPPLY CHAIN
15, chemin de la Pierre Blanche - 69800 SAINT-PRIEST
Tél. : 33 (0)4 37 64 35 64 - Fax : 33 (0)4 72 89 73 07

Un peu d'étymologie et d'histoire 6

APPROCHE TECHNICO-ECONOMIQUE

0. APPROCHE TECHNICO-ÉCONOMIQUE 9

- 0.1 Approche des technologies 10
- 0.2 Notions économiques 28
- 0.3 Notions élémentaires de mécanique 29
- 0.4 Notions élémentaires sur le traitement thermique 32
- 0.5 Notions élémentaires sur les revêtements de surface 35
- 0.6 Notions élémentaires sur la normalisation 39
- 0.7 Élaboration d'une demande d'offre ou d'une commande de fixations 41

TECHNIQUE AVANCÉE

1. ÉLABORATION DES MATÉRIAUX 43

- 1.0 Élaboration de l'acier 44
- 1.1 Élaboration de l'aluminium 46
- 1.2 Traitements thermiques des aciers et des fontes 48
- 1.3 Traitements thermiques des aciers inoxydables 55

2. MATÉRIAUX 57

- 2.0 Désignation des aciers 58
- 2.1 Aciers réfractaires 64
- 2.2 Aciers inoxydables 66
- 2.3 Métaux non ferreux 74
- 2.4 Matériaux thermoplastiques et thermodurcissables 78

3. PROCESS DE FABRICATION DES FIXATIONS 81

- 3.0 Process de frappe à froid 82
- 3.1 Process de frappe à chaud (forge) 84
- 3.2 Process de découpage / emboutissage 85
- 3.3 Process par frittage 87
- 3.4 Process par estampage et matriçage 88
- 3.5 Process par usinage 90
- 3.6 Process par injection 92
- 3.7 Process de filetage roulé 94
- 3.8 Process de filetage taillé 96
- 3.9 Fabrication additive 97
- 3.10 Défauts de surfaces liés à la fabrication 99

Avertissement

Les pages qui suivent ont été élaborées afin de répondre au mieux aux besoins de nos interlocuteurs ; elles se présentent en deux parties.

Une première partie «Approche technico-économique» devrait permettre aux approvisionneurs et acheteurs d'appréhender les problématiques des métiers de la fixation.

Une deuxième partie intitulée «Technique avancée» a pour objectif d'aller plus loin dans la connaissance et de donner aux bureaux d'études les éléments pour opérer les bons choix.

L'ensemble des outils utiles au quotidien (tableaux de correspondances, valeur utiles et normatives, textes législatifs et réglementaires...) est regroupé dans le chapitre «Bibliothèque & Outils».

Bien que complet, ce document n'a pas vocation à remplacer l'ensemble du corpus des normes, seul référentiel en dernier ressort. Malgré les travaux de relecture, des erreurs de transcription sont possibles et Emile Maurin ne saurait être tenu responsable de ces anomalies, seules les normes officielles faisant foi.

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier de leur aide et collaboration l'ensemble des personnes, sociétés et organismes qui ont aidé à la conception, au contenu ou aux illustrations composant ces pages.

Sans pouvoir être exhaustifs, nous citerons Joëlle PECHENARD d'ARTEMA, Sylvie BECHT de DORKEN, Jean FAYOLLE d'AUTOMATICA, Pascal VINIT de BOLLHOFF, Frédéric RAULIN de COVENTYA, Christian GIACALONE de SCHMID SCHRAUBEN, Damien LOIZELLE de RAWLPLUG, Edgard BOU NADER de LINDAPTER, Sylvain BONNET de STANLEY, Benjamin BOVO de 3R, Frédéric BOUVIER de NOF METAL COATING, David ROUSSEAUX de CHARDON-CHARDON, le CETIM, le CTICM et ESSENTRA.

Nous remercions sincèrement Jacques BARRIER et Jean-Paul CANAMARES qui sont les piliers-fondateurs de ce Mémento.

Emile Maurin SAS

4. CHOIX D'UN ASSEMBLAGE BOULONNÉ 101

4.0 Démarche de choix d'un élément d'assemblage 102
4.1 Démarche de dimensionnement d'un assemblage vissé 103
4.2 Règles d'implantation 104
4.3 Implantation d'une vis 106
4.4 Les boulons 107
4.5 Les goujons NFE 25-135 109
4.6 Les vis de pression 110
4.7 Les écrous 111
4.8 Les inserts et filets rapportés 113
4.9 Les rondelles d'appui et rondelles-frein 116
4.10 Les rondelles ressorts 121

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES 127

5.0 Vis, goujons et tiges filetées en acier carbone (NF EN ISO 898-1 - Mai 2013) 128
5.1 Écrous en acier carbone et en acier allié (NF EN ISO 898-2 – Octobre 2022) 159
5.2 Vis, goujons et tiges filetées en acier inoxydable (NF EN ISO 3506-1 – Janvier 2010) 171
5.3 Écrous en acier inoxydable résistant à la corrosion (NF EN ISO 3506-2 – Avril 2020) 176
5.4 Fixations en matériau thermoplastique 178
5.5 Essais mécaniques 182
5.50 Synoptique des principaux essais mécaniques 182
5.51 Essais de traction NF EN ISO 6892-1 183
5.52 Essais de compression 185
5.53 Essais de cisaillement 186
5.54 Essais de flexion 191
5.55 Essais de fatigue NF ISO 3800 192
5.56 Essais de résilience - Essais de flexion par chocs NF EN ISO 148-1 194
5.57 Essais de dureté 196
5.58 Essais de couple/tension 200
5.6 Défaillance d'assemblages vissés : typologie et causes principales 202
5.7 Visserie américaine UNC / UNF 205

6. PROFIL D'UN ÉLÉMENT FILETÉ 207

6.0 Symboles et normes de référence des filetages courants 208
6.1 Filetages métriques à profil triangulaire à 60° ISO (NF EN ISO 68) 209
6.2 Tolérance des éléments filetés de 1 à 355 mm (NF EN ISO 965) 210
6.3 Filetages américains UNC, UNF, UNS, UN et UNEF 211
6.4 Filetages anglais BSW BSF 216
6.5 Filetages trapézoïdaux symétriques (NF 03-615/616/617) 217
6.6 Valeur calculée des principaux ajustements 219
6.7 Ecarts fondamentaux taraudage / filetage 220

7. LUTTE CONTRE LA CORROSION 223

7.0 Les processus de corrosion 224
7.1 Corrosion galvanique 227
7.2 Méthodes de lutte contre la corrosion 229
7.3 Les revêtements électrolytiques NF EN ISO 4042 232
7.4 Fragilisation par l'hydrogène 241
7.5 Les revêtements lamellaires NF EN ISO 10683 244
7.6 Galvanisation à chaud 247
7.7 Les autres traitements ou revêtements 250
7.8 Choix d'un revêtement anti-corrosion 256

8. SERRAGE, AUTO-FREINAGE, GRIPPAGE 261

8.0 Principes mécaniques du serrage d'un assemblage vissé 262

8.1 Méthodes, outils et limites des types de serrage 266

8.2 Serrage : cas particulier des fixations en acier inoxydable 270

8.3 Lubrification des fixations en acier inoxydable 272

8.4 Systèmes de freinage et étanchéité par dépôt sur filet (pré-application) 274

9. FIXATION D'INFRASTRUCTURE 277

9.0 Généralités boulonnerie de construction métallique 278

9.1 Les boulons CE et NF : les différences 285

9.10 **Boulons SB** selon EN 15048 286

9.11 **Boulons HV** selon EN 14399-4 en classe de serrage K1 288

9.12 **Boulons HR** selon EN 14399-3 ou NF E25-805 en classe de serrage K2 291

9.13 **Boulons HRC** selon EN 14399-10 en classe de serrage K0 ou K2 295

9.14 Choix de l'outil de serrage 298

9.15 Vibrations : rondelle autobloquante (à pente) de construction 298

9.16 Trous de perçage pour la boulonnerie pour la construction métallique 299

9.17 Montage et préconisations 300

9.2 Crapautage 301

9.20 Boulonnerie associée 301

9.21 Exemples d'applications 302

9.22 L'Hollo-bolt® 303

9.3 Rivetage de structure 305

9.30 Principe de fonctionnement 305

9.31 Typologie de produit 306

9.4 Construction structure bois 307

9.40 Vis à bois technique 307

9.41 Boulon structure bois 311

9.5 Ancrage sur béton 312

9.50 Ancrage mécanique 313

9.51 Ancrage scellement chimique 315

9.52 Ancrage scellement béton 317

10. AUTRES MODES D'ASSEMBLAGE 319

10.0 Rivetage 320

10.1 Collage 323

10.2 Soudage 324

10.3 Clippage 326

10.4 Chevillage 327

10.5 Sertissage 329

11. USAGES ET PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES 331

11.0 Préconisations générales 332

11.1 La commande 334

12. QUALITÉ, CONTRÔLE ET NON-CONFORMITÉ 335

12.0 Qualité, contrôle, PPM et SPC 336

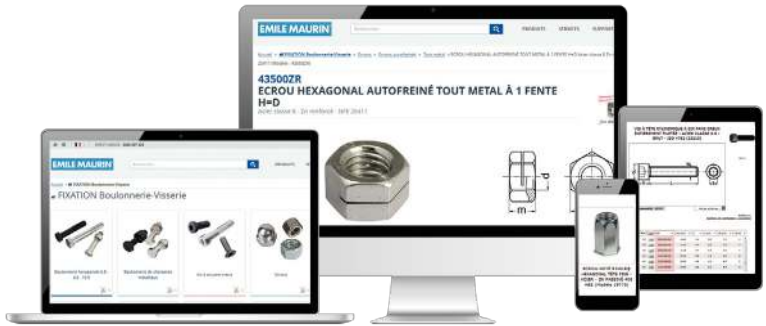
12.1 Gestion des non-conformités et impacts 338

BIBLIOTHÈQUE & OUTILS 341

1	Répertoire des normes générales usuelles	342
2	Correspondance normes produits : classement ISO écart avec la DIN	352
3	Correspondance normes produits : classement DIN écart avec l'ISO	359
4	Normes produits : annexes	369
4.1	Annexes des écarts de correspondance entre ISO et DIN	369
5	Notation abrégée usuelle	376
6	Etats de surface	377
7	Grandeurs et unités de mesure courantes	378
8	Conversion directe de valeurs en pouces en valeurs métriques	380
9	Tolérances et ajustements sur pièces lisses (NF E 02-100, NF E 02-101, NF E 02-102)	383
10	Système d'ajustement dit à arbre normal ou à alésage normal	385
11	Tolérances générales (NF EN 22-768, ISO 2768)	386
12	Ajustements couramment utilisés en mécanique	387
13	Encombrement des clés de serrage usuelles	388
14	Performance des modes d'entraînement des vis : formes et empreinte NFE 25-031	391
15	Tableau de choix des numéros d'embouts et clés	393
16	Couples de serrage pour visserie en acier ou acier inoxydable (NF E25-030-1)	394
17	Caractéristiques mécaniques et physiques de la visserie et les matériaux associés	405
18	Tables de conversion des duretés	409
19	Avant-trou de perçage pour vis à tôle	413
20	Tableau comparatif des rondelles selon normes NFE, DIN et ISO	415
21	Choix des rondelles ressort selon DIN 2093	416
22	Clavettes parallèles et clavettes disques	417
23	Certificats de conformité	419
24	Vocabulaire du métier de la fixation	426
25	Lexique Français / Anglais	449
26	Lexique Anglais / Français	460
27	Environnement et législation	470
28	Index	471

MAURIN FIXATION

La référence en produits de fixation	42
Accompagnement technique	56
Pièces spéciales	80
Prestation de contrôle des produits de fixation	126
Bibliothèque de composants normalisés	222
Les informations techniques sur les pages produits de notre site internet	276
Les fiches de préconisation sur les boulons de construction métallique	318
La rubrique support technique de notre site internet	330
Une documentation complète des gammes de produits de fixation	340
Conditions générales de préconisation	475
Conditions générales de vente	476
Le groupe Maurin, 6 pôles de spécialistes	478



fixation.emile-maurin.fr

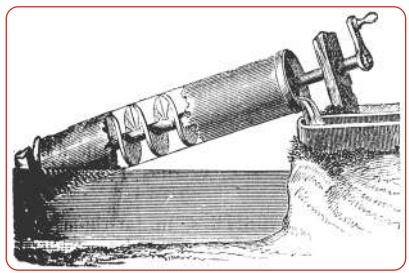
Un peu d'étymologie et d'histoire

Le mot « vis » vient du latin « *vitis* » (vigne, vrille, cep) par analogie avec la forme de la vrille de cette plante.
Le mot « écrou » a deux origines possibles, la première étant plus communément admise : soit du latin « *scrofa* » (truie), qui a généré en bas latin « *scrofia* » (injure évoquant la vulve de la truie) puis par analogie de forme « écrou », ou du latin « *scrobis* » (fossette).
Le mot « boulon » vient du latin médiéval « *bolinus* » (petite boule ronde) du fait de la forme de tête des premiers boulons.

L'antiquité et l'époque romaine

La trace la plus ancienne connue est l'utilisation de vis sans fin servant à l'élévation de l'eau de canaux construits pour les jardins de Ninive, capitale du roi SENACHERIB (704-685 avant J.-C.).

La première approche théorique est l'œuvre d'**ARCHYTAS DE TARENTE** (430 /450 avant J.-C.), philosophe pythagoricien, **inventeur de la crécelle, et probable inventeur du filetage.**



Vis sans fin d'Archimède

ARCHIMEDE (285-212 avant J.-C.), **perfectionne la vis sans fin** à usage d'adduction d'eau en optimisant pas et angle de l'hélice. Il invente l'écrou, le foret, le palan à poulies multiples.

HERON D'ALEXANDRIE (1er siècle après J.-C.) rédige 7 ouvrages de référence (dont « mécaniques » et « pneumatiques ») et **aurait inventé le tour à vis et le pressoir à vis directe.**

L'époque romaine voit se développer les systèmes de fixation « vis + écrou » notamment pour les pressoirs à vis (1er siècle avant J.-C.) et bijoux (1er siècle après J.-C.).

En bronze ou en argent, les filets étaient creusés manuellement ou créés avec un fil soudé sur la tige.

Du moyen-âge à l'époque pré-industrielle

Au 15e siècle, le concept de vis filetée couplée à un écrou fait son apparition. **Léonard de VINCI** (1452-1519) **dessine le premier dispositif à mandrin** flottant permettant la taille d'un filetage.

Vers 1550, l'utilisation de vis apparaît en horlogerie puis se développe avec les premières montres. La fabrication est alors complètement artisanale, chaque horloger fabriquant l'ensemble des composants dont il a besoin.

La première machine à fabriquer des corps de boulon semble avoir été créée en France par un sieur BESSON en 1568, qui invente ensuite la jauge ou plaque de filetage utilisée sur les tours. L'utilisation de la vis centrale pour les pressoirs réapparaît au début du 17e siècle.

En 1641, la société HINDLEY (York – Angleterre) perfectionne l'invention du sieur BESSON et permet sa généralisation.

La spécialisation par sous-métier de l'horlogerie – dont la fabrication de vis – apparaît vers 1700. Un artisan horloger, **Claude-Joseph BALLADOUD,** formé à Nuremberg, **va créer en 1720 l'activité de décolletage** dans la vallée de l'Arve en Haute-Savoie. En 1760, un processus industrialisé de filetage est créé en Angleterre par J. et W. WYATT, mais il n'existe alors aucune standardisation.

Henry MAUDSLAY, un ingénieur anglais, **crée en 1797 le premier tour de précision** associant chariot guidé, harnais de tour et engrenages interchangeables, premier pas vers la standardisation des filetages. Parallèlement, les premiers tire-bouchons apparaissent à la fin du 17e siècle, le premier brevet datant de 1795 avec l'application de la vis sans fin. **La première machine à fileter est l'œuvre du français SENOT,** toujours en 1795, suivi en 1798 par le tour à tailler de John WILKINSON.

En 1799, Henry MAUDSLAY est l'auteur du premier exemple de machine d'usinage utilisée sur une ligne de montage, avec 42 tours à bois utilisés à la fabrication de poulies pour les gréements de la Royal Navy.

En 1848, se crée l'« Ecole Royale d'Horlogerie » en vallée de l'Arve, qui permettra le développement économique local autour de cette activité.

L'époque industrielle

Les têtes de vis fendues se généralisent au 19e siècle, même si la première empreinte véritablement industrialisée est l'empreinte carrée (dite empreinte ROBERTSTON). Le premier brevet d'empreinte est déposé par un américain, Alain CUMMINGS, en 1875 mais sans développement commercial. Suivront les empreintes Phillips (par F. PHILLIPS – Oregon USA), Pozidriv (par American Screw Company et Phillips Screw Company - USA), Torx (par Camcar Textron - USA)...

En 1840, les vis à bois sont perfectionnées en Angleterre avec la mise en œuvre d'une pointe permettant le vissage direct.

En 1841, Joseph WHITWORTH propose la première standardisation des filets au Royaume-Uni, avec un angle de flanc de filet à 55° et un nombre défini de filets par pouce selon le diamètre. Les fonds de filet et sommet étaient arrondis.

En 1861, Jean-François BELLEVILLE brevète les rondelles ressort qui portent toujours son nom.

En 1864, William SELLERS aux Etats-Unis propose le filetage à 60° et plusieurs pas de filetage pour chaque diamètre. Cela permettra la création des filetages C (pour Coarse = pas gros) et F (pour Fine = Filet fin). Fonds de filets et sommets sont plats, ce qui rend l'industrialisation plus aisée mais diminue les performances en application dynamique et la résistance à la fatigue des assemblages.

1871 voit la création des établissements EMILE MAURIN à Lyon.

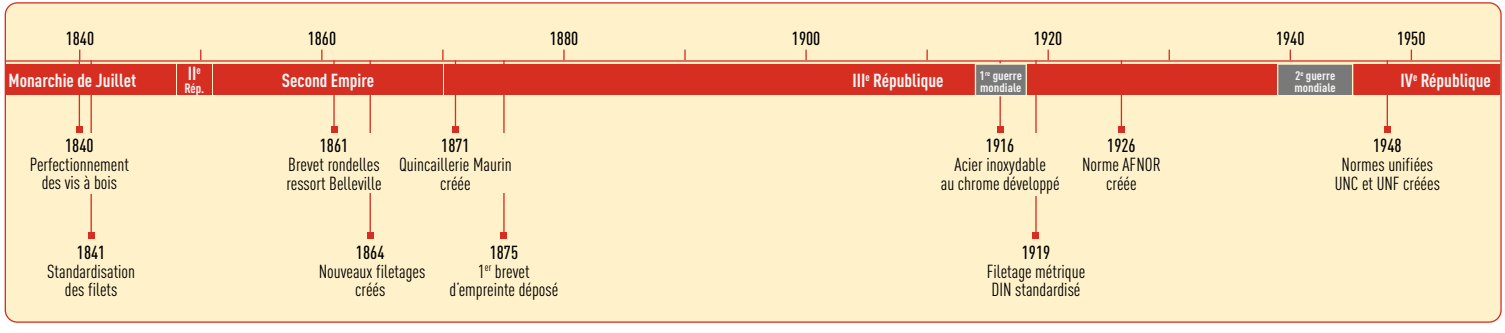
L'acier inoxydable au chrome est développé en 1916 par Harry BREARLEY (Grande-Bretagne) et perfectionné par ajout de nickel par HATFIELD (Allemagne) en 1924.

En 1919, le filetage métrique DIN est standardisé en Allemagne, prenant le meilleur des précédents : fond arrondi pour la résistance à la fatigue, sommet plat et flanc de filet à 60°. L'AFNOR est créée en 1926.

Durant les deux guerres mondiales du 20e siècle, l'absence de standardisation internationale pénalise la coopération et l'effort de guerre entre les alliés. Cela abouti en **1948 à la création des normes unifiées UNC et UNF.**

In fine, la combinaison de la norme DIN avec un rayon à fond de filet agrandi selon le filetage des normes unifiées, réunit le meilleur dans les normes ISO.

Ces normes ISO constituent désormais un corpus de référence dans le monde de l'industrie et leur évolution dans les dernières décennies est concentrée sur la définition et l'évaluation des performances, notamment avec les classes de qualité.



L'histoire des revêtements métalliques

Les premières traces de dépôt métallique par électrolyse datent du 2e millénaire avant J.-C., en Egypte. On trouve des vases et statuettes de terre cuite, des pointes de flèche en bois, des lames recouvertes d'une mince couche de cuivre. Le procédé utilisé ne demandait pas de source extérieure de courant : la surface de l'objet était métallisée par application d'or en poudre ou d'une fine feuille d'or ou d'argent battu, puis il était trempé dans une solution de sel de cuivre, avec des plaques de zinc qui lui étaient reliées. Lorsque le dépôt avait atteint l'épaisseur voulue, l'objet était séché à feu doux, puis chauffé progressivement pour obtenir la réduction en cendres du support.

PLINE L'ANCIEN évoque les procédés de décoration d'armes et objets en bronze par dorure et argenture par amalgamation avec le mercure. La description détaillée du procédé est rédigée au 16e siècle par un moine bénédictin de l'abbaye d'Helmershausen, THEODULE.

L'invention de la pile par VOLTA permet au chimiste italien BRUGNATELLI la dépose d'or sur des objets en argent. Les recherches sont poursuivies par SPENCER en Angleterre, de La RIVE en Suisse (1825) et BECQUEREL en France (1829). **Le procédé de galvanoplastie** (traitement de surface sur un objet par un dépôt électrolytique via électrolyse) **sera finalement décrit et publié par Boris JACOBI en Russie (1837)** et industrialisé dans les établissements Charles CHRISTOFLE à Paris et ELKINGTON à Birmingham. Les travaux des frères ELKINGTON en Angleterre (brevet du 27/09/1840) et le Comte Henri de RUOLZ-MONTCHAL en France (brevet du 1/12/1840) signent la naissance de la galvanoplastie moderne.

L'apparition de la dynamo, dite « machine de GRAMME » révolutionne la galvanoplastie et permet l'apparition des premiers bains de cuivrage et nickelage.

Le chromage apparaît au moment de la première guerre mondiale.

Les procédés s'industrialisent entre les deux guerres avec les premières installations automatisées, les tonneaux pour le traitement en vrac, le traitement à base de cadmium.

Les années 50 voient se multiplier les possibilités de traitement apparaître : les solutions de lubrification (top-coat) **et la fin du 20e siècle les revêtements lamellaires**.

Reproduction d'objets d'art
par procédé de galvanoplastie.

Pline l'Ancien représenté
dans le médaillon de gauche.

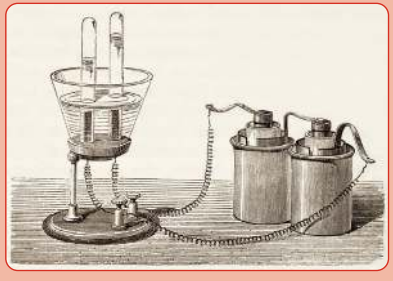


Illustration antique de matériel
de laboratoire d'électrolyse.
Original créé par Javandier,
a été publié par G. Tissandier,
Hachette, Paris, 1873.

0

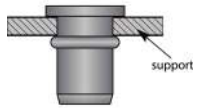
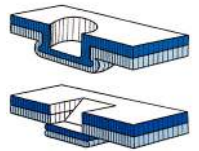
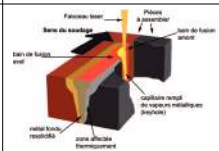
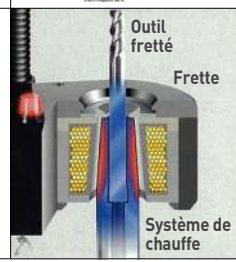
Approche technico-économique

0.1 Approche des technologies

Assemblage non démontable (sauf par destruction des éléments assemblés)

Sans élément rapporté

0.1-1

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Sertissage		Le sertissage est une technique d'assemblage par déformation mécanique à froid d'un métal.	Un des éléments à assembler doit être métallique.	Un outil adapté est souvent nécessaire (pince par exemple).
Clinchage		Le clinchage permet d'assembler des tôles et des profilés par déformation locale et à froid des matériaux. Point de clinchage rond et par déformation pour assemblage étanche. Point de clinchage rectangulaire avec découpe pour matériaux durs et inox.	Deux ou plusieurs tôles métalliques de différentes natures, sans ou avec revêtement de surface tels que peinture, laque, plastique, métal.	Accès des deux côtés des pièces à assembler. Poinçon + matrice adaptés. De la pince portative jusqu'à l'équipement automatique. Pas de préparation (perçage) des pièces à assembler.
Soudage (sans élément d'apport)		Le soudage (sans élément d'apport) est un assemblage par fusion des matériaux qui assure ainsi une liaison par une continuité de la matière au niveau atomique. Le soudage peut s'effectuer par points ou par cordon.	Dépend des propriétés métallurgiques des deux matériaux. Les supports doivent être propres.	Différentes techniques existent (laser, plasma, arc,...).
Frettage		Le frettage est l'assemblage de deux pièces grâce à un ajustement serré. La pièce extérieure est appelée «frette», la pièce intérieure est dite «frettée».	L'assemblage est réalisé avec des tolérances d'usinage qui interdisent son montage à la main.	La solution d'assemblage la plus simple, quand elle est possible sans détérioration du matériau, est de chauffer la frette pour la dilater avant de l'enfiler sur l'élément qu'il faut fretter. On peut à l'inverse refroidir l'élément intérieur à l'azote liquide ou à la glace carbonique pour le contracter et l'engager dans la frette. Dans certains cas, on réalise l'emmanchement cylindrique ou conique à la presse.

Assemblage non démontable (sauf par destruction des éléments assemblés)

Avec élément rapporté

0.1-2

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Soudage (avec élément d'apport)		Le soudage est un assemblage par fusion des matériaux avec un élément d'apport qui assure ainsi une liaison par une continuité de la matière au niveau atomique.	Dépend des propriétés métallurgiques des deux matériaux. Les supports doivent être propres.	Différentes techniques existent : laser, plasma, arc, semi-automatique...
Brasage		Le brasage est l'assemblage de deux matériaux à l'aide d'un métal d'apport ayant une température de fusion inférieure à celle des métaux à assembler.	Adapté aux alliages légers.	Métal d'apport : cuivre, laiton, argent...
Collage		Le collage est l'assemblage par un mécanisme d'adhérence d'un matériau d'apport (adhésif de type polymère) sur les surfaces à assembler. La cohésion de l'assemblage est obtenue après durcissement de l'adhésif.	Plutôt pour des liaisons sollicitées en cisaillement. La préparation des surfaces est très importante pour la qualité du collage. Tenue en température limitée à 200 / 250°C.	Différents systèmes de dépose de la colle existent : pulvérisation, extrusion, rouleaux encolleurs... Durcissement de la colle à température ambiante ou à chaud (maximum 150 / 200°C).

Assemblage non démontable (sauf par destruction de la fixation)

Rivetage

0.1-3

Typologie	Illustration	Descriptif	Pièces à assembler	Mise en œuvre
Rivet aveugle à rupture de tige (non structurel)		Ce rivet est formé d'un corps et d'une tige. Il permet d'assembler des tôles minces par la déformation du corps générée par la traction de la tige. A la fin du rivetage, la tige se rompt et seule sa tête reste à l'intérieur du corps formant la contre-tête. Il existe en de nombreux matériaux. **Diamètres de 2 à 6,4 mm**	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur qui peuvent être de différentes natures (tôles revêtues ou non, plastiques). Plutôt pour assemblages en cisaillement et non fortement sollicités.	Pose en aveugle possible (accès d'un seul coté des pièces à assembler). Pose au moyen de pince portative jusqu'à l'équipement automatique. Perçage préalable des pièces à assembler nécessaire.
Rivet aveugle de structure		Ce rivet est formé d'un corps et d'une tige. Il permet d'assembler des tôles par la déformation du corps générée par la traction de la tige. A la fin du rivetage, la tige se rompt et reste verrouillée dans le corps du rivet, participant à sa résistance au cisaillement. Ce rivet a également une résistance plus importante à la traction. **Diamètres de 4,8 à 12,7 mm**	Deux ou plusieurs tôles minces ou épaisses qui peuvent être de différentes natures, revêtues ou non.	Pose en aveugle possible (accès d'un seul coté des pièces à assembler). Pose au moyen d'un outil portable jusqu'à l'équipement automatisé. Perçage préalable des pièces à assembler nécessaire.
Rivet de type aéronautique		Ce rivet est en général formé de 3 composants : une douille, une tige et une bague de verrouillage. Il permet d'assembler des tôles par la déformation du corps générée par la traction de la tige. A la fin du rivetage, la tige se rompt de façon affleurante avec la tête du rivet et reste verrouillée dans le corps par le biais de la bague de verrouillage, participant à la résistance au cisaillement. Ces rivets existent avec des têtes protubérantes et affleurantes	Deux ou plusieurs tôles minces ou épaisses qui peuvent être de différentes natures (acier, aluminium, titane, composite,...) revêtues ou non. Nécessite un perçage ajusté. Reprise d'effort en cisaillement et tenue aux vibrations dans des zones moyennement sollicitées.	Pose en aveugle possible (accès d'un seul coté des pièces à assembler). Pose au moyen d'un outil portable jusqu'à l'équipement automatisé. Perçage préalable des pièces à assembler nécessaire.
Rivet foré		Ce rivet est constitué d'une seule pièce. Il permet d'assembler des tôles minces par la déformation (bouterollage) de la contre-tête durant le rivetage.	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur qui peuvent être de différentes natures (tôles revêtues ou non, plastiques). Plutôt pour assemblages en cisaillement et non fortement sollicités.	Pose avec accès des deux côtés des pièces à assembler. Sertissage des rivets en manuel (machine fixe) ou à alimentation automatique. Perçage des pièces à assemble avec une bonne précision.

Assemblage non démontable (sauf par destruction de la fixation)

Rivetage

0.1-3

Typologie	Illustration	Descriptif	Pièces à assembler	Mise en œuvre
Rivet creux		Ce rivet est constitué d'une seule pièce. Il permet d'assembler des tôles minces par la déformation (bouterollage) de la contre-tête durant le rivetage.	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur qui peuvent être de différentes natures (tôles revêtues ou non, plastiques). Tenue mécanique faible.	Pose avec accès des deux côtés des pièces à assembler. Sertissage des rivets en manuel (machine fixe) ou à alimentation automatique. Perçage des pièces à assembler avec une bonne précision.
Rivet plein		Ce rivet est constitué d'une seule pièce massive. Il permet d'assembler des pièces métalliques par déformation de l'extrémité du rivet (bouterollage) à froid ou à chaud (technique utilisée pour la tour Eiffel par exemple). Ce rivet a une très bonne résistance au cisaillement.	Deux ou plusieurs pièces métalliques. Nécessité d'accès des deux cotés.	Pose à chaud des rivets avec une presse de rivetage ou par matériel lourd automatisé. Poinçonnage préalable des pièces à assembler nécessaire.
Rivet sur aiguille		Ce rivet est formé d'un seul composant. Le rivet est creux. Il permet d'assembler des tôles grâce à la déformation engendrée par la traction d'une aiguille de mandrinage unique au travers des rivets. Le rivet est serti lorsque l'aiguille de traction a traversé totalement le corps du rivet.	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur, tôles ou plastiques de différentes natures, sans ou avec revêtement de surface, tels que peinture, laque, plastique, métal. Faible résistance au cisaillement.	Pose en aveugle, accès d'un seul coté des pièces à assembler. De l'outil portable jusqu'à la pose en alimentation automatique. Perçage des pièces à assembler, avec une qualité de perçage de précision moyenne.
Rivet auto-poinçonneur		Le principe consiste à faire pénétrer un rivet creux par poinçonnage dans la(les) première(s) tôle(s), puis à le faire s'évaser dans le support inférieur sans le perforer. Le point d'assemblage est réalisé ainsi en une seule opération.	Deux ou plusieurs tôles de différentes natures, sans ou avec revêtement de surface tels que peinture, laque, plastique, métal. Dépend des propriétés des tôles à assembler.	Accès des deux côtés des pièces à assembler. Poinçon + matrice adaptés. De la simple presse jusqu'à l'équipement automatique. Pas de perçage des pièces à assembler.
Rivet à expansion		Le rivet est formé d'un ou plusieurs composants plastiques ou métalliques. La tête du rivet est enfoncée ce qui provoque la déformation du corps et verrouille le rivet dans les supports.	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur qui peuvent être de différentes natures (tôles revêtues ou non, plastiques). Faible tenue mécanique.	Pose en aveugle possible (accès d'un seul coté des pièces à assembler). Mise en place généralement manuelle, à l'aide d'un marteau. Perçage préalable des pièces à assembler.

Assemblage non démontable (sauf par destruction de la fixation)

boulon à sertir

0.1-4

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Boulon à sertir avec rupture de tige		Boulon à sertir de type lockbolt, formé d'un corps de boulon à sertir et d'une bague de sertissage. **Diamètres de 4,6 à 36 mm.**	Fixation et outillage spécifique. Classe de qualité équivalente à 8.8 ou 10.9. Pour construction métallique.	Outillage pneumatique ou hydraulique adapté au diamètre et type de lockbolt (la bouterolle de l'outil vient déformer et sertir la bague sur les gorges de verrouillage de la tige). Outillage (coupe-bague) pour le démontage.
Boulon à sertir sans rupture de tige		Boulon à sertir de type lockbolt (certifié DiBt). Résistance à la corrosion améliorée car tige "non cassante". **Diamètres de 4,8 à 25,4 mm.**	Fixation et outillage spécifique. Classe de qualité équivalente à 8.8 ou 10.9. Pour construction métallique (dont châssis, remorque, camion)	Outillage pneumatique ou hydraulique adapté au diamètre et type de lockbolt (même principe de pose). Outillage (coupe-bague) pour le démontage.

Clouage, agrafage

0.1-5

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Agrafes		Deux principes : - agrafage en aveugle : sous l'effet d'une force appliquée par un outil spécifique, l'agrafe traverse les matériaux à assembler et les maintient en position, - agrafage avec bouterollage des deux pointes de l'agrafe, après avoir traversé les matériaux à assembler.	Nature, épaisseur et dureté des matériaux à assembler (bois, métal,...).	De la simple agrafeuse manuelle jusqu'à l'équipement automatique. Pas de perçage des pièces à assembler.
Clous		Dans supports métalliques, bois, béton.	Pas d'utilisation en mécanique.	Par pisto-scellement.

Assemblage démontable

Vissage - Fixation filetée mâle

0.1-6

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Vis à métaux métrique ISO		La vis, constituée d'une seule pièce, se compose d'un corps cylindrique partiellement ou entièrement fileté (selon norme ISO), d'une tête formant une surface d'appui et d'un système d'entraînement (hexagone, fente, empreinte cruciforme,...) permettant d'appliquer un couple de serrage.	La classe de qualité de la vis et le serrage appliqué doivent être adaptés aux sollicitations et à la nature des matériaux serrés.	A monter dans un taraudage ou avec un écrou. Le serrage est appliqué avec des outils traditionnels (tournevis, clé), à la visseuse électrique, pneumatique ou avec des systèmes automatisés.
Vis à métaux non métrique		La vis, constituée d'une seule pièce, se compose d'un corps cylindrique partiellement ou entièrement fileté, d'une tête formant une surface d'appui et d'un système d'entraînement (hexagone, fente, empreinte cruciforme,...) permettant d'appliquer un couple de serrage.	La classe de qualité (grade) de la vis et le serrage appliqué doivent être adaptés aux sollicitations et à la nature des matériaux serrés. L'ensemble des éléments de la fixation (rondelle et écrou) doit être compatible avec la vis.	A monter dans un taraudage ou avec un écrou. Le serrage est appliqué avec des outils traditionnels (tournevis, clé), à la visseuse électrique, pneumatique ou avec des systèmes automatisés.
Vis autotaraudeuse		Elément constitué d'une tête de différentes formes et d'un corps dont la conception du filetage est spécialement développée pour tarauder le trou du support pré-percé.	Les meilleures performances sont obtenues avec une conception adéquate du ou des bossages.	Le diamètre de perçage de l'avant-trou sur les éléments à assembler est prédéfini en fonction du diamètre de la vis.
Vis autoformeuse		Elément constitué d'une tête de différentes formes et d'un corps dont la conception du filetage (extrémité conique) est spécialement développée pour assurer le centrage de la vis et faciliter le formage. La zone autoformée est exempte de tensions résiduelles liées à l'élasticité du matériau.	Préconisée pour l'assemblage de pièces en matériau thermoplastique.	Pour optimiser l'assemblage, la réalisation d'un bossage avec perçage prédéfini en fonction du diamètre de la vis est nécessaire. Emploi de visseuses électriques ou pneumatiques.
Vis autoperceuse		Concept identique à la vis autotaraudeuse avec rajout sur l'extrémité du filetage d'une pointe foreuse de type courte ou longue.	Fixation de renforts métalliques en acier ou alu.	La vis perce elle-même son trou et taraude ensuite les éléments à fixer. Emploi de visseuses électriques ou pneumatiques avec limiteur de course et/ou limiteur de couple.

Assemblage démontable

Vissage - Fixation filetée mâle

0.1-6 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Vis à tôle		Elément constitué d'une tête de différentes formes et d'un corps dont le filetage conçu avec un profil spécifique est spécialement développé pour l'assemblage par vissage direct dans le trou du support pré-percé. L'extrémité du filetage peut être réalisée suivant deux critères de choix : - bout plat, - bout pointu.	Les éléments à assembler doivent être de faibles épaisseurs. Contrainte à l'arrachement limitée.	Le diamètre de perçage de l'avant-trou sur les éléments à assembler est prédéfini en fonction du diamètre de la vis.
Vis pour matériaux tendres		Elément constitué d'une tête de différentes formes renforcée à sa base et d'un corps dont le filetage est conçu pour obtenir des performances au niveau du couple de vissage.	Support tendre tel que bois, aggloméré, plastique...	La vis perce elle-même son trou et taraude ensuite les éléments à fixer. Emploi de visseuses électriques ou pneumatiques.
Goujon, tige filetée		Elément fileté solidarisé sur pièce support par vissage.	La classe de qualité du goujon doit être adaptée aux sollicitations. Longueur d'implantation selon caractéristiques du support.	Permet d'assurer un serrage avec un écrou. Le serrage est appliqué avec des outils traditionnels (tournevis, clé), à la visseuse électrique, pneumatique ou des systèmes automatisés.
Goujon à souder		Elément fileté solidarisé sur une tôle par soudage.	La résistance de l'assemblage dépend du matériau du goujon et de la résistance mécanique du point de soudure. Le soudage altère localement l'aspect support.	Nécessite un équipement de pose adapté. L'opération peut être automatisée. Se monte sur des tôles nues en acier.

Vissage - Fixation filetée mâle

0.1-6 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Vis, goujon à sertir		Elément fileté solidarisé sur une tôle par déformation à froid sous l'effet d'une pression mécanique.	Tôle avec ou sans revêtement. Epaisseur et dureté de la tôle. Le couple de serrage doit rester faible pour ne pas désolidariser le goujon de la tôle support.	Montage sous presse dans un trou percé ou poinçonné de dimensions précises.
Vis sans tête		Elément fileté sur toute sa longueur comportant sur une de ses extrémités une empreinte de type fendue ou 6 pans et à l'opposé une extrémité à bout plat, cuvette, téton, conique.	A utiliser uniquement en compression, réglage.	Tournevis, clé 6 pans visseuse électrique munie d'un embout.
Vis à embase		La vis, constituée d'une seule pièce, se compose d'un corps cylindrique partiellement ou entièrement fileté, d'une tête hexagonale à embase cylindro-tronconique formant une surface d'appui élargie.	La classe de qualité de la vis et le serrage appliqué doivent être adaptés aux sollicitations et à la nature des matériaux serrés. L'embase peut être lisse ou crantée.	A monter dans un taraudage ou avec un écrou. Le serrage est appliqué avec des outils traditionnels (tournevis, clé), à la visseuse électrique, pneumatique ou avec des systèmes automatisés. Evite de monter une rondelle sous tête.
Vis à rondelle imperdable		La vis se compose d'un corps cylindrique partiellement ou entièrement fileté, d'une tête formant une surface d'appui et d'un système d'entraînement (hexagone, fente, empreinte cruciforme,...) permettant d'appliquer un couple de serrage. Une rondelle imperdable est mise en place avant la réalisation du filetage.	La classe de qualité de la vis et le serrage appliqué doivent être adaptés aux sollicitations et à la nature des matériaux serrés.	Montage sécurisé d'un ensemble vis + rondelle sous tête avec gain de productivité (temps de montage).
Vis pour béton		En vissant dans le trou de perçage, le filet déforme une dépouille arrière et réalise un verrouillage de forme sans pression d'écartement. Nombreuses formes de tête.	Utilisation pour béton, brique, parpaing plein ou creux, pierre naturelle. Nettoyage du trou de perçage avant vissage.	Pas de machine spéciale. Pas de contrôle de couple de serrage. Pas de cheville.

Assemblage démontable

Vissage - Fixation filetée femelle

0.1-7

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Ecrou métrique ISO		De forme hexagonale ou carrée, comportant en son centre un taraudage permettant d'assurer la manœuvre de serrage.	L'écrou doit être adapté à la classe de qualité de la vis.	De la pose manuelle jusqu'à la pose automatique. Utilisation de clé adaptée à la dimension de l'écrou.
Ecrou non métrique		De forme hexagonale ou carrée, comportant en son centre un taraudage permettant d'assurer la manœuvre de serrage.	L'écrou doit être adapté à la classe de qualité de la vis.	
Ecrou autofreiné		Sur la base d'un écrou avec taraudage de conception différente pour assurer un autofreinage sur la vis. Le taraudage peut être de forme oblong, avec fente ou double fentes superposées ou comportant à l'entrée du filet une bague nylon.	Sur élément à serrer comportant un revêtement. Détruit légèrement la surface lors du vissage d'où une diminution de sa résistance à la rouille rouge.	
Ecrou à souder		De forme hexagonale ou carrée, comporte en son centre un taraudage muni ou non d'un pion de centrage pour positionnement et sur son embase des plots de soudage.	Indémontable.	Soudage par points ou en continu.
Ecrou cage		Ecrou enfermé dans une cage métallique à clipper. Facilite les assemblages ultérieurs grâce au pré-positionnement de l'écrou et à son maintien pendant le serrage de la vis.	Prévoir un poinçonnage plus important que celui nécessaire au passage de la vis.	Contrainte de mise en œuvre : poinçonnage de forme non ronde. Nécessite un outil simple pour la mise en place.
Ecrou tôle		Les écrous en tôle remplacent avantageusement les écrous forgés, pour des assemblages moins sollicités. Deux types d'écrous à pincer sur panneaux métalliques ou plastiques : - à empreinte (utilise des vis à tôle) pour assemblage léger, - à fût taraudé (utilise des vis métriques) pour contraintes plus élevées.	Se monte sur des panneaux de 0,5 à 4 mm d'épaisseur.	Montage manuel par poussée sur le bord du panneau.

Assemblage démontable

Vissage - Fixation filetée femelle

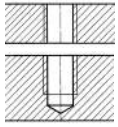
0.1-7 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Ecrou à sertir (écrou noyé)		Le principe consiste à solidariser l'écrou sur la tôle par formation à froid d'un bourrelet du côté opposé à la l'insertion. On réalise ainsi l'insertion du taraudage sans détérioration/déformation de la tôle.	Deux ou plusieurs supports de faible épaisseur, tôles ou plastiques de différentes natures, sans ou avec revêtement de surface tels que peinture, laque, plastique, métal. Une fonction rivetage peut être assurée lors du sertissage de l'écrou.	Pose en aveugle. Perçage ou poinçonnage des pièces nécessaires. Equipement de pose allant de l'outil manuel à la pose automatique.
Ecrou, vis et colonnette à sertir		L'écrou est inséré dans la tôle par presse. Sous l'effort, la tôle se déforme puis l'écrou lui-même est déformé pour immobiliser l'ensemble.	Epaisseur et nature des matériaux sur lequel il est installé. Précision du logement.	Généralement automatique. Sous presse, outillage adapté au produit et à l'épaisseur et la nature des supports. Accès des 2 côtés du support impératif.
Ecrou auto-poinçonneur		Ecrou autopoinçonneur. Ecrou autosertisseur. Peut être posé en temps masqué lors de l'emboutissage de la tôle en un seul coup de presse. Pose en une seule opération sans préparation préalable de la tôle. Grande précision de positionnement. Exigences remplies en termes de tenue au couple et de résistance axiale à l'arrachement.	Limites de positionnement de l'écrou par rapport aux emboutis et à l'environnement de la pièce client. Auto poinçonneur sur tôle de 1 à 2,5 mm.	Nécessite l'intégration du matériel de pose dans les outils de presse et le recours à une distribution automatique.

Assemblage démontable

Vissage - Partie filetée femelle

0.1-8

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Taraudage		Le taraudage est un filetage intérieur (femelle) réalisé par usinage ou par déformation (refoulement de matière) dans un trou débouchant ou borgne selon les dimensions définies par les normes ISO.	Les dimensions du taraudage conditionnent la résistance à l'arrachement en fonction des caractéristiques du matériau.	Permet de recevoir un élément fileté mâle (vis, goujon) de diamètre nominal et de pas identique.
Renforcement de taraudage		Renforcement du taraudage par ajout d'insert tels que : 1. Filet rapporté : fil losange enroulé, installé par rotation dans un trou taraudé. Le maintien en place est assuré par la pression du fil sur les flancs du taraudage. 2. Douille taraudée: installée dans un trou taraudé. Le maintien en position est assuré par l'insertion de 2 barrettes diamétralement opposées. 3. Douille autotaraudeuse.	Les inserts sont généralement utilisés dans des matériaux tendres tels que les alliages d'aluminium, plastiques, bois, etc. Utilisation possible aussi dans des pièces de fonderie à haute valeur ajoutée, permet la réparation.	1. Filet rapporté : trou taraudé, cotes spécifiques précises. 2. Douille taraudée : trou taraudé, cotes spécifiques ou normalisées. 3. Douille autotaraudeuse : logement non taraudé, percé ou moulé. Pour les trois inserts, mise en place par outil manuel jusqu'à équipement automatique.
Fluoperçage		Procédé de perçage par l'intermédiaire d'un outil céramique type fluoperceur : - à araser, - standard monobloc, - spécial. Excellente qualité du diamètre fluopercé. Absence totale de calamine. Outil réaffûtable. Aucune lubrification.	Ne peut être utilisé que pour des perçages en série où le degré de précision se situe sur des intervalles de tolérances très faibles.	La réalisation s'effectue sur perceuse à colonnes ou machine CNC.
Insert pour matériaux tendres		Ecrous à insérer dans les matières plastiques après moulage. Il existe différents profils d'inserts adaptés à différentes technologies d'insertion : - par procédé thermique pour thermoplastiques, - par ultrasons pour thermoplastiques, - par vissage autotaraudeur pour thermoplastiques et thermodurcissables, - par expansion pour thermoplastiques et thermodurcissables. Il existe aussi des inserts de surmoulage qui sont des écrous à insérer dans le moule avant injection.	La forme de l'insert et la technologie d'insertion sont à adapter en fonction de la nature du plastique.	Logements percés ou moulés pour les inserts «après-moulage». L'installation sera faite selon le type de produit par mise en température, ultrasons, vissage ou presse au moyen de machines adaptées.

Assemblage démontable

Vissage - Fixation filetée mâle + femelle

0.1-9

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Boulon		Ensemble constitué d'une vis, d'un écrou et éventuellement d'une ou deux rondelles, créant une liaison complète et démontable entre les pièces qu'il traverse. Le serrage doit permettre d'éviter tout glissement ou décollement.	Différentes classes de qualité définies selon ISO 898-1 et ISO 898-2 ou ISO 3506-1 et ISO 3506-2. Nécessite un encombrement adapté pour positionner la vis et l'écrou et les moyens de serrage, avec accès des deux côtés.	Vissage et serrage (généralement de l'écrou) par l'intermédiaire d'une clé ou visseuse de type électrique ou pneumatique.
Boulon de construction métallique et bois non-précontraint		Boulon de construction métallique (SB) non destiné à précontrainte, devant répondre aux normes EN 15048-1 et -2, à la règlementation européenne (DPC/RPC) et avec un marquage CE.	Classe de qualité de 4.6 à 10.9, revêtue ou non, et acier inoxydable.	Vissage et serrage à appliquer conformément aux notifications et prescriptions techniques européennes.
Boulon de construction métallique précontraint		Boulon de construction métallique (HR ou HV) apte à la précontrainte, devant répondre aux normes EN 14399-1, -2 et autres parties, à la règlementation européenne (DPC/RPC) et avec un marquage CE.	Classe de qualité de 8.8 ou 10.9, bruts ou galvanisés à chaud.	Clé large. Vissage et serrage à appliquer conformément aux notifications et prescriptions techniques européennes et relatives au système (HR ou HV) choisi.
Boulon de construction métallique à précontrainte calibrée		Boulon de construction métallique HRC apte à la précontrainte, devant répondre aux normes EN 14399-1, -2 et -10, à la règlementation européenne (DPC/RPC) et avec un marquage CE.	Classe de qualité 10.9, bruts ou galvanisés à chaud ou zinc lamellaire.	Clé large. Vissage et serrage avec une visseuse électrique spéciale, la rupture de l'embout fusible se produisant au niveau de précontrainte conforme aux prescriptions techniques européennes et relatifs au système HR.
Tige d'ancrage		Tige acier formée sur une extrémité d'une anse en forme de canne ou d'une queue de carpe et à son opposé d'une longueur filetée.	Pour fixation lourde.	Canne ou queue de carpe scellée au sol pour fixation sur longueur filetée.

Assemblage démontable

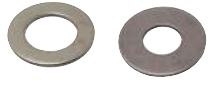
Vissage - Fixation filetée mâle + femelle

0.1-9 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Etrier		Tige acier cintrée ou pliée à 180° suivant un entraxe donné comportant à chacune de ses extrémités une longueur filetée.	Fixation de maintien ou de positionnement.	Pour fixation tube ou câble sur glissière ou cornière pré-percée.
Visserie métallo-plastique		La tête de vis ou la forme extérieure de l'écrou sont en matières plastiques de différentes natures surmoulées sur un goujon ou insert métallique (laiton ou acier). Les possibilités de coloris et de formes sont nombreuses et permettent de s'adapter à un design ou à son environnement.	La résistance du filetage donnée par le goujon ou l'insert métallique est réduite par la résistance de la matière plastique de l'élément de manœuvre.	Généralement montées à la main. A monter avec vis ou écrous métalliques normalisés ISO.
Visserie en plastique		Vis, écrous et rondelles de tous types, toutes normes, réalisées en différentes matières plastiques. Les possibilités de coloris sont nombreuses et permettent de s'adapter à un design ou un environnement.	Résistance mécanique faible par rapport aux vis acier.	Montage avec outils traditionnels, tournevis, clé, installation manuelle ou automatique. Les vis sont identiques aux vis ISO métriques. A monter dans écrou ou taraudage plastiques ou métalliques. Les écrous sont identiques aux écrous ISO métriques. A monter avec des vis ou goujons plastiques ou métalliques.

Compléments d'assemblage - Elément de fixation complémentaire

0.1-10

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Rondelle de serrage		Les rondelles sont principalement conçues pour répartir la force d'un écrou ou d'une vis sur la pièce à fixer. Elles peuvent être de différentes largeurs et épaisseurs.	A éviter lors de fortes précontraintes exigées en tension sur la vis.	Manuelle ou automatique.
Rondelle de serrage s'opposant au dévissage		Les rondelles sont conçues pour procurer à un assemblage par vis ou boulon une force précontrainte élastique qui réduit significativement les risques de desserrage intempestif. Elles sont souvent équipées de cannelures sous tête pour résister au desserrage.	A éviter sur matériau tendre.	Manuelle ou automatique.

Compléments d'assemblage - Elément de fixation complémentaire

0.1-10 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Rondelle de blocage à effet de pente		La rondelle est constituée d'une paire de rondelles identiques utilisant l'effet de plans inclinés. Une des faces possède des cames dont l'angle est supérieur à celui du pas de vis, l'autre une denture radiale. Les deux rondelles sont montées et pré-assemblées cames contre cames.	Ne pas utiliser sur rondelle plate, non bloquée en rotation.	Manuelle. Couple de serrage spécifique.
Rondelle ressort		Acier ressort de type couronne en forme de cônes aplatis. Peut être utilisée seule ou assemblée.	Utilisation de type statique : (rondelle type «Belleville») ou utilisation de type dynamique : ISO 2093 - 3 ou 4 éléments.	Assure lors d'une mise en compression une réserve d'énergie élastique pour maintenir le serrage appliqué.
Rondelle de compensation		Ces rondelles élastiques sont conçues pour compenser un jeu axial ou transmettre un effet ressort afin de diminuer la pression spécifique imprimée au support.	Limitation en effort.	Manuelle.
Rondelle d'étanchéité		Composées d'une rondelle conique en acier et d'un joint en fibre ou élastomère.	Bonne adéquation de serrage nécessaire : suffisant pour obtenir l'étanchéité, limité pour éviter la fragilisation de l'élément support.	Manuelle. Utilisation privilégiée dans le domaine du bâtiment.
Entretoise		Les entretoises permettent de supporter les efforts de compression sur des assemblages dans des matériaux tendres ou ayant un fluage important (exemple polymères). Fiabilise la tenue en tension dans l'assemblage vissé.	Valeur de résistance mécanique en compression et fluage en fonction de l'épaisseur de l'entretoise et du couple de serrage.	Assemblage : - soit par surmoulage fente jointive et/ou pointe diamant, - soit par emmanchement mécanique élastique.

Assemblage démontable

Fonctions complémentaires

0.1-11

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Autofreinage d'une fixation vissée		La fonction de freinage permet d'empêcher ou retarder le dévissage. Elle peut être obtenue de trois manières : - freinage par déformation mécanique sur filets (par déformation du métal de l'écrou, ou par un élément non métallique inséré dans l'écrou ou dans la vis) ; - freinage mécanique faible par patch (dépôt d'un point ou trait de polyamide) ; - freinage par enduction (chimique). Certaines enductions sont non démontables sans destruction de la fixation ou du support.	La perte de l'élément de fixation par dévissage ne sera pas immédiate, après une perte de tension. Ceci facilite la détection de la défaillance avant dévissage total ou la rupture. L'environnement thermique limite la plage d'utilisation des produits freinés chimiquement ou avec élément non métallique.	La fonction d'autofreinage mécanique est apportée aux éléments de fixation (vis, écrous...) lors de leur process de fabrication. La fonction d'autofreinage chimique est apportée aux éléments de fixation soit par pré-enduction lors de leur process de fabrication, soit par application au montage.

Chevillage

0.1-12

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Cheville de structure		Une cheville plastique, métallique ou chimique permet de réaliser un ancrage dans un matériau support. Il existe trois principes d'ancrage des chevilles : - par frottement, - par verrouillage de forme, - par collage. On distingue les chevilles femelles, qui sont mises en place avant la pièce à fixer, des chevilles mâles, qui sont mises en place au travers de la pièce à fixer.	La qualité du matériau support a un rôle essentiel dans les performances de l'ancrage. Les distances aux bords, les entraxes et la profondeur d'ancrage sont également des conditions indispensables à la qualité de la fixation. Certaines chevilles chimiques sont non démontables sans destruction de la fixation ou du support.	Chaque type de fixation peut avoir son propre mode de pose. Il est indispensable de respecter les instructions données par le fabricant. Le dépoussiérage et le serrage au couple, par exemple, sont des étapes de la mise en œuvre à ne pas négliger.
Cheville légère				
Cheville chimique				

Assemblage démontable

Blocage

0.1-13

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Goupille cylindrique		Lopin cylindrique ou conique ou comportant 3 cannelures suivant 3 génératrices à 120°.	Implique un perçage avec respect des tolérances imposées.	Manuellement au moyen d'un marteau. Mécaniquement : par presse hydraulique.
Goupille conique				
Goupille cannelée				
Goupille élastique		Les goupilles élastiques se présentent sous la forme d'un cylindre ouvert sur sa génératrice. Principe : maintien assuré par compression résultant de l'élasticité du métal (écart diamètre état libre / diamètre nominal en place). Matières : acier à ressort traité, inox, laiton,... Fente spécifique pour montage automatique. Applications : axe, positionnement, entretoise, immobilisation, pion de centrage, insert pour matériaux polymères.	Valeur de cisaillement résultant de la résistance mécanique du feuillard. Celle-ci peut être augmentée par un montage compoundé. Normes ISO 8752 et ISO 13337. Spécifiques selon applications.	Montage dans un logement tolérancé H12 (pas d'opération d'alésage). Assemblage manuel ou automatisé.
Anneau d'arrêt Circlip®		Les Circlips® servent au maintien d'éléments par blocage dans une gorge interne ou externe.	Bonne corrélation nécessaire entre profondeur et largeur de la gorge et les caractéristiques dimensionnelles du Circlip®.	Pince spécifique pour mise en œuvre.
Rondelle d'arrêt d'axe		Deux modèles de rondelles élastiques d'arrêt à montage axial : - les «fixes 2 languettes», - les «fixes multi-languettes». Ces rondelles peuvent être montées sur toutes tiges lisses. Elles permettent la fixation élastique de pièces légères, de façon particulièrement économique.	Fixations pour contrainte faible à moyenne.	Manuelle ou outil simple.

Assemblage démontable

Blocage

0.1-13 suite

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Ecrou à créneaux		Blocage mécanique de la rotation relative des éléments de fixation au moyen d'un élément tiers : fil métallique, goupille, patte rabattue, etc.	Le démontage nécessite la destruction de la goupille de blocage qui rend celle-ci non réutilisable.	La réalisation du blocage s'effectue après l'opération de vissage.
Fil frein		Fil acier ou inox tressé positionné entre deux vis préalablement percées ou entre une vis et un point fixe. Ce fil tressé exerce une traction dans le sens des aiguilles d'une montre sur les têtes de vis.	Fil de 0.6 ou 0.8 mm en fonction de la taille des vis.	Perçage de la tête des vis pour passage du fil.
Frein d'équerre		Tôle plate percée de forme : - rectangulaire, - d'équerre à ailerons, - droit à ailerons.	Réutilisable si assemblage identique.	Rabattement à 90° d'un ou deux ailerons manuellement à l'aide d'un marteau sur face 6 pans vis ou écrou.

Clippage

0.1-14

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Clip pour tubes, câbles et faisceaux		Grande diversité. Ces clips permettent de regrouper plusieurs tubes et faisceaux sur un point de fixation. Suivant les contraintes de l'assemblage (niveaux d'efforts, nécessité de compenser les fluages,...), ces composants sont en métal, plastique ou métalloplastique.	Démontable ou non démontable (destruction partielle ou totale de la fixation).	Se montent sur des panneaux : - soit en bord de tôle (clips métalliques), - soit dans des poinçonnages en milieu de tôle (clips plastiques et métalliques), - soit sur des goujons soudés (clips plastiques).
Clip pour panneaux		Grande diversité. Ces clips réalisent la fixation d'équipements sur des panneaux ou l'assemblage de panneaux entre eux. Suivant les contraintes de l'assemblage (niveaux d'efforts, nécessité de compenser les fluages,...), ces composants sont en métal, plastique ou métalloplastique.	Effort de montage faible, mais effort de démontage faible aussi. Démontable ou non démontable (destruction partielle ou totale de la fixation).	Généralement montage manuel.

Divers assemblages démontables ou non démontables

0.1-15

Typologie	Illustration	Descriptif	Limites	Mise en œuvre
Collier de serrage		Il assure le maintien en position entre deux éléments. Le principe repose sur une compression à la périphérie de l'assemblage. Certains colliers assurent une fonction d'étanchéité (liquide, gaz). Ces composants sont en métal ou en plastique.	Démontable, ou non démontable (destruction partielle ou totale de la fixation).	Montage manuel, par pince, clé...
Liens de serrage pour câbles		Lien plastique cranté ou métallique pour températures extrêmes.	Facilité de montage. Résistant et flexible. Nombreuses tailles.	Montage manuel ou par pince. Démontage par destruction ou torsion du brin libre selon le produit.
Fixation 1/4 de tour		Goujon constitué d'une tête de différentes formes, d'un élément ressort et d'un corps lisse dont la conception du fût est spécialement développée pour assurer la fermeture par pression.	Sur capotage ou éléments à serrer nécessitant une rapidité d'exécution.	La fermeture en mouvement 1/4 de tour s'effectue par poussée du goujon positionné sur une des pièces et enclenché dans le réceptacle fixé sur la deuxième pièce à assembler.

Nota. Il existe encore de nombreux systèmes de fixation autres que ceux présentés précédemment, dont certains apportent des fonctions complémentaires. Voir le catalogue de notre département «Eléments Standard Mécaniques», par exemple : loquets, charnières, doigts d'indexage, sauterelles ...

0.2 Notions économiques

Afin de définir, approvisionner et utiliser les produits de fixation, compte tenu de leur faible prix d'achat unitaire, il convient d'avoir une approche plus globale.
En effet, le portefeuille «achat» de fixation pour un industriel représente en général de 1 à 3% des achats «matière». Par exemple, une voiture de gamme moyenne intègre environ pour 150 euros de produits de fixation.
Par contre, c'est, par nature, la plupart du temps le premier poste en nombre de références gérées.
Par ailleurs, la fixation est un produit de sécurité à double titre : sécurité des biens et des personnes bien sûr, mais aussi sécurité industrielle : quel est le coût réel d'une rupture de chaîne si un produit de fixation n'est pas disponible ?

Coût du produit

Les produits de fixation sont essentiellement composés d'acier, dont le cours fluctue et est de fait négocié au niveau mondial en dollars US, même si les achats peuvent être réalisés en euros.
Les investissements pour fabriquer les produits de fixation sont lourds et les technologies employées très différentes selon les produits. Cela conduit à avoir des conditions économiques très variables selon le plan de charge des fabricants (nota : les constructeurs automobile «première monte» absorbent près de 50% de la capacité mondiale en produits de fixation).
La notion de série de fabrication (quantité) est particulièrement importante, au régard des prix unitaires des pièces, le temps de réglage de machine pouvant être supérieur au temps de production (les cadences de production atteignent 15000 pièces à l'heure).
Enfin, le marché de la production est mondial, et certains produits ne sont plus fabriqués qu'en quantités minimes en Europe (les écrous par exemple).
L'impact des coûts de transport peut être très significatif, compte tenu de l'aspect pondéreux des produits (un volume de «boite à chaussures» pèse environ 20 kg, une palette 800 kg...).
Le coût des produits de fixation est donc par nature très variable. Pour autant, l'industriel recherche le maximum de visibilité. Une bonne anticipation des besoins a par conséquent un impact économique important.

Coût du contrôle

Chaque manipulation de produit se traduit par un coût de main d'œuvre et/ou un coût d'amortissement d'investissement. Ceci est particulièrement vrai en matière de contrôle, les machines de tri ayant des cadences 4 fois moins rapides que les outils de production.
Selon le type et le nombre de contrôles demandés, le prix du produit peut augmenter de 10 à 30%...

Coût d'acquisition

Du fait de la faible valeur unitaire des produits et du grand nombre de sources de fabrications, l'impact des coûts de gestion industrielle (gestion de nomenclature, processus d'achat, processus d'approvisionnement, de contrôle et réception, processus comptable) est très significatif.
La rationalisation des références utilisées est un moyen à privilégier pour limiter ce type de coût.

Coût de possession

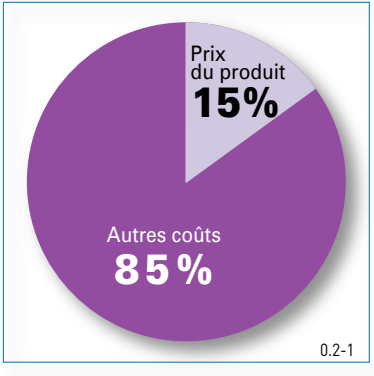
Du fait des effets de série, voir des quantités minimum d'approvisionnement, le stock de produits de fixations représente couramment plusieurs mois de consommation (sauf en cas de gestion externalisée de type KANBAN).
Il nécessite la plupart du temps des rayonnages lourds, compte tenu du poids des produits et une zone de stockage importante du fait du nombre de références.

Coût de montage

Par rapport au coût du produit, le coût du montage est largement supérieur, qu'il soit réalisé manuellement (coût de main d'œuvre) ou à l'aide de systèmes de montage automatiques (coût d'amortissement et d'entretien et surcoût des produits qui nécessitent alors un niveau ppm amélioré).
L'ergonomie est donc un facteur clé d'amélioration.

Coût complet

Au final, le coût complet de la fonction «fixation» dans le monde industriel est généralement considéré comme composé à 15% seulement du prix du produit !
Dans les secteurs industriels les plus optimisés (automobile) par la taille des séries, les process de conception et de montage, ce ratio peut atteindre au plus 30%.



0.2-1

0.3 Notions élémentaires de mécanique

Définition d'une action mécanique

On désigne par action mécanique toute cause physique capable :
- de modifier le mouvement d'un corps,
- d'interdire le mouvement d'un corps susceptible de se déplacer,
- de déformer un corps.

Il n'existe que 2 manières d'appliquer une action mécanique, que ce soit sur un solide unique ou un système plus complexe :
- **à distance** (l'attraction terrestre, les champs magnétiques,...)
- **par contact** d'autres objets.

Formes d'actions mécaniques

Pression/Contrainte :
Lorsqu'une force s'exerce sur une surface, il peut être intéressant de considérer la répartition de la force selon cette surface. Dans ce type d'étude, on divise l'intensité de la force (en Newton) par la surface (en mm²) sur laquelle elle s'exerce et l'on obtient une **pression**.
A l'intérieur d'un matériau, cette pression s'appelle **contrainte**.

Remarque
Il est bien souvent très difficile d'inventorier et de quantifier toutes les forces et les moments qui s'appliquent à un système mécanique. Pour être efficace, il faut souvent renoncer à tout connaître et fixer les limites de l'étude aux actions mécaniques les plus prépondérantes.

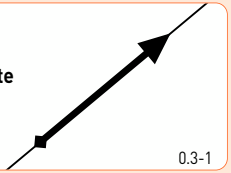
Adhérence et frottement

Le mouvement relatif de deux pièces peut être considéré comme la combinaison de 3 mouvements «élémentaires» : le **glissement**, le **pivotement** et le **roulement**.
Chacun de ces 3 mouvements peut être empêché ou plus ou moins contrarié par l'adhérence et/ou le frottement qui résultent des interactions entre les surfaces de contact.

Prenons l'exemple d'une pièce 1 reposant sur une pièce 2. Le poids de la pièce 1 exerce une force sur la pièce 2. Si l'on exerce un effort horizontal F_h pour faire glisser la pièce 1, il faut tout d'abord vaincre une résistance avant de pouvoir mettre la pièce en mouvement. Cette résistance, que l'on appelle **adhérence**, témoigne de l'apparition d'une force qui s'oppose au glissement.

LES FORCES (ou efforts)
Elles génèrent ou interdisent
un mouvement **selon une droite**

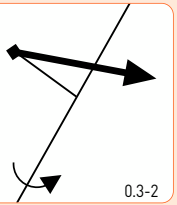
Unité : Newton (N)



0.3-1

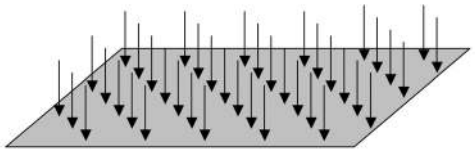
LES COUPLES (ou moments)
Ils génèrent ou interdisent
un mouvement **autour d'une droite**

Unité : Newton-mètre (N.m)

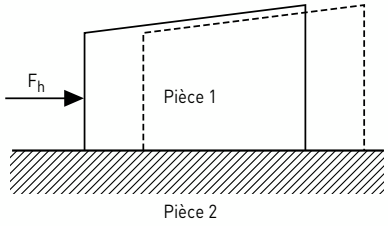


0.3-2

Unité : N/mm²



0.3-3



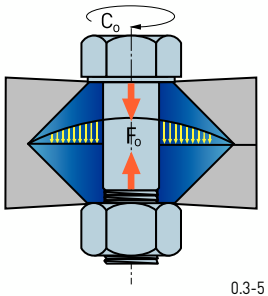
0.3-4

Remarque
En langage courant, l'adhérence évoque les rubans adhésifs ou les colles. Nous parlons, ici, d'adhérence en tant que phénomène physique.

Une fois lancée, la pièce 1 glisse sur la pièce 2 mais subit toujours l'influence des frottements qui ont tendance à ralentir le mouvement.

Une étude approfondie des efforts appliqués à la pièce permet de définir un **coefficient de frottement μ** en fonction de la nature du matériau, de la rugosité des surfaces (stries plus ou moins visibles à la surface du matériau) et de l'état des surfaces (sèches ou lubrifiées).

Dans un assemblage vissé, le couple de serrage (C_o) développe une force axiale (F_o) qui maintient un contact entre le filetage de la vis et celui de l'écrou.
L'inclinaison du filetage (par rapport à la direction de la force F_o) et le frottement entre les surfaces du filetage permet la stabilité de l'assemblage.
Le contact de la tête de vis ou de l'écrou sur la pièce serrée, en faisant également naître des efforts de frottement, contribue à empêcher le desserrage du boulon.



0.3-5

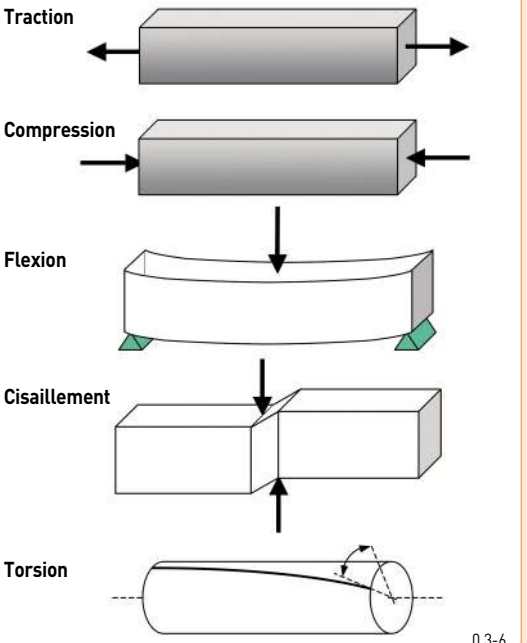
Sollicitations et déformations

On utilise différents modèles pour caractériser les modes de sollicitation d'un solide.
Les plus utilisés sont la traction-compression et le cisaillement. Selon les cas, la flexion peut être modélisée comme de la traction-compression ou comme un cisaillement. La torsion se modélise comme un cisaillement.

Lorsque l'on exerce une sollicitation sur un corps, il en résulte une déformation et, à l'extrême, une rupture (endommagement).
On distinguera :
- la **déformation élastique** qui est une déformation **réversible** (le matériau reprend ses dimensions initiales lorsque l'on supprime la sollicitation),
- la **déformation plastique** qui est une déformation **irréversible** (le matériau conserve une déformation définitive lorsque l'on supprime la sollicitation).

Tous les matériaux se déforment, de façon plus ou moins perceptible, mais chacun possède bien évidemment des caractéristiques très différentes.

Par un essai de traction, il est possible de déterminer :
- la **résistance mécanique** qui est la contrainte maximum que peut supporter un matériau avant rupture,
- la **limite élastique** qui est la contrainte **au-delà** de laquelle un matériau subit une déformation irréversible.



0.3-6

Dureté

La dureté caractérise la résistance que présente un matériau à la pénétration d'un corps sous une charge définie.

3 échelles sont couramment utilisées :

- dureté Vickers (HV) utilisant un pénétrateur de forme pyramidale (selon la norme ISO 6507),
- dureté Brinell (HB) utilisant un pénétrateur en forme de bille (selon la norme ISO 6506),
- dureté Rockwell (HRC) utilisant un pénétrateur en forme de cône ou HRB avec un pénétrateur en forme de bille (selon la norme ISO 6508).

Remarque
Bien qu'il existe des tables de correspondance très pratiques, il est difficile de corréler la dureté avec les caractéristiques de traction (R_m, $R_{p0,2}$,...).

Résilience

La résilience caractérise la résistance au choc d'un matériau. Elle est déterminée par un essai qui consiste à briser un échantillon, préalablement entaillé, par un pendule lâché d'une hauteur déterminée. La norme de référence est l'ISO 93.

0.4 Notions élémentaires sur le traitement thermique

Les traitements thermiques sont des opérations de chauffage et de refroidissement qui ont pour but de donner à une pièce métallique les propriétés les plus appropriées pour son emploi ou sa mise en forme. Ils permettent d'améliorer dans une large mesure les caractéristiques mécaniques d'un acier de composition déterminée. Toute utilisation rationnelle d'un alliage implique un traitement thermique approprié. D'une façon générale, un traitement thermique ne modifie pas la composition chimique de l'alliage mais apporte les modifications suivantes :

- constitution (état de carbone et forme allotropique du fer),
- structure (grosseur du grain et répartition des constituants),
- caractéristiques mécaniques.

Les principaux traitements thermiques sont les suivants : trempe, revenu et recuit.

Trempe

Le cycle thermique de trempe comporte trois phases successives :

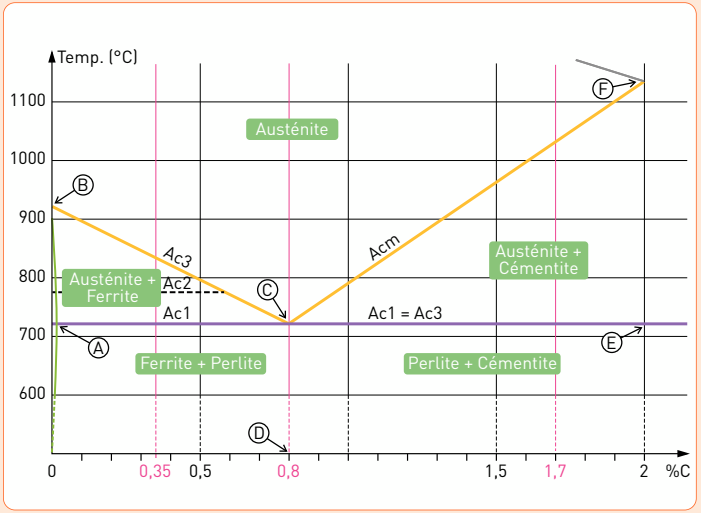
- chauffage à une température T dite température de trempe, correspondant à un état austénitique.;
- maintien à cette température T durant un certain temps de façon à réaliser plus ou moins complètement la mise en solution des constituants dont les carbures et l'homogénéisation de l'austénite. L'ensemble de ces deux phases est dit austénisation.
- refroidissement par immersion dans un milieu eau, huile ou air, suffisamment rapidement pour obtenir les caractéristiques de trempe recherchées.

Trempabilité

C'est une grandeur physique caractérisant chaque acier. Elle dépend de la composition chimique de l'acier, du cycle de refroidissement et de la masse de la pièce.

Revenu

Après une trempe l'acier est trop fragile pour pouvoir être mis en service sans un traitement complémentaire. La trempe est suivie d'un revenu constitué d'un chauffage au-dessous du point Ac1. Le revenu réalise alors un compromis entre dureté et résilience : il augmente l'allongement et surtout la résilience ; mais il diminue la dureté, la limite élastique et la résistance à la traction.



0.4-1 **Diagramme fer-carbone**

Ac1 :
lieu des températures définissant la limite inférieure du domaine d'existence de l'austénite.

Ac2 :
lieu des températures définissant la perte des propriétés magnétiques (point de Curie/770°C pour le fer Alpha).

Ac3 :
lieu des températures d'équilibre définissant la limite supérieure du domaine d'existence de la ferrite.

Acm :
lieu des températures d'équilibre définissant la limite supérieure du domaine d'existence de la cémentite dans un acier hypereutectoïde.

Recuit

Le recuit amène le métal en équilibre physico-chimique et tend à réaliser un équilibre structural ; il a donc pour but de faire disparaître les états hors d'équilibre résultant de traitements antérieurs thermiques ou mécaniques. L'état recuit correspond aux valeurs maximales des caractéristiques de ductilité, et aux valeurs minimales des caractéristiques de résistance.

Recuit de normalisation
Le recuit de normalisation est effectué à une température dépassant Ac3 de 50 à 100°C et suivi d'un refroidissement à l'air calme. Ce recuit a pour but d'affiner le grain et il contribue également à l'homogénéisation du métal et au relâchement des contraintes internes. Dans le cas des aciers autotrempants, le refroidissement s'effectue dans un four.

Recuit d'adoucissement
Ce recuit consiste à maintenir le métal à quelques dizaines de degrés au-dessous du point de transformation Ac1 et a pour but de faciliter l'usinage ou la déformation. Ce recuit s'applique principalement aux aciers à outil ou pour faciliter les opérations de frappe à froid et évite la réalisation d'une trempe qui aurait lieu lors d'un refroidissement même lent après chauffage au-dessus de Ac3 .

Recuit de détente
Ce recuit a pour but le relâchement des contraintes internes dues à la solidification (pièces de moulage) ou à des opérations mécaniques (usinage) ou de soudage. Ce recuit s'effectue généralement vers 600-650°C.

Recuit d'hypertrempe (cas des aciers inoxydables austénitiques)
Ce recuit est effectué à une température généralement supérieure à 1000°C et suivi d'un refroidissement rapide (eau, air pulsé) afin d'éviter la précipitation de phases intermédiaires.

Traitement thermochimique des aciers

C'est un traitement thermique réalisé dans un milieu adéquat pour obtenir une modification en surface de la composition chimique du matériau de base par échange avec ce milieu.

Traitement thermique des aciers de cémentation
Les aciers de cémentation ont l'avantage de présenter à la fois une surface dure et résistante à l'usure ainsi qu'une bonne ténacité à cœur. Pour obtenir ces propriétés particulières, il est nécessaire d'augmenter la teneur en carbone de la zone superficielle. La cémentation peut se faire en milieux pulvérulents, liquides ou gazeux.

Cémentation en poudre
Dans le cas des aciers de cémentation servant à la mise en forme des matières plastiques, on utilise des poudres de cémentation à action douce afin d'éviter une teneur en carbone trop élevée en surface. Les caisses de cémentation doivent être adaptées à la forme des outils à traiter afin que la carburation soit aussi homogène que possible. La profondeur de carburation adéquate est fonction de la forme de l'outil. Pour mesurer la profondeur de carburation, il est conseillé de placer dans la caisse de cémentation des éprouvettes de la même nuance que l'outil.

Cémentation en bain de sels
Par rapport à la cémentation en poudre, la méthode en bain de sels présente les avantages suivants :
- gain de temps car les pièces n'ont pas à être emballées puis déballées,
- traitement plus rapide,
- cémentation homogène, même pour les pièces de formes compliquées.

Cémentation gazeuse
Alors que les procédés solides et liquides obligent à travailler avec un niveau de carbone constant, la cémentation gazeuse permet de faire varier le niveau de carbone à l'intérieur de limites étendues. Ce procédé garantit en outre une teneur en carbone homogène dans toute la zone superficielle et permet d'obtenir des profondeurs de carburation importantes dans des temps encore raisonnables. Tout comme le procédé en bain de sels, la cémentation gazeuse facilite la trempe directe.

Un **traitement thermique** est effectué afin d'homogénéiser et améliorer les caractéristiques mécaniques d'une pièce (résistance, dureté, ductilité, limite d'élasticité, propriétés de surface,...). Il consiste à lui faire subir un cycle prédéterminé de chauffage et de refroidissement, afin d'obtenir des transformations de structure maîtrisées.

Les traitements thermiques les plus utilisés pour les produits de fixation sont les suivants :

0.4-2

Le recuit	permet de rendre le métal «mou» pour mieux le déformer lors de la frappe à froid (éviter crique, usure outillage).
	permet d'améliorer la ductilité des fixations (classes de qualité 4.6 ou 5.6).
La trempe	permet de durcir le métal pour augmenter sa résistance mécanique (% C élevé dans la martensite) - à l'huile (trempe martensitique), - en bain de sel (trempe bainitique).
Le revenu	permet de rendre le métal moins fragile.
La cémentation	permet de **durcir uniquement la surface** du métal par apport de carbone.
La carbonitruration	permet de **durcir uniquement la surface** du métal par apport d'azote et de carbone.

Les fixations sont fabriquées avec traitement thermique, à partir d'aciers alliés ou d'aciers inoxydables, notamment pour :
- les vis de classes de qualité 8.8 et supérieures et les vis en inox martensitique,
- les écrous de classes de qualité 10 et supérieures et les écrous de classe 8 de diamètre supérieur à 16 mm,
- les rondelles coniques, ressorts, anneaux d'arrêt (circlips), écrous tôle,
- les goupilles élastiques, pour certaines fixations en alliage d'aluminium, etc.

Exemple pour une vis de classe 8.8 :

Chauffage à 850 °C - 900 °C	Refroidissement rapide	Chauffage à 425 °C - 500 °C	Refroidissement contrôlé
Austénisation	Trempe (à l'huile, au polymère, ...)	Revenu	Arrêt de revenu (à l'huile, au polymère, ...)

0.4-3 **Une ligne de traitement thermique : un investissement qui peut atteindre 2,5 M€ !**

L'austénitisation doit être effectuée dans un four sous atmosphère contrôlée, afin de ne pas altérer la teneur en carbone de la surface des pièces (perte de carbone = décarburation, excès de carbone = carburation).

Les mises en température sont effectuées dans des fours le plus souvent à atmosphère contrôlée ou à bain de sel.

Les atmosphères contrôlées permettent soit de protéger le matériau, contre l'oxydation par exemple, soit d'apporter une couche supplémentaire au matériau (par exemple, du carbone ou de l'azote pour l'acier pour améliorer les caractéristiques mécaniques externes).

Défauts engendrés par le traitement thermochimique des aciers

Décarburation
Dénaturation d'un acier, souvent à l'occasion d'un traitement thermique, par oxydation superficielle détruisant le carbone de l'alliage et pouvant provoquer la formation d'oxyde de fer (calamine). Cette diminution de la quantité de carbone en surface fait suite à une réaction avec une ou plusieurs substances chimiques mises en contact avec la surface à température élevée (pollution de l'enceinte d'un four).

Fragilisation par l'hydrogène
Diminution de la ductilité d'un matériau en raison d'une fragilisation aux joints des grains résultant de la pénétration d'hydrogène dans le métal. Cela peut générer des ruptures prématurées de pièces (rupture différée). Le procédé de correction est un traitement de dégazage décrit dans la norme ISO 4042. Il est réalisé par un passage au four à une température de l'ordre de 200°C, pendant un temps défini en fonction de la nature des pièces.

Attention
Le risque de fragilisation est fortement réduit par le dégazage mais en la matière le risque « ZERO » n'est pas garanti.

0.5 Notions élémentaires sur les revêtements de surface

Il existe plus d'une centaine de revêtements de surface, le choix est fonction du résultat ciblé, qui peut être de diverses natures :

- **résistance à la corrosion,**
- **coefficient de frottement,**
- **aspect,**
- **risque de fragilisation à l'hydrogène,**
- **soudabilité.**

Types de revêtements

Les revêtements les plus courants sont les suivants :

0.5-1

Revêtements électrolytiques		Zinc lamellaire
Zinc chrome III Zinc nickel 12-15 % Zinc fer Nickel Chrome Etain	Cuivre Phosphate zinc Phosphate manganèse	Geomet® Delta Protekt® Magni® Deltatone®
Le zinc est réalisable en plusieurs couleurs : blanc, jaune, noir.		

Décontamination – passivation de l'inox

Le décapage ou nettoyage à l'acide rétablit la résistance à la corrosion de la surface en supprimant toute contamination superficielle telle que graisse, saleté ou particules de fer encastrées. Il est donc nécessaire de re-passiver l'inox pour recréer la couche de protection contre la corrosion.

Procédés d'obtention

On distingue principalement :

- **Le revêtement par électrolyse :** les pièces sont dans un bain de zinc, nickel, chrome... Le courant est généré par des cathodes plongées dans le bain, ceci entraîne le dépôt du revêtement (l'anode) sur les pièces.
- **Le zinc lamellaire :** les pièces sont immergées dans un bain de zinc, puis passées au four à une température de 200-300°C, zinc de 2 ou 3 couches.
- **Le zinc galvanisé à chaud :** les pièces sont plongées dans un bain de zinc, à une température de l'ordre de 400°C.
- **Le zinc mécanique (ou par matoplastie) :** les pièces sont dans un tonneau avec des microparticules de zinc, lors des rotations et vibrations le zinc se dépose par frottement.

Revêtement électrolytique

Désignation - Norme de référence : ISO 4042

Elle détermine la codification :
- Norme d'application du revêtement - Matériau de revêtement - Épaisseur - Couche de conversion - Finition - Durée HBS - Coefficient de frottement.

Exemple : ISO 4042/Zn8/An

Fragilisation par l'hydrogène

Les procédés de nettoyage et de zingage par électrolyse créent une absorption d'hydrogène par l'acier, particulièrement pour les pièces d'une dureté de 370 HV et plus (vis de classe 10.9 et plus, écrous classe 12, rondelles ressort).

Cet hydrogène crée une fragilisation et donc doit être éliminé, le procédé est un traitement de dégazage décrit dans la norme ISO 4042. Il est réalisé par un passage au four à une température de l'ordre de 200°C, pendant un temps défini en fonction de la nature des pièces.

Attention
Le risque de fragilisation est fortement réduit par le dégazage mais en la matière, l'élimination de ce risque ne peut être garantie. Quelles que soient les précautions prises, la présence d'hydrogène, qui ne peut être totalement éliminée, entraîne un risque de rupture différée.

Epaisseur

L'épaisseur maximale de revêtement est liée au diamètre et aux tolérances du filetage, ceci pour garantir la montabilité des vis et écrous. La norme ISO 4042 définit ces épaisseurs qui vont de 3 à 20 microns.

Zinc lamellaire

Désignation - Norme de référence : NF EN ISO 10683

Il n'y a pas désignation générique, elle est liée au producteur (formulateur) du zinc :
- NOF METAL COATING® : Geomet® - DORKEN® : Delta Protekt® et Deltatone®
- MAGNI EUROPE : Magni®

Epaisseur

Elle est comprise entre 6 et 10 microns.

Attention
- Sur petits diamètres risque de vissage difficile.
- Sur empreintes creuses risque de bouchage.
- Sur pièces plates risque de collage.

Galvanisation à chaud

Norme de référence : NF EN ISO 10684

L'épaisseur de zinc est de l'ordre, selon l'application, de 40 à 70 microns, cette couche de zinc importante est déposée sur les vis selon 2 possibilités :

- vis avec un filetage minorée, afin de permettre le montage d'un écrou à filetage standard,
- vis avec un filetage standard, ce qui imposera le montage d'un écrou surtaraudé.

Attention
Il est important de changer la spécification de la matière de la vis minorée ou de l'écrou surtaraudé afin de conserver les caractéristiques mécaniques exigées par les normes. Malgré cela le M8 et M10 ne peuvent respecter l'ISO 898-1.

Performance d'un revêtement

La résistance à la corrosion d'un revêtement est directement liée à :

- la nature du revêtement,
- l'épaisseur appliquée,
- le type et profondeur de passivation,
- la présence d'additifs tels les filmogènes (Top Coat) qui accroissent la performance contre la rouille et le coefficient de frottement.

La mesure de la résistance à la corrosion s'effectue principalement à l'aide d'un test au brouillard salin.

Test BS (brouillard salin)

Norme de référence : ISO 9227

En laboratoire, les éléments de fixation revêtus sont placés dans une enceinte de brouillard salin, les taux de salinité et d'humidité étant fixés par la norme. Les valeurs de référence correspondent à des tests effectués en sortie de bain.

Attention
Toute manipulation postérieure (tri, conditionnement, montage) peut réduire les performances, par apparition de rayures ou chocs sur le revêtement.

Deux critères sont enregistrés en tenue brouillard salin (tenue BS) et exprimés en heures (sans précision, la tenue est indiquée pour la rouille rouge) :

- **l'oxydation blanche**

Elle correspond à la première apparition de rouille blanche, attaque de la couche de zinc.

- **la rouille rouge**

Elle correspond à la fin de consommation de la couche de zinc, et au début de l'attaque de l'acier.
Quelques valeurs indicatives de tenues BS enregistrées en rouille rouge (pour plus de précisions, voir le tableau détaillé dans le chapitre «Bibliothèque & outils» :

- zinc blanc 5 microns : 48 heures,
- zinc blanc 5 microns + passivation + filmogène : 200-600 heures,
- zinc nickel 12-15% + passivation + filmogène : 720 heures (standard automobile),
- GEOMET 500 A® : 600 heures,
- Galvanisé à chaud 50 microns : pas de test BS possible. Estimé par la consommation d'épaisseur / an.

Test de Kesternich

Test complémentaire de corrosion au dioxyde de soufre (mesure de la résistance à la pollution atmosphérique).

Coefficient de frottement

L'application d'un revêtement implique une modification du coefficient de frottement. Les valeurs sont de l'ordre de 0,10 à 0,24, une dispersion réduite est obtenue avec des filmogènes, qui permettent une plage : 0,12 - 0,18 (standard du marché français, voir tableau 5.5).

Filmogène (Top Coat)

En final, il y a dépôt d'un film additionnel qui apporte une résistance à la corrosion et une amélioration du coefficient de frottement. Certains filmogènes ont le but unique d'améliorer le coefficient de frottement, d'autres permettent une résistance aux chocs thermiques.

Attention
Un filmogène modifie les propriétés de conductivité électrique et peut donc être incompatible avec certaines applications .

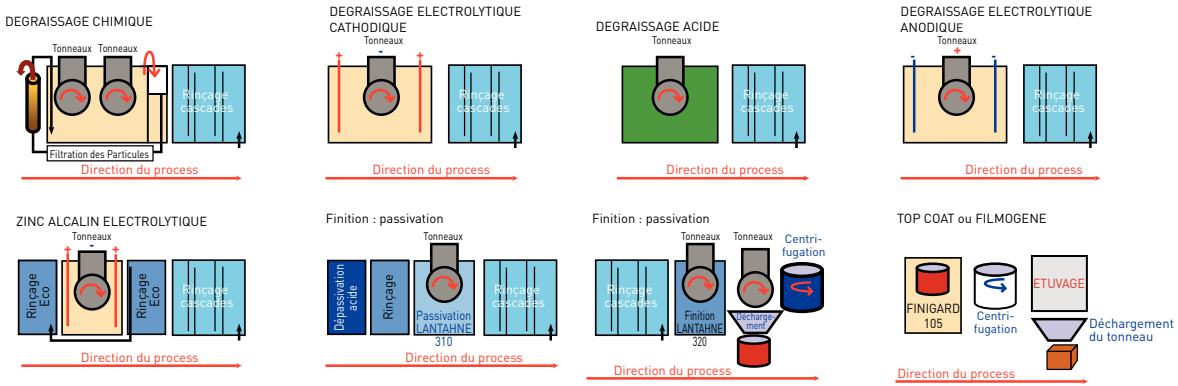
Directives européennes DIR 2000/53/CE,DIR 2002/95/CE et DIR 2011/65/UE

Ces Directives applicables depuis Juillet 2006 aux industries automobile et électrique grand public interdit les revêtements trop polluants (notamment avec du chrome VI) et donc :

- le zinc jaune,
- le zinc vert,
- le zinc noir avec chrome VI,
- le cadmium.

Des solutions alternatives avec chrome III ont été industrialisées à l'exception de zinc vert et du zinc jaune.

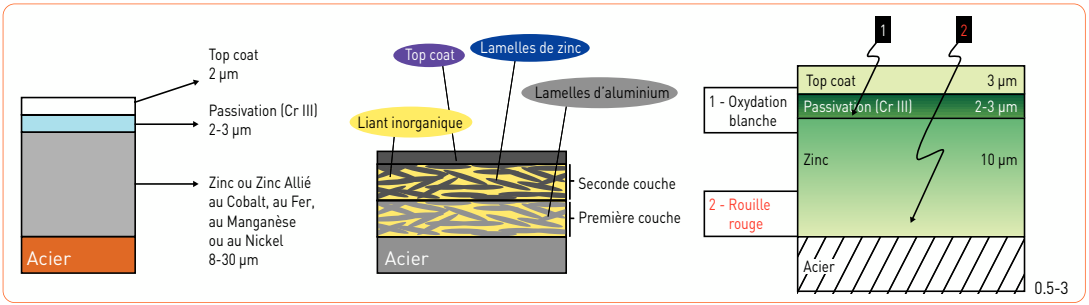
Exemple de synoptique de fonctionnement d'une chaîne de traitement électrolytique



Source COVENTYA

0.5-2

Schémas en coupe des revêtements



0.5-3

0.5-4 **Chaîne de traitement électrolytique**

Les exigences des constructeurs automobile

0.5-5

Fabricant	Procédé	Choc thermique avant BS	Exigence résistance BS		Epaisseur	Coefficient de frottement	Cahier des charges ou spécification
			Oxydation blanche	Rouille rouge			
BMW	Zinc/Fer	24 h – 120°C		480 h	8 µm	0,13 ± 0,03	G S 900 100
	Zinc pur	24 h – 120°C		480 h	8 µm	0,13 ± 0,03	
	Zinc/Nickel	2 h – 150°C		720 h	8 µm	0,13 ± 0,03	
FIAT LANCIA	Zinc pur jaune	1 h – 120°C	200 h	500 h	5 à 25 µm	0,15 ± 0,03	9 574 05
ALFA-ROMEO	Zinc pur vert	1 h – 120°C	200 h	750 h	5 à 25 µm	0,15 ± 0,03	
FORD	Zinc	1 h – 120°C	96 h	384 h		0,15 ± 0,03	WS S M 21 P17 B3
MERCEDES	Zinc ou Zinc/Fer	24 h – 120°C	380 h	600 h	6-8 & 10-15 µm	0,11 ± 0,03	DBL 8451
	Zinc/Nickel	24 h – 120°C	480 h	720 h	6-8 & 10-15 µm	0,11 ± 0,03	
OPEL GM	Zinc pur	1 h – 150°C	120 h	480 h (jaune)	8 à 15 µm	0,11 ± 0,03	GMW 3044
	Zinc/Nickel	1 h – 150°C	120 h	380 h	6 à 8 µm	0,11 ± 0,03	
PSA	Zinc pur	1 h – 120°C	200 h		10 µm	0,15 ± 0,03	B 15 4101
	Zinc/Fer Zinc/Cobalt	1 h – 120°C	200 h		10 µm	0,15 ± 0,03	
	Zinc/Nickel	1 h – 120°C	200 h	720 h	5 à 8 µm	0,15 ± 0,03	B 15 4102
RENAULT	Zinc pur	1 h – 120°C	200 h	600 h	10 µm	0,15 ± 0,03	01 71 002
	Zinc/Nickel	1 h – 120°C	240 h	912 h	8 µm	0,15 ± 0,03	Cdc 47 000
VW	Zinc pur	24 h – 120°C	120 h	480 h	5 à 8 µm	0,11 ± 0,03	VW 13750
	Zinc/Nickel	24 h – 120°C	240 / 480 h	720 h	5 à 8 µm	0,11 ± 0,03	TL 244
VOLVO	Zinc pur	1 h – 120°C	200 h	400 h	5 à 15 µm	0,15 ± 0,05	STD 5632.10
	Zinc/Fer		200 h	400 h	5 à 15 µm	0,15 ± 0,05	
NISSAN	Zinc pur		168 h	480 h	3 à 25 µm		M 40 40
TOYOTA	Zinc pur		72 h	212 h	5 à 25 µm		TSH 6500 G

0.6 Notions élémentaires sur la normalisation

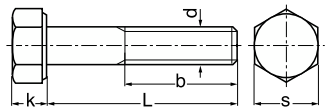
Qu'est-ce qu'une norme ?

Une norme est un document de référence, utilisé dans les échanges commerciaux, qu'ils soient de droit privé ou des marchés publics.

Ce sont des règles, caractéristiques pour des usages communs et répétés :

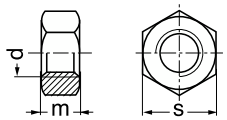
- **Résultant d'un consensus entre l'ensemble des parties prenantes (fabricants utilisateurs, distributeurs).**
- **Publiée par un organisme officiel de normalisation.**
- **Dont l'application est volontaire (sauf pour les normes rendues obligatoires par décret – par exemple norme pour les casques de moto – ou par une Directive européenne – boulons CE pour la construction métallique).**
- **Reconnue comme règle de l'art.**
- **Et premier élément de preuve devant les tribunaux.**

Vous avez une vis italienne (NF EN ISO 4014), un écrou allemand (NF EN ISO 4032) et une rondelle française (ISO 7089) : grâce à la normalisation, le tout s'assemble sans difficulté sur une installation pétrolière au large du Mozambique...

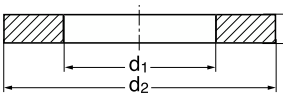


0.6-1 **Vis à tête hexagonale partiellement filetée ISO 4014 Acier classe 8.8 brut**

0.6-2 **Ecrou hexagonal Hu ISO 4032 Acier classe 8 brut**



0.6-3 **Rondelle plate moyenne M ISO 7089 Acier 200HV brut**



Origine d'une norme ?

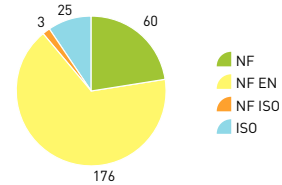
Les normes internationales sont élaborées à l'ISO (International Standard Organisation)
Les normes européennes sont élaborées au CEN (Comité européen de Normalisation)
Les normes françaises sont élaborées à l'UNM (Union de Normalisation de la Mécanique) en ce qui concerne le domaine des fixations.
Les normes sont publiées en français par l'AFNOR (Association Française de NORmalisation) et disponibles sur le site www.boutique.afnor.org

Une norme internationale	ISO 898-1 se décline en
Norme européenne	EN ISO 898-1 puis en
Norme nationale	NF EN ISO 898-1 (France)
	DIN EN ISO 898-1 (Allemagne)
	UNI EN ISO 898-1 (Italie)... etc
	pour chacun des pays européens

Dans un objectif d'harmonisation, les normes européennes remplacent progressivement les normes nationales traitant du même sujet.
Une norme européenne est OBLIGATOIREMENT reprise dans les collections nationales, avec ANNULATION des normes nationales correspondantes. Les appellations nationales sont distinctes, mais le contenu des normes est identique.

Les normes en fixation

0.6-4 **Répartition des 264 normes**



Au 1er janvier 2020, 264 normes concernant les fixations sont publiées. Elles sont pilotées à travers 2 comités de normalisation à l'UNM (UNM 04 pour les fixations mécaniques et UNM 041 pour les fixations bâtiment).
Au niveau international, elles sont élaborées par le comité technique ISO/TC 2 et au niveau européen par le comité technique CEN/TC 185. 176 sont des normes NF EN (publiées avant le 1er juillet 1994) et 3 sont des NF ISO. 25 sont des normes ISO « pures », enfin 60 sont des normes françaises « pures », dont 37 sont des normes « anciennes » datant de plus de 10 ans. Dans la collection des normes françaises, la norme porte un indice de classement commençant par E 25- pour les éléments de fixation ou E 27- pour les normes publiées jusqu'en 1982 (le "E" signifie que la norme appartient à la classe des normes mécaniques).

Cela permet de disposer pour les fixations :
- D'un contenu technique élaboré par les meilleurs experts mondiaux.
- D'une référence reconnue internationalement.
- De normes de résultats (caractéristiques mécaniques et fonctionnelles et méthodes d'essai associées).
- De documents de référence pour les questions répétitives.
- De normes de produits pour la rationalisation des approvisionnements.
- De briques-supports optimisées servant de base pour la conception de produits spécifiques.

23 normes fondamentales (définissent les caractéristiques générales pour une famille de produits)

- Caractéristiques mécaniques ET méthode de caractérisation pour une famille de fixations ET classe de qualité ET marquage pour les fixations métriques ISO (exemple : ISO 898-1 ou ISO 898-2)
- Référencées dans toutes les normes de produits (exemple : les caractéristiques mécaniques ISO 898-1 s'imposent aux produits ISO ou selon DIN 933 ou UNI 5739-65).

41 normes générales (traitent un aspect particulier relatif aux éléments de fixation)

- Méthodes d'essai, par exemple couple/tension
- Caractéristiques fonctionnelles, par exemple autofreinage pour les écrous
- Revêtements pour fixations, (zinc lamellaire, galvanisation à chaud...)
- Vocabulaire bi ou tri-lingue (produits, désignation des dimensions, revêtements...)
- Qualité, documents de contrôle (certificats), contrôle de réception
- Dimensions (empreinte à six lobes internes, contrôle par calibre des six pans creux...).

200 normes de produits (définissent toutes les caractéristiques d'un type de fixation)

- Les dimensions (schéma, gamme de diamètres et longueurs, côte de la tête, tolérances...
- Les autres caractéristiques par référence aux normes fondamentales et générales : une norme de produits renvoie à une norme fondamentale unique et à une ou plusieurs normes générales.

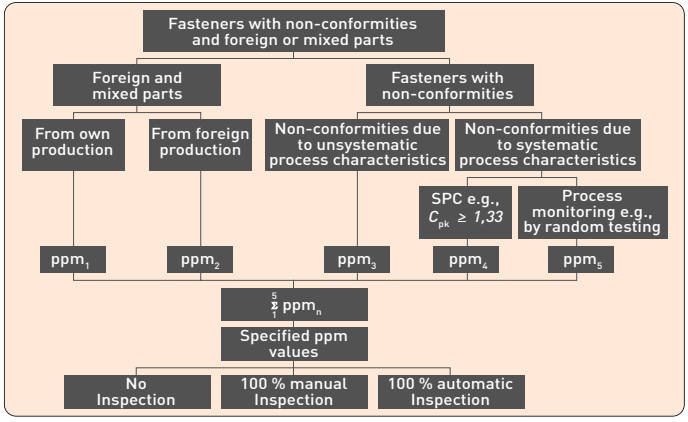
47 normes en cours de révision ou création (au 17/01/2020)...

Les normes, leur contenu, évoluent régulièrement, il est donc nécessaire de procéder à une veille technologique.

Exemples de ce que l'on peut trouver dans une norme

- Quel est le terme japonais pour « revêtement de zinc lamellaire » ?
Réponse : (ISO 1981-2) 亜鉛フレーク皮膜

- Pourquoi le « zéro défaut » absolu ne peut être garanti ?
Réponse : (ISO 16426)



- Quelle est la formule de calcul du couple maximal par rapport à la tension à installer dans un assemblage vissé ?
Réponse : (ISO 16047)

$$T_{max} = \frac{0{,}85 \times Re \times 10^{-3}}{\sqrt{\left(\frac{1}{A \times As}\right)^2 + 3 \times \left(16 \times \frac{1 - \frac{\mu_{min} \cdot r_m}{A}}{\pi \cdot d^3_{As}}\right)^2}}$$

- Quelles sont TOUTES les caractéristiques mécaniques auquelles doivent répondre des vis ISO métriques de classe 8.8 ?
Réponse : (ISO 898-1) **(ATTENTION, extrait partiel du tableau 5.0-3 p. 130 et 131)**

N°	Caractéristiques mécaniques ou physiques		Classes de qualité										
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 d ≤ 16 mm [a]	8.8 d > 16 mm [b]	9.8 d ≤ 16 mm	10.9	12.9/12.9
1	Résistance à la traction R_m (MPa)	nom. [c]	400		500		600	800		900	1000	1200
		min	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220

0.7 Elaboration d'une demande d'offre ou d'une commande de fixations

Afin d'éviter toute ambiguïté dans la définition, la cotation puis la livraison d'un produit de fixation, il convient de respecter un certain nombre de stipulations.
On distinguera le cas des produits «standards» des produits spécifiques «à exigences».

Produit standard

1. Désignation / type de produit : vis, boulon, rondelle...
2. Forme : forme de tête, type de filetage, forme d'écrou ou rondelle, type d'empreinte...
3. Norme de référence : ISO, NF, DIN, UNI, UNF... avec son numéro.
4. Matière : acier, laiton, acier inoxydable, thermoplastique...
5. Classe de qualité :
   - acier : 8.8, 10,9, 33H, 45H, grade 5, grade 8,
   - inoxydable : A2-50, A4-70, A4-80.
6. Revêtement : brut, zingué blanc Cr3, Geomet...

Ces 6 éléments peuvent être remplacés par la codification d'un «modèle» Emile Maurin : 20211 = vis à tête hexagonale entièrement filetée NF EN ISO 4017 en acier classe 8.8 zinguée blanc.

Il est aussi possible d'utiliser une notation abrégée (voir dans les «Outils» en fin de volume) : 20211 = V TH EF 4017 8.8 Zn.

7. Dimension.
8. Quantité.
9. Délai ou date de livraison (date de départ ou «rendue» à préciser).
10. Cadences éventuelles de livraison.

Produit spécifique à exigences

En complément chaque référence peut faire l'objet d'exigences particulières, auxquelles correspondent des conditions économiques de fourniture.

Exigence produit

- Exigence de matière.
- Revêtement particulier.
- Niveau de tenue brouillard salin.
- Exigence de provenance (fabricant, marquage, pays, continent...).
- Tolérance sur filetage, sous tête...
- Caractéristiques dimensionnelles hors norme (tête réduite, longueur spécifique...).
- Caractéristiques mécaniques hors norme (résilience, coefficient de frottement...).
- Niveau ppm (par type de caractéristique).
- Opération de reprise (perçage) ou complément (freinage, frein-filet...).
- Type de montage automatique.
- Produit selon plan.

Exigence de procédure et documentaire

- Procédure d'échantillons initiaux.
- Procédure spécifique de contrôle.
- Certificat (préciser le type).
- Agrément du fabricant.

Exigence logistique

- Tolérance sur quantité.
- Boîtage imposé.
- Etiquetage imposé.
- Palettisation imposée.
- Mode livraison imposé.

Maurin Fixation

La référence en produits de fixation

Gamme **industrie**

Gamme **bâtiment et infrastructure**

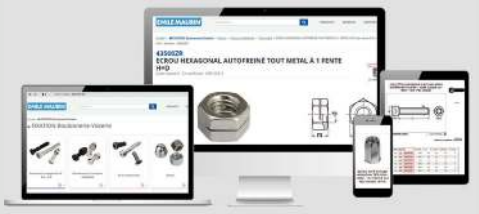
Fabrication **pièces spéciales**

100 000 références gérées

8 000 t de stock

8 agences de proximité

1 plateforme supply chain



Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur notre site
fixation.emile-maurin.fr

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.4 Notions élémentaires sur le traitement thermique

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

24 Vocabulaire du métier de la fixation

1 Elaboration des matériaux

1.0 Élaboration de l'acier

Filière haut fourneau

Cette filière de production part de minerai de fer. Elle passe par deux étapes principales :

Le haut fourneau (voir schéma 1.0-2) va produire de la fonte. Pour 100 tonnes de fonte, il est consommé 250 tonnes de minerai, 100 tonnes de coke (combustible), 30 tonnes de caséine (fondant) et...100 000 m³ de vent !
Schématiquement, les matières constituant le lit de fusion circulent de haut en bas, fluides et gaz circulent de bas en haut.
Le coke a une double fonction : un rôle de combustible et un rôle de réducteur, pour s'emparer de l'oxygène du minerai (oxyde de fer). La réduction des oxydes de fer se fait à partir du monoxyde de carbone (CO) produit par le coke.
Le fer rendu liquide par les hautes températures s'écoule à travers le coke vers le creuset, en se chargeant de carbone pour donner de la fonte (phase de recarburation).
La fonte obtenue contient environ 3 à 4% de carbone, 0,5 à 3% de silicium, 0,3 à 1,5% de manganèse selon le minerai, du phosphore (de 0,1 à 3%) et du soufre (de 0,1 à 0,4%) provenant du coke, le reste étant du fer.

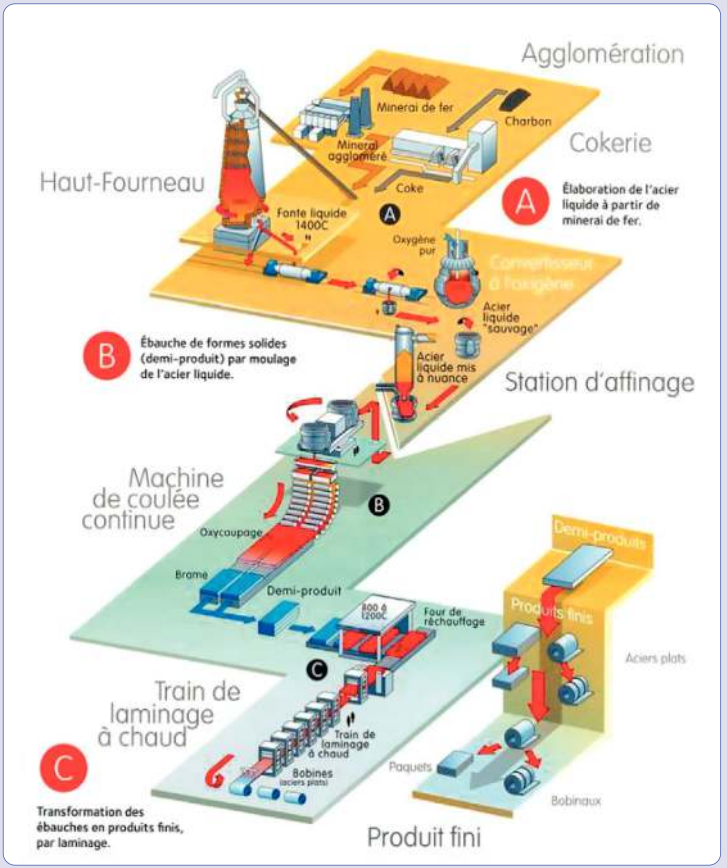
A ce stade, il existe deux possibilités :
- affinage de la fonte, pour l'élaboration des aciers
- amélioration de la fonte, par obtention d'une fonte dite de deuxième fusion (fonte de moulage).

Le convertisseur à oxygène (voir schéma 1.0-3) va permettre l'affinage. On souffle un mélange oxygène-air à travers le métal en fusion, ce qui fait brûler le carbone en excès ainsi que les autres éléments chimiques.
Il reste de 0,05 à 1,4% de carbone, 0,3 à 0,6% de silicium, 0,3 à 0,6% de manganèse, 0,05% de phosphore et 0,05% de soufre.

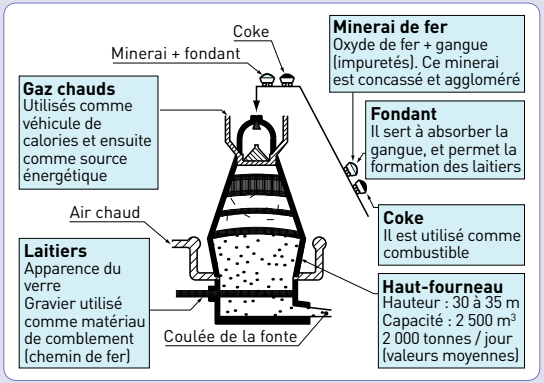
Filière électrique

Cette filière de production part de ferrailles. Les réactions dans **le four à arc** (voir schéma 1.0-4) sont semblables à celles qui interviennent dans un convertisseur à oxygène.
L'oxydation des impuretés est effectuée au moyen de :
- l'oxygène apporté par les impuretés oxydées de la charge métallique (ferrailles «rouillées»),
- l'oxygène pur apporté par les lances ou des tuyères placées en fond de sole,
- l'oxygène de l'air qui pénètre par la porte latérale ou les autres orifices du four.

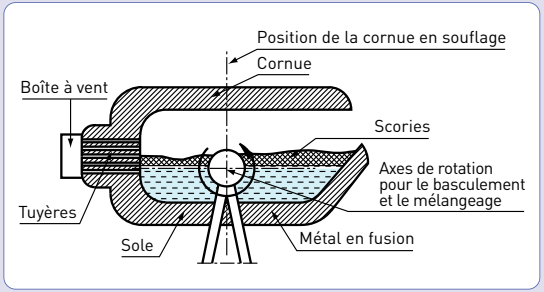
Les gaz produits sont captés et brulés en aval du four. La durée de l'opération est inférieure à une heure. La composition de l'acier liquide en fin d'opération est voisine de celle obtenue au convertisseur, sauf pour la teneur en azote qui reste plus élevée.



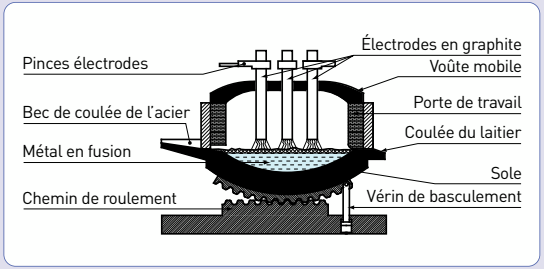
1.0-1 **Schéma d'une aciérie**



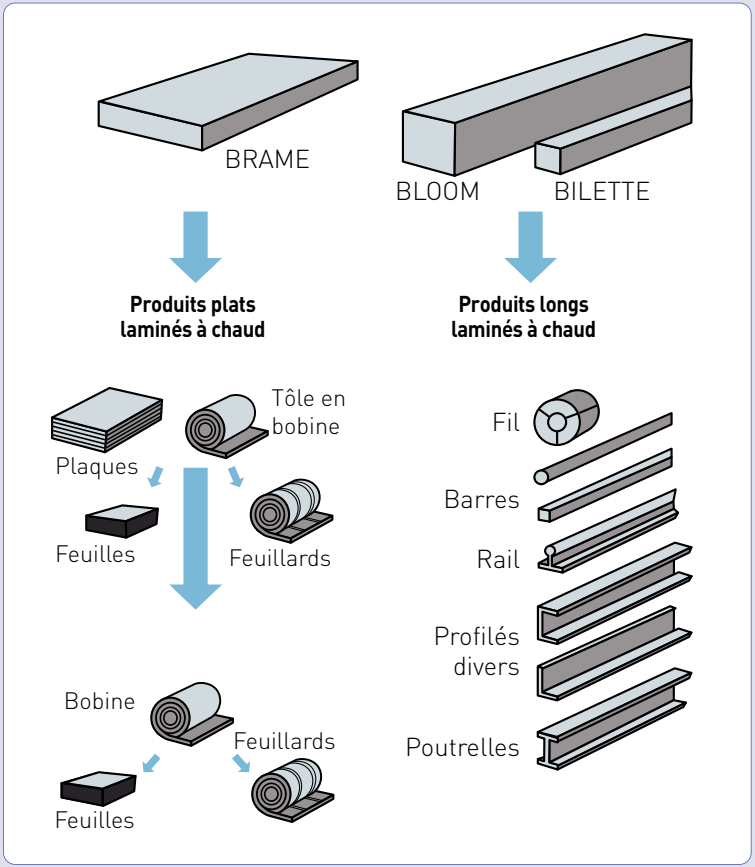
1.0-2 **Schéma haut fourneau**



1.0-3 **Schéma convertisseur**



1.0-4 **Schéma four électrique**



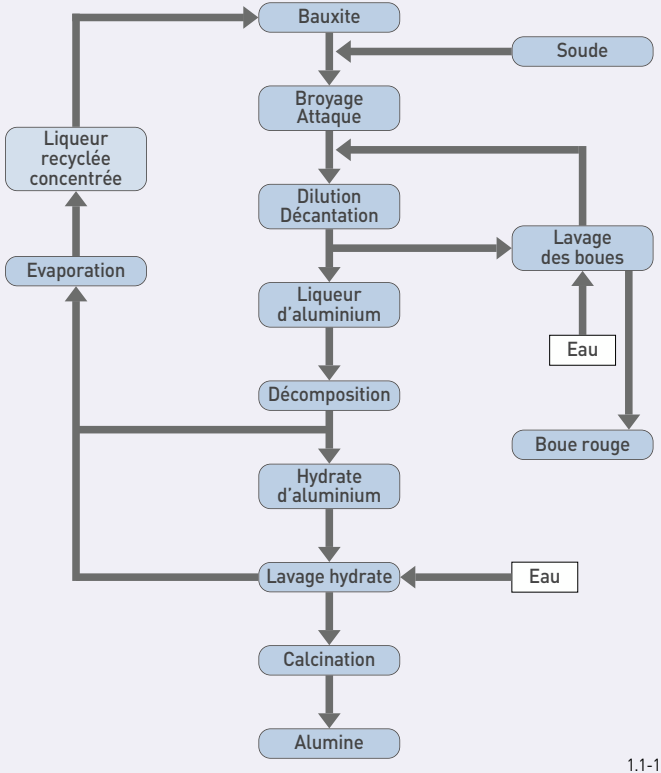
1.0-5 **Demi-produits issus de coulée continue**

1.1 Élaboration de l'aluminium

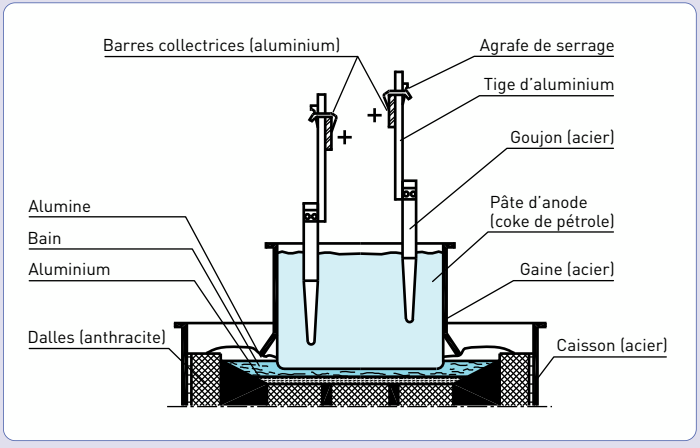
L'aluminium s'élabore à partir de l'extraction d'un minerai : la bauxite. La première phase est l'obtention d'alumine, la deuxième étant l'obtention de l'aluminium proprement dit.

Synoptique de la production d'aluminium

1.1-1. **Production d'alumine à partir de bauxite : procédé Bayer**



1.1-1



1.1-2 **Schéma d'une cuve à aluminium à anode continue**

Production de l'aluminium en lingots, métal de base des alliages

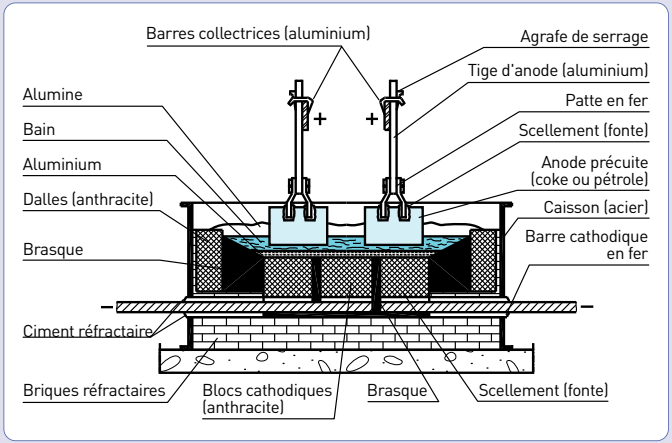
Le processus consiste en une électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolite fondue à 1000°C dans une cuve garnie de charbon. L'aluminium se dépose au fond de la cuve (cathode). Il se dégage de l'oxygène qui brûle les anodes de carbone pur.

Les cuves sont montées en série pour utiliser la tension du courant continu produit par des redresseurs de courant. L'électrolyte est constitué d'un bain fluoré alimenté par la cryolite AlF3-3NaF qui est un composé stable ou l'alumine se dissout.

Une anode unique de 6,5 x 2,1 m pour 100000 ampères glisse dans une gaine d'acier. Des goujons verticaux en acier de 130 mm de diamètre, relevés individuellement avant qu'ils n'arrivent dans le bain, supportent l'anode et y amènent le courant.

L'alimentation se fait par le haut en pâte crue, qui cuit au fur et à mesure de la descente de l'anode pour compenser l'usure.

Il faut 14500 kWh pour obtenir une tonne d'aluminium titrant en moyenne 99,5% (les impuretés principales sont le fer et le silicium). La phase suivante est un raffinage électrolytique pour obtenir un aluminium à 99,99%. Cette opération nécessite 18000 kWh en courant continu par tonne d'aluminium. L'importance de la consommation électrique dans ce procédé de production explique l'implantation courante des usines de production à proximité de barrages de production électrique.
Il existe aussi un procédé appelé «système anodique». Une cuve à anodes précuites de 75000 ampères comporte 28 anodes de 400 x 830 mm, de hauteur 500 mm. L'amenée de courant y est faite par des tiges de fer scellées à la fonte, boulonnées sur des barres d'aluminium, fixées elles-mêmes par des agrafes sur les deux barres collectrices en aluminium de chaque cuve.



1.1-3 **Schéma d'une cuve à aluminium à anodes précuites**

1.2 Traitements thermiques des aciers et des fontes

Exploitation pratique du diagramme fer-carbone métastable pour les aciers au carbone (non alliés)

C'est un diagramme d'équilibre binaire fer-carbone, sans autres éléments chimiques. Les constituants obtenus sont le résultat d'un refroidissement lent. Il ne donne aucune indication sur la nature des constituants issus d'un refroidissement rapide et violent.

Le diagramme va permettre, en fonction de la teneur en carbone :
- de déterminer la température de mise en solution du carbone dans le fer gamma (austénite) indispensable à atteindre pour effectuer un traitement thermique fondamental (trempe, recuit), ou palier de mise en solution,
- d'identifier la nature des constituants de la structure, au cours d'un refroidissement lent (recuit), et à la température ambiante,
- de modaliser les mouvements des éléments dans l'état solide au cours du refroidissement.

Les constituants de structure à l'état normalisé

Constituants d'équilibre du diagramme fer-carbone rencontrés dans les aciers à l'état recuit et dans les fontes

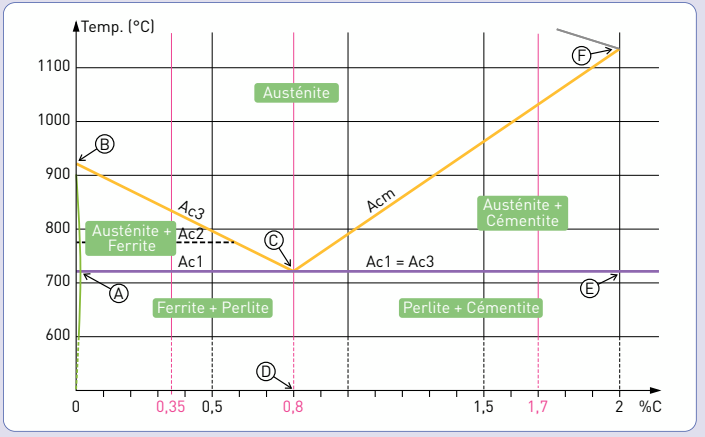
- **La ferrite** : solution solide de carbone dans le fer alpha (cubique centré) (dans les fontes, elle contient d'autres éléments, comme le silicium). Elle possède un faible pouvoir de dissolution du carbone (0,006% à température ambiante). Elle est relativement tendre (HB = 80), peu résistante (Rm = 300 N/mm²), très ductile (A% = 25), très résiliente (K = 30 daj/cm²), ferromagnétique jusqu'à 768°C (point de Curie), très sensible aux basses températures.

- **L'auténite** : solution solide d'insertion d'atomes de carbone dans le **fer gamma** (cubique à faces centrées). Dans les fontes, elle retient des éléments gammagènes (C, Ni, Cu, Mn). Son domaine s'étend, pour les points extrêmes, de 723°C à 1493°C. Le **fer gamma** dissout très bien le carbone, sa solubilité maximale est de 2,06% à 1147°C, pour décroître à 0.85% à 723°C (point eutectoïde).

  Le fer gamma (austénite) est amagnétique. Ce constituant est pour les aciers et les fontes, dans leurs traitements thermiques (trempes et certains recuits), un état de référence autorisant, soit un retour à l'état initial de la structure, soit le point de départ d'un traitement.

  L'austénite est tendre, ductile (comme toutes les cristallisations CFC). La décomposition de l'austénite au seuil de 723°C donne de la ferrite et de la cémentite, formant un agrégat eutectoïde appelé perlite.

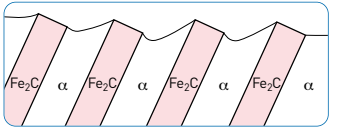
1.2-1 **Diagramme fer-carbone**



Ac1 : lieu des températures définissant la limite inférieure du domaine d'existence de l'austénite.
Ac2 : lieu des températures définissant la perte des propriétés magnétiques (point de Curie/ 770°C pour le fer Alpha).
Ac3 : lieu des températures d'équilibre définissant la limite supérieure du domaine d'existence de la ferrite.
Acm : lieu des températures d'équilibre définissant la limite supérieure du domaine d'existence de la cémentite dans un acier hypereutectoïde.

- **La cementite** est un carbure de fer, chimiquement défini Fe3C à 6,67% de carbone. Ce constituant est très dur et très fragile (HB = 750). Très présent dans les fontes blanches, en agrégat dans les aciers, nuisible dans les fontes grises.

- **La perlite** (eutectoïde), agrégat de lamelles alternées de ferrite et de cémentite, provient de la décomposition de l'austénite. Ce constituant contenant 0,85% de carbone, offre une dureté usinable (HB = 200), une bonne résistance (Rm = 850 N/mm²) et un allongement correct (A% = 10). La perlite offre un excellent compromis entre les propriétés mécaniques dureté-traction-résilience.



1.2-2 **Représentation schématique du relief d'une perlite attaquée, vue en coupe (structure lamellaire)**

Constituant	Rm	A	HB
Ferrite	28 daN/mm²	50%	80
Perlite	80 daN/mm²	10%	200
Cémentite	-	0%	700

1.2-3
Propriétés mécaniques des constituants de structure des aciers normalisés

Constituants de la trempe

- **Martensite** : c'est une solution d'insertion sursaturée de carbone dans le fer gamma. C'est le constituant de trempe le plus dur (en fonction de la teneur en carbone HV = 800), mais il est fragile. Elle est obtenue par refroidissement rapide et de ce fait pénètre plus ou moins au cœur de la pièce. Elle est très dure, difficilement usinable et assez fragile.
- **Bainite** : c'est un agrégat de ferrite et de carbures. C'est un constituant qui présente les mêmes phases que la perlite (ferrite et cémentite, mais de structure particulièrement fine, souvent en aiguilles ce qui lui confère de bonnes propriétés mécaniques. Elle est dure et assez facile à usiner.

Traitements thermiques dans la masse des produits ferreux

Les termes suivants sont issus des normes correspondantes ou simplement des termes reconnus par la profession. Le seul but de ces définitions est de faciliter la lecture et la compréhension des différents tableaux et guides de choix de l'ouvrage.

Recuit

Il a pour but de faire disparaître les états hors équilibre provenant des traitements antérieurs, thermiques ou mécaniques.

- Chauffage en général au dessus de la température d'austénitisation (autour de 850°C selon le pourcentage de carbone et des éléments d'addition).
- Maintien isotherme.
- Refroidissement lent à vitesse très inférieure à la vitesse critique de trempe.

La structure obtenue est du type ferrite-perlite. L'état recuit correspond aux valeurs minimales de ténacité et aux valeurs maximales de ductilité. Il existe de nombreuses variantes de ce traitement, mais en pratique, un même recuit peut combiner les effets des recuits typiques suivants.

- **Recuit d'homogénéisation**, surtout effectué sur les aciers bruts composés de coulée pour supprimer l'hétérogénéité chimique. La pièce est portée à une température aussi élevée que possible sans atteindre le solidus réel. Pratiquement, la température est de l'ordre de (Ac3 + 200°C). La durée de ce traitement est de plusieurs heures. Le métal qui a été surchauffé est suivi d'un recuit de régénération.
- **Recuit de régénération**, surtout effectué sur des pièces ayant été surchauffées dans le but d'affiner et d'uniformiser le grain. La pièce est portée à une température de (Ac3 + 50°C) pendant une durée juste nécessaire à la chauffe à cœur puis est refroidie à l'air.
- **Recuit de normalisation**. C'est une variante du recuit de régénération qui s'applique aux pièces brutes de forgeage ou de laminage. Il s'effectue dans les mêmes conditions de chauffe, la pièce étant ensuite refroidie à l'air calme.
- **Recuit complet**. Couramment appelé «recuit», il est effectué sur des pièces ayant subi des traitements thermiques ou mécaniques dont on désire supprimer les effets (constituants durs) pour en faciliter l'usinage. La pièce est portée à (Ac3 + 50°C) environ 30 minutes puis est refroidie lentement à l'air ou au four. Il existe deux variantes de ce traitement :
- recuit d'adoucissement, effectué sur les aciers autotrempants et sur les fontes. La pièce est chauffée à une température inférieure au point de transformation Ac1 pendant 6 à 8 heures puis est refroidie à l'air libre. Cette basse température évite la réalisation d'une trempe ;
- recuit de coalescence, effectué sur des aciers à fort pourcentage de carbone (100 C6, Z 200 C 13...), dans le but d'obtenir l'adoucissement maximal. La pièce est chauffée aussi en dessous de Ac1, mais pendant 30 heures, puis est refroidie à l'air libre.
- **Recuit de détente** effectué sur des pièces après moulage ou soudage pour éliminer les tensions internes avant l'usinage. La pièce est chauffée vers 600°C pendant environ 1 heure puis refroidie à l'air libre.
- **Recuit de recristallisation** effectué sur des pièces écrouies à une température de l'ordre de 600°C.

Durcissement par trempe

Le durcissement par trempe a pour but d'augmenter la ténacité des produits ferreux.

Pour la nuance considérée :

- chauffage à la température d'austénitisation (au-dessus de Ac3),
- maintien à cette température,
- refroidissement rapide à une vitesse choisie supérieure à la vitesse critique de trempe. La pénétration de la trempe dans la pièce dépendra de cette vitesse et de la masse de la pièce.

Les pièces en acier doivent posséder un pourcentage minimum de carbone (en pratique 0,2% minimum). La structure obtenue est constituée de martensite, de bainite ou des deux à la fois. Ce traitement doit obligatoirement être suivi d'un revenu.

- **Trempabilité**. Aptitude d'un volume de métal à acquérir une certaine dureté par trempe de la surface au cœur, pour des conditions de refroidissement données : aptitude à donner lieu aux transformations martensitiques et/ou bainitique. La trempabilité est souvent caractérisée par l'évolution de la dureté en fonction de la distance à une surface refroidie (essai Jominy).

Revenu

Il est effectué après le durcissement par trempe sur les produits ferreux pour amener les caractéristiques mécaniques à un niveau souhaité.
La pièce est chauffée à une température très inférieure à la température d'austénitisation puis refroidie. En pratique, la température de revenu est choisie entre 200 et 600°C selon les caractéristiques mécaniques désirées, l'acier considéré et l'usage de la pièce. Le résultat obtenu dépend donc de l'état structural après trempe, de la température de revenu et de la durée de ce revenu.
En résumé :

- pour obtenir de grandes duretés et de grands résistances mécaniques, le revenu sera effectué vers 200°C ;
- pour obtenir un bon compromis, donc une résistance correcte et une bonne résilience, le revenu est effectué entre 500 et 650°C dans le cas des traitements dans la masse. Il est déconseillé, pour les aciers alliés, d'effectuer des revenus dans la zone 300-500°C. Ils entraînent une baisse importante de résilience et par suite une fragilisation de la pièce (zone de fragilité de revenu).

Revenu de détente. Il est effectué à une température inférieure à 200°C sur des structures martensitiques (trempe complète), sur des pièces d'acier à haute résistance. Il diminue légèrement la résistance à la rupture mais augmente la limite élastique et améliore la ductilité.

Etats de livraison

Cas des aciers de construction.

- Etat naturel : c'est l'état du produit tel qu'il sort du laminoir. Au-dessous de 0,2% de carbone, les aciers de construction peuvent être utilisés dans cet état. Au-dessus de 0,2%, il est nécessaire de prévoir un laminage à température contrôlée ou de faire suivre le laminage d'un recuit.
- Etat normalisé : c'est l'état du recuit défini ci-dessus, les caractéristiques proposées par les fabricants sur les fiches matière sont des caractéristiques minimales garanties.
- Etat adouci : cet état correspond à une dureté minimale garantie.
- Etat prétraité : c'est l'état trempé et revenu pour les caractéristiques prévues par la norme ou sur accord à la commande.

Principaux traitements superficiels thermochimiques des produits ferreux

Les traitements thermochimiques permettent d'obtenir des caractéristiques particulières à la surface d'une pièce sans altérer les caractéristiques dans la masse. Selon leur principe, ils améliorent principalement une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : la dureté en surface, la résistance à l'usure, la résistance à la corrosion et le comportement en frottement. Par exemple, pour un pignon, il est souhaitable d'obtenir une grande dureté en surface (pièce frottante) et une bonne résistance à cœur (résistance à des contraintes de masse).

Traitements de diffusion

Le matériau d'apport diffuse dans le substrat à haute température et réagit avec lui.

- **Aluminisation**. Ce traitement qui s'effectue en général sur les aciers a pour objet un enrichissement superficiel en aluminium. Il est surtout utilisé comme protection contre la corrosion et l'oxydation à haute température.
- **Bleuissage**. Ce traitement est effectué en milieu oxydant. La surface polie du produit ferreux se recouvre d'une couche mince d'oxydes adhérente de couleur bleue.
- **Boruration**. La couche superficielle de la pièce est enrichie en bore. Ce traitement assure une dureté très élevée de 1800 à 2000 HV, une bonne tenue à l'usure et à la corrosion. Tous les aciers, sauf rapide et inox, peuvent subir ce traitement mais les éléments d'alliage et le carbone diminuent l'épaisseur de la couche borurée. Traitement possible sur fonte.
- **Carbonitruration**. Comme pour la cémentation, apport de carbone en surface mais avec en plus introduction d'azote dans l'atmosphère du four entre 600 et 850°C ou dans un bain. Ce traitement est aussi obligatoirement suivi d'une trempe. Par rapport à la cémentation, il donne d'excellents résultats sur des aciers non alliés, non trempants. La carbonitruration gazeuse est la plus employée. Ce traitement permet d'atteindre une dureté en surface de 700 à 900 HV.
- **Cémentation**. Ce traitement s'effectue en général sur des aciers à faible pourcentage en carbone (C < 0,25% peu ou faiblement trempant), possédant une bonne ductilité dans la masse, en vue d'augmenter la dureté superficielle.
  Il consiste :
- à apporter du carbone en surface par chauffage au four à température d'austénitisation (vers 900°C) en présence de cément solide, liquide ou gazeux.
  Ce dernier procédé est le plus utilisé (précis et rapide) ;

- à effectuer un cycle de trempe suivi d'un revenu à basse température. Il y a possibilité de ne pas traiter toute la pièce (usinage des surfaces cémentées avant la trempe ou protection par cuivrage de surfaces avant la cémentation). La pièce conserve donc ses caractéristiques à cœur et présente une couche supérieure très dure (jusqu'à 2 mm) obtenue par le durcissement par trempe (700 à 800 HV). La déformation impose une rectification après traitements.

- **Chromisation**. La surface de la pièce est enrichie en chrome :
- chromisation douce sur des aciers à faible pourcentage de carbone. Elle permet d'installer une couche riche en chrome qui résiste bien à la corrosion ;
- chromisation dure sur des aciers à fort pourcentage de carbone : elle offre des surfaces de dureté très élevée (1600 à 1800 HV) qui résistent bien au frottement et à la corrosion sèche mais qui sont très fragiles.

- **Nitruration**. Ce traitement s'effectue cette fois sur un métal déjà trempé et revenu, donc sur des pièces qui possèdent des caractéristiques mécaniques élevées dans la masse. Il peut se pratiquer sur des pièces finies. Il permet d'atteindre des duretés en surface très élevées (600 à 1500 HV) suivant le type de traitement. Il est particulièrement adapté aux pièces sollicitées aux chocs et à l'usure par frottement. Il augmente la limite d'endurance. Industriellement, il existe deux types de nitruration :
- nitruration traditionnelle (en atmosphère gazeuse). Elle se pratique sur des aciers alliés contenant du chrome et de l'aluminium (exemple : 40 CAD 6.12, voir 6.10.1). La surface est enrichie en azote par chauffage vers 500°C en présence de gaz d'ammoniac. Le durcissement est obtenu grâce à la formation de nitrures de chrome et d'aluminium. La zone nitrurée est très mince (0,5 mm après 50 heures). (Peut être réalisé en bains de sels) ;
- nitruration ionique. Elle s'effectue à l'intérieur d'une enceinte à atmosphère raréfiée, en présence d'hydrogène et d'azote à l'état de plasma. Cet état est obtenu en établissant une différence de potentiel (jusqu'à 1500 V) entre la pièce (cathode) et l'enceinte du four (anode). Cette configuration permet d'atteindre des températures entre 400 et 600°C. Ce procédé présente l'avantage d'être non polluant et permet de traiter des nuances d'acier très diverses, des aciers XC aux aciers fortement alliés (6.10.1). Les fontes modérément alliées (Cr et Al) peuvent être nitrurées (FGS et MN conviennent).

- **Sulfonitruration**. Ce traitement augmente la résistance à l'usure en améliorant considérablement le frottement par autolubrification. La profondeur traitée est de 0,2 à 0,5 mm. La surface de la pièce est enrichie en soufre par chauffage vers 570°C dans un bain de sels pour le Sulfinuz, entre 560 et 570°C dans un bain contenant soufre et azote pour le Sursulf (procédé HEF). Tous les métaux ferreux peuvent être sulfonitrurés.
  Un autre traitement (conservation), le Sulf BT (sulfuration) à basse température s'effectue par électrolyse en bain de sels à 190°C sur des aciers et sur des fontes. La pénétration est moins grande que pour la sulfonitruration, mais la température plus basse n'occasionne pas de revenu parasite. Aucune reprise d'usinage ne doit être faite après le traitement. Ce traitement ne peut pas s'appliquer sur des aciers contenant plus de 12% de chrome. Les aciers cémentés trempés, les aciers et les fontes trempés peuvent recevoir ce traitement.
- **Trempe superficielle**. Ce traitement (de transformation structurale) est réservé aux aciers non alliés pour traitements thermiques ou pour certains aciers faiblement alliés, en vue d'un durcissement superficiel. En général, la pièce a été préalablement traitée dans la masse (trempe et revenu) pour une bonne résilience à cœur. Elle est ensuite réchauffée en surface en vue d'une nouvelle trempe plus dure.

Choix du traitement superficiel de diffusion réservé aux produits ferreux

1.2-4

Traitement	Epaisseur traitée	Dureté de la couche	Avantages	Inconvénients
Cémentation en bain de sels ou gazeuse	Jusqu'à 3 mm	700 HV jusqu'à 200°C	- Procédé simple. - Utilisation souple. - Prix de revient faible. - Adapté aux aciers à bas pourcentage de carbone. - En cémentation gazeuse les déformations sont plus faibles : c'est la plus utilisée en série.	- Nécessité d'un cycle de trempe et revenu après traitement. - Déformation des surfaces traitées qui impose une rectification finale. - En cémentation liquide, les bains sont toxiques et dangereux.
Nitruration gazeuse	0,2 à 0,6 mm	600 à 1200 HV jusqu'à 400°C	- Faible déformation ne nécessitant pas de reprise. - Dureté élevée. - Mise en œuvre facile. - Prix de revient faible. - S'effectue sur un métal déjà traité.	- Faible profondeur durcie. - Couche fragile. - Contraintes de contact admissibles en fatigue limitées. - Utilisation d'aciers spéciaux. - Reprise mécanique difficile. - Temps de traitement long.
Nitruration ionique	Jusqu'à 0,5 mm	800 à 1500 HV	- Dureté élevée, pas de déformation. - Etat de surface conservé. - Cycle plus simple qu'en nitruration gazeuse (plus rapide). - Gamme de métaux ferreux plus large qu'en nitruration gazeuse.	- Difficulté de traitement des alésages. - Résistance à la corrosion moyenne. - Investissement important.
Carbonitruration	De 0,1 à 0,9 mm	700 à 900 HV	- Traitement favorable aux contraintes de fatigue en flexion, en torsion, et aux contraintes de fatigue superficielles (roulement). - Carbonitruration liquide : mise en œuvre simple. - Carbonitruration gazeuse : procédé souple, intégration possible en production.	- Nécessité comme en cémentation de faire suivre d'un cycle de trempe et revenu. - Carbonitruration liquide : lavage des pièces après traitement et manutention importante. - Carbonitruration gazeuse : coût élevé
Boruration	0,02 à 0,4 mm	1600 à 2000 HV	- Dureté très élevée, bonne tenue à l'usure. - Gamme de métaux ferreux large : aciers, fontes frittées. - Intégration possible en production.	- Couche très fragile. - Recuit de régénération ultérieur. - Aucune reprise possible après traitement. - Gonflement du quart de l'épaisseur. - Besoin d'un état de surface initial. - Prix de revient élevé.
Sulfonitruration en bains de sel Suraulf	0,5 mm	1,7 à 3 fois la dureté initiale	- Bonne résistance à l'usure et au grippage. - Bonne amélioration de la résistance à la fatigue (augmentation des contraintes de compression). - Temps de traitement rapide. - Prix de revient bas.	- Pas de reprise d'usinage après traitement (éventuellement un rodage). - Gonflement de la pièce, impose une sous-cotation. - Faible résistance à la corrosion.
Chromisation dure	0.02 mm	1600 à 1800 HV	- Dureté très élevée, très bonne résistance à l'usure (frottement et abrasion). - Bonne résistance aux chocs thermiques. - Traitement possible après chromisation. - Agrément alimentaire.	- Prévoir une surépaisseur de dépôt : aucune retouche possible après chromisation. - Déformation possible en cours de traitement. - Prix de revient élevé. - Déconseillé comme durcissement des portées de joints dynamiques.

Choix du traitement superficiel par transformation structurale réservé aux produits ferreux
(trempe superficielle)

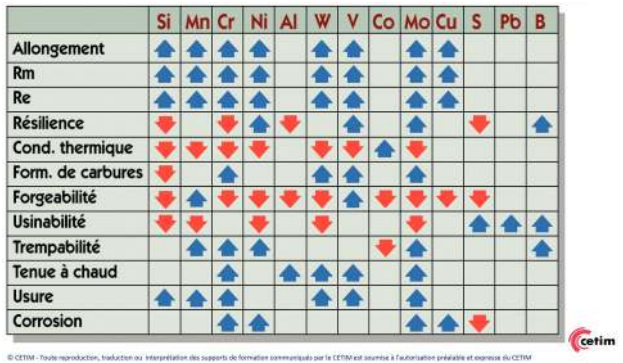
La dureté minimale de la couche traitée dépend du pourcentage de carbone (0,12% à 0,55%), la dureté varie entre 420 et 720 HV. La limite de fatigue peut être améliorée de 10 à 80% par ce traitement.

1.2-5

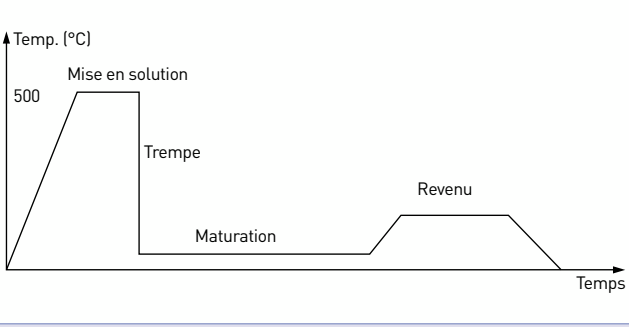
Trempe superficielle	Epaisseur traitée	Risque de déformation	Avantages	Inconvénients
Induction	> 0,3 mm	Faible	- Faible déformation après traitement. - Automatisation possible. - Bien adapté aux grandes séries. - Mise en œuvre rapide. - Cadence élevée. - Utilisation d'acier peu coûteux.	- Mise au point du traitement parfois délicate. - Limitée à des épaisseurs faibles. - Procédé limité par la forme de la pièce.
Chalumeau	> 1 mm	Moyenne	- Déformations relativement faibles. - Automatisation possible. - Mise en œuvre rapide. - Possibilité de traiter des pièces de grandes dimensions (coût acceptable) et des pièces de formes complexes. - Bien adapté aux séries petites et moyennes. - Utilisation d'aciers peu coûteux.	- Matériel souvent mal utilisé. - Procédé limité par la forme de la pièce.

Nouveaux procédés en cours d'industrialisation

Traitement	Epaisseur traitée	Dureté de la couche	Avantages	Inconvénients
Impulsions	> 0,01 mm	Faible	- Déformation extrêmement faible (faibles profondeurs de traitement). - Automatisation possible.	Difficilement utilisable pour des épaisseurs supérieures à 0,5 mm.
Plasma	> 0,01 mm	Faible	- Déformation extrêmement faible (faible profondeur du traitement). - Bien adapté au traitement en continu (lames et fils). - Automatisation possible.	- Savoir-faire en cours de développement. - Peu adapté aux grosses pièces.
Laser	> 0,01 mm	Faible	- Précision du traitement. - Grande gamme de profondeurs possibles. - Possiblité de traiter des endroits difficilement accessibles aux autres procédés. - Déformation faible pour les faibles épaisseurs. - Automatisation possible.	- Coût extrêmement élevé. - Noircissement des surfaces à réaliser parfois avant traitement. - Maintenance délicate.
BE Bombardement électronique	> 0,01 mm	Très faible	- Précision du contour du traitement. - Faibles déformations. - Absence d'oxydation sur les pièces. - Automatisation possible.	- Utilisation du vide.



1.2-6 **Influence des éléments d'alliage**



1.2-7 **Séquence typique de durcissement structural d'un aluminium**

Traitements réservés aux aluminiums et alliages d'aluminium

Traitement de durcissement structural

- **Mise en solution**
  Le traitement de mise en solution solide consiste, par un maintien à la température élevée, à dissoudre les éléments d'alliage qui se trouvent en phases séparées dans le métal de base. Si la solution solide ainsi obtenue est refroidie brutalement, on obtient un état trempé.
- **Maturation**
  La maturation, ou vieillissement naturel, consiste, après la trempe, à durcir les alliages à traitements thermiques par un séjour à température ordinaire.
- **Revenu**
  Dans le cas des aluminiums et alliages d'aluminium, le revenu consiste, par un maintien à environ 200°C, à accélérer l'évolution des caractéristiques mécaniques, en particulier à augmenter la limite élastique. C'est un revenu de durcissement.

  Les traitements de trempe et revenu nécessitent une grande précision (dispersion inférieure ou égale à 5°C).

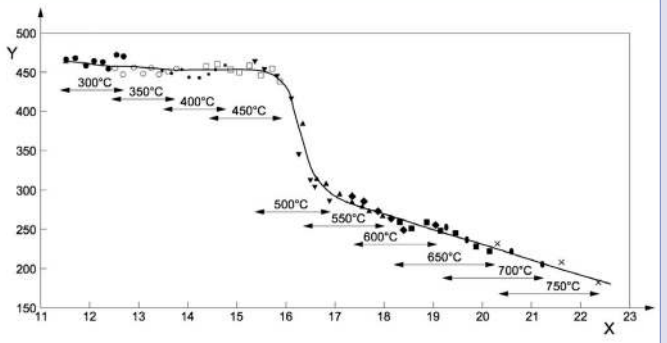
1.3 Traitements thermiques des aciers inoxydables

- **Ferritique** : pas de traitement thermique sauf pour réduire les caractéristiques mécaniques, le recuit de recristallisation. Cet adoucissement du métal par recristallisation est mis en œuvre lors des recuits effectués après une opération de laminage ou de tréfilage à froid afin de redonner au métal des possibilités de déformation à froid nécessaire pour la poursuite de la gamme de transformation.
- **Austénitiques** : pas de traitement thermique sauf pour réduire les caractéristiques mécaniques, l'hypertrempe. Il s'agit du traitement thermique de qualité typiquement appliqué aux aciers inoxydables austénitiques. Il consiste en un maintien à haute température (de 1 000 à 1 150 °C) suivi d'un refroidissement rapide. Ce traitement a pour but d'obtenir à l'ambiante une phase austénitique homogène où tous les éléments, en particulier carbone et azote, se trouvent en solution solide.
- **Duplex** : pas de traitement thermique sauf pour réduire les caractéristiques mécaniques et/ou restaurer la structure après exposition à T° > 300 °C.
- **Martensitiques** : durcissables par traitement thermique, trempe + revenu. Mise en solution avec durcissement structurale.

  Il existe une multitude d'alliages d'acier inoxydable dont les caractéristiques peuvent être améliorées par traitement de mise en solution et durcissement par vieillissement de précipitation. Ces traitements thermiques permettent généralement d'améliorer les caractéristiques telles que la résistance mécanique à température ambiante et/ou élevée et la résistance à la corrosion.

  Les propriétés mécaniques des aciers inoxydables martensitiques dépendent des traitements thermiques subis par les pièces. Le traitement thermique le plus courant est réalisé en deux phases :

- un traitement à haute température (souvent désigné par austénitisation ou traitement en solution), entre 1 000 °C et 1 100 °C, suivi par une trempe (à l'air, l'huile ou autre milieu) ;
- un traitement à plus basse température qui peut être un traitement de relaxation des contraintes (de 200 °C à 300 °C) ou un revenu (de 300 °C à 700 °C) suivi d'un refroidissement (par exemple à l'air).



Légende

• 300 °C	▼ 500 °C	♦ 700 °C
□ 350 °C	▲ 550 °C	x 750 °C
• 400 °C	● 600 °C	Y Dureté HV
□ 450 °C	■ 650 °C	X T(20+ log t) 10^3

Un traitement à moins de 450 °C produit une résistance mécanique élevée.
Pour un traitement à plus de 600 °C, se produit une précipitation de carbures qui induit un adoucissement important de l'acier. La chute brutale de la dureté s'accompagne d'une augmentation de la fragilité et d'une baisse de la résistance à la corrosion.
Pour un traitement effectué entre 450°C et 550°C, un spécialiste de l'acier inoxydable est à consulter.

1.3-1 **Courbe de revenu pour un acier à 0,14 % C et 12 % Cr**

Maurin Fixation

Accompagnement technique

L'expertise MAURIN FIXATION technique

Travailler ensemble en amont pour optimiser le processus avec notre équipe d'experts

Pour vos bureaux d'études

- Analyse de vos **cahiers des charges et plans**.
- Aide aux **choix des produits** adaptés à vos **applications**.
- Formations **thématiques de vos équipes**.

Pour vos achats

- Etude de **rationalisation**.
- Accompagnement pour la **maîtrise de vos TRS** (Taux de Rendement Synthétique).

Sur le terrain

- Aide aux choix des **moyens d'assemblage**.
- Analyse des **causes de défaillance**.
- Expertise **en laboratoire interne ou externe**.
- Prestations de contrôle en **laboratoire interne**.
- **Expertise sur vos sites** et chantiers.

fixation.emile-maurin.fr

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.0 Vis, goujons et tiges filetées en acier carbone

5.1 Écrous en acier carbone

5.2 Vis, goujons et tiges filetées en acier inoxydable

5.3 Écrous en acier inoxydable

5.4 Fixations en matériau thermoplastique

7. LUTTE CONTRE LA CORROSION

7.2 Méthodes de lutte contre la corrosion

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

17 Caractéristiques mécaniques et physiques de la visserie et les matériaux associés

2
Matériaux

2.0 Désignation des aciers

Plusieurs normes régissent la classification et la désignation des aciers couramment utilisés pour la production de fixation.

NF EN 10020 : Définition et classification des nuances d'aciers (à partir de leur composition chimique)
NF EN 10027-1 : Système de désignation des aciers : désignation symbolique (à partir de leur emploi et de leurs caractéristiques)
NF EN 10027-2 : Système de désignation des aciers : désignation numérique (à partir de leur emploi et de leurs caractéristiques)
NF EN 10079 : Définition des produits en acier
ISO 15510 : Classification et désignation des aciers inoxydables

Par ailleurs, sont aussi utilisées des dénominations d'origine américaine (codification **AISI** ou **UNS/ASTM**) ou japonaise (codification **JIS**).

Pour certaines applications particulières, il est recommandé de se reporter aux normes spécifiques existantes, par exemple la norme **NF EN 10095** pour les aciers et alliages de nickel réfractaires ou la norme **NF EN 10269** pour les aciers et alliages de nickel pour éléments de fixation utilisés à température élevée et/ou à basse température.

La norme NF EN 10020

La norme **NF EN 10020** définit le terme « acier » et établit :
- La classification en aciers non alliés, aciers inoxydables et autre aciers alliés suivant la composition chimique.
- La classification des aciers non alliés, aciers inoxydables et autres aciers allés en fonction des principales classes de qualité définies selon les principales caractéristiques de propriétés ou d'application.

Le terme « acier » est défini comme « matériau contenant en masse plus de fer que de tout autre élément et dont la teneur en carbone est généralement inférieure à 2% et qui contient d'autres éléments. Un nombre limité d'aciers au chrome peut avoir une teneur en carbone supérieure à 2% mais cette valeur de 2% est la teneur limite qui sépare l'acier de la fonte ».

Désignation symbolique selon NF EN 10027-1

La désignation est composée d'une lettre symbole du type d'acier suivie de lettre(s) et d'une valeur numérique représentatives de la caractéristique essentielle (par exemple indiquant les propriétés mécaniques Re en Mpa) et éventuellement de symboles additionnels. Dans le cas d'aciers moulés, la désignation est précédée de la lettre G (exemple : GS235).
En général, les différents caractères de la désignation sont écrits sans espaces entre eux.

2.0-1

Type d'aciers	Symboles	Symboles de caractéristiques	Symboles additionnels	Exemples
Aciers à béton	**B**	Valeur spécifiée de la limite d'élasticité en MPa	Lettre indiquant la classe de ductilité, suivie si besoin de 1 ou 2 chiffres	**B500A :** Acier pour béton armé de limite d'élasticité spécifiée égale à 500 MPa et de classe de ductilité A
Produits plats pour formage à froid	**D**	Lettre C (laminé à froid), D (laminé à chaud pour formage direct à froid) ou X (conditions de laminage non spécifiées) suivies de 2 chiffres correspondant à une aptitude croissante au formage à froid	Oui : Voir NF EN 10027-1	**DX53D+Z275 :** Acier à bas carbone d'un produit plat pour emboutissage profond, avec revêtement de zinc de masse nominale de 275 g/m^2 sur les deux faces
Acier de construction mécanique	**E**	Valeur spécifiée d'une limite d'élasticité de référence pour une épaisseur donnée, en MPa	Lettre G (autres caractéristiques), suivie de 1 ou 2 chiffres ou lettre C (destiné à l'étirage)	**E335GC :** Acier de construction mécanique de limite d'élasticité spécifiée égale à 335 MPa pour les épaisseurs nominales ≤ 16 mm avec aptitude complémentaire à l'étirage à froid

2.0-1 (suite)

Type d'aciers	Symboles	Symboles de caractéristiques	Symboles additionnels	Exemples
Produits plats laminés à froid en acier à haute résistance pour emboutissage à froid	**H**	Une lettre C, D ou X suivie de la valeur minimale d'élasticité en MPa ou deux lettres CT, DT ou XT suivie de la valeur minimale spécifiée de la résistance à la traction en MPa. Lettre C (laminé à froid), D (laminé à chaud pour formage direct à froid) ou X (conditions de laminage non spécifiées)	Oui : Voir NF EN 10027-1	**HCT980X+ZA200 :** produit plat laminé à froid pour formage à froid de valeur minimale spécifiée de résistance à la traction égale à 980 MPa, avec revêtement de zinc-aluminium de masse nominale 200g/m² sur les deux faces
Aciers pour tubes de conduite	**L**	Valeur spécifiée d'une limite d'élasticité de référence en MPa	Oui : Voir NF EN 10027-1	**L245GA :** Acier pour tubes de conduite de valeur spécifiée de la limite d'élasticité pour le corps du tube égale à 245 MPa et de classe de prescription A
Aciers magnétiques pour applications électriques	**M**	Centuple des pertes totales en W/kg suivi d'un tiret, du centuple de l'épaisseur nominale en mm et du type de produit (voir NF EN 10027-1)	Non	**M400-50A :** Acier pour applications électriques à grains non orientés sous forme de bandes et tôles laminées à froid et livrées à l'état fini, de pertes totales spécifiques maximales égales à 4 W/kg à 50 Hz et 1,5 T, d'épaisseur nominale 0,50 mm
Aciers pour appareils soumis à la pression : bouteilles de gaz, chaudières...	**P**	Valeur spécifiée d'une limite d'élasticité de référence en MPa	Oui : Voir NF EN 10027-1	**P355NL1 :** Acier pour appareil à pression de limite d'élasticité de référence égale à 355 MPa, pour les épaisseurs nominales ≤ 16 mm, livré à l'état normalisé, et d'énergie minimale de rupture en flexion par choc dans la direction transversale, pour une température d'essai de -40°C, égale à 27 joules
Aciers pour ou sous forme de rails	**R**	Dureté Brinell minimale spécifiée (HBW)	Oui : Voir NF EN 10027-1	**R320Cr :** Acier pour rail de fourchette de dureté Brinell 320 à 360, à 1% de Cr, non traité thermiquement

2.0-1 (suite)

Type d'aciers	Symboles	Symboles de caractéristiques	Symboles additionnels	Exemples
Aciers de construction y compris les aciers à grains fins	S	Valeur spécifiée d'une limite d'élasticité de référence en MPa	Oui : Voir NF EN 10027-1	**S235J0 :** Acier de construction de limite d'élasticité de référence spécifiée égale à 235 MPa, pour les épaisseurs nominales ‹ 16 mm, et d'énergie minimale de rupture en flexion par choc pour une température d'essai de 0°C, égale à 27 joules
Aciers pour emballage (fer noir, fer blanc, fer chromé)	T	Lettre H (pour les produits recuit continu) ou S (pour les produits recuit base) suivie de la valeur nominale d'élasticité en MPa	Non	**STH580 :** Acier pour emballage, de limite d'élasticité nominale de 580 MPa
Aciers pour béton précontraint	Y	Valeur spécifiée de la résistance à la traction en MPa	Oui : lettre liée au type de produit et à son process de fabrication	**Y1960C :** acier de précontrainte de résistance à la traction spécifiée de 1960 MPa, livré sous forme de fil tréfilé

Exemple de désignation symbolique complète : S355MC désigne un acier de construction avec une limite d'élasticité de référence à 355 MPa, obtenu par laminage thermomécanique (M) écroui à froid (C).

Désignation numerique selon NF EN 10027-2

La désignation est composée d'un nombre fixe de chiffres afin de faciliter le traitement de données par rapport au système de désignation symbolique. Cette norme est prévue pour les nuances d'aciers définies dans les normes européennes et est aussi utilisable pour les nuances d'aciers nationales et les aciers de marque.

Structure des numéros :

- 1. Pour Acier
- XX Groupe d'acier (selon tableau 2.0-2)
- XX Numéro d'ordre alloué par le Bureau Européen d'Enregistrement

• Dans le projet en cours de révision de la norme, le numéro d'ordre devient à 4 positions, les deux positions complémentaires ne pouvant être allouées que si les 2 premières positions sont entièrement allouées.

Groupe d'acier [a,b]

2.0-2

Aciers non alliés					Aciers alliés							
Aciers de base		Aciers de qualité		Aciers spéciaux	Aciers de qualité		Aciers spéciaux					
							Aciers à outils	Aciers divers	Aciers inoxydables et réfractaires	Aciers de construction, aciers pour appareils à pression		
00 Aciers de base	90 Aciers de base			10 Aciers à propriétés physiques particulières			20 Cr	30	40 Aciers inoxydables avec Ni < 2,5 % sans Mo, Nb et Ti	50 Mn, Si, Cu	60 Cr-Ni avec ≥ 2,0 % Cr < 3 % Cr	70 Cr Cr-B	80 Cr-Si-Mo Cr-Si-Mn-Mo Cr-Si-Mo-V Cr-Si-Mn-Mo-V

Groupe d'acier [a, b]

2.0-2 (suite)

Aciers non alliés					Aciers alliés								
Aciers de base		Aciers de qualité		Aciers spéciaux	Aciers de qualité		Aciers spéciaux						
							Aciers à outils	Aciers divers	Aciers inoxydables et réfractaires	Aciers de construction, aciers pour appareils à pression			
		01	91	11 Aciers de construction et aciers pour appareils à pression avec C < 0,50 %			21 Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-Si	31	41 Aciers inoxydables avec Ni < 2,5 % et Mo, mais sans Nb et Ti	51 Mn-Si Mn-Cr	61	71 Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-B Cr-Si-Mn	81 Cr-Si-V Cr-Mn-V Cr-Si-Mn-V
		Aciers de construction d'usage général avec Rm < 500 MPa											
		02	92	12 Aciers de construction et aciers pour appareils à pression avec C ⩾ 0,50 %			22 Cr-V Cr-V-Si Cr-V-Mn Cr-V-Mn-Si	32 Aciers rapides avec Co	42	52 Mn-Cu Mn-V Si-V Mn-Si-V	62 Ni-Si Ni-Mn Ni-Cu	72 Cr-Mo avec < 0,35 % Mo Cr-Mo-B	82 Cr-Mo-W Cr-Mo-W-V
		Autres aciers de construction d'usage spécial non destinés au traitement thermique, avec Rm < 500 MPa											
		03	93	13 Aciers de construction, pour appareil à pression et de construction mécanique avec C ⩾ 0,50 %			23 Cr-Mo Cr-Mo-V Mo-V	33 Aciers rapides sans Co	43 Aciers inoxydables avec Ni ⩾ 2,5 % mais sans Mo, Nb et Ti	53 Mn-Ti Si-Ti	63 Ni-Mo Ni-Mo-Mn Ni-Mo-Cu Ni-Mo-V Ni-Mn-V	73 Cr-Mo avec Mo ⩾ 0,35 %	83
		Aciers avec une teneur moyenne en C < 0,12 % ou Rm < 400 MPa											
		04	94	14			24 W Cr-W	34 Acier résistant à l'abrasion	44 Aciers inoxydables avec Ni ⩾ 2,5 % et Mo, mais sans Nb et Ti	54 Mo Nb, Ti, V W	64	74	84 Cr-Si-Ti Cr-Mn-Ti Cr-Si-Mn-Ti
		Aciers avec une teneur moyenne en C ⩾ 0,1% et < 0,25 % ou Rm ⩾ 400MPa et < 500MPa											
		05	95	15 Aciers à outils			25 W-V Cr-W-V	35 Aciers pour roulement	45 Aciers inoxydables avec additions particulières	55 B Mn-B < 1,65 % Mn	65 Cr-Ni-Mo avec Mo < 0,4 % + Ni < 2 %	75 Cr-V avec < 2,0 % Cr	85 Aciers de nitruration
		Aciers avec une teneur moyenne en C ⩾ 0,25 et < 0,55 % ou Rm ⩾ 500 MPa et < 700 MPa											

Groupe d'acier [a, b]

2.0-2 (suite)

<table>
<tr><th colspan="5">Aciers non alliés</th><th colspan="6">Aciers alliés</th></tr>
<tr><th colspan="2">Aciers de base</th><th colspan="2">Aciers de qualité</th><th>Aciers spéciaux</th><th colspan="2">Aciers de qualité</th><th colspan="6">Aciers spéciaux</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2"></td><td>Aciers à outils</td><td>Aciers divers</td><td>Aciers inoxydables et réfractaires</td><td colspan="3">Aciers de construction, aciers pour appareils à pression</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>06</td><td>96</td><td rowspan="2">16
Aciers à outils</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">26
W, à l'exclusion des groupes 24, 25 et 27</td><td rowspan="2">36
Matériaux aux propriétés magnétiques particulières sans Co</td><td rowspan="2">46
Alliages de Nickel pour usage à haute température et résistant aux produits chimiques</td><td rowspan="2">56
Ni</td><td rowspan="2">66
Cr-Ni-Mo avec Mo < 0,4 % + Ni ⩾ 2 % Ni < 3,5 %</td><td rowspan="2">76
Cr-V avec Cr < 2,0 %</td><td rowspan="2">86
Aciers non destinés à un traitement thermique par l'utilisateur
Aciers à haute résistance soudables</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aciers avec une teneur moyenne en C ⩾ 0,55 % ou Rm ⩾ 700 MPa</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>07</td><td>97</td><td rowspan="2">17
Aciers à outils</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">27
avec Ni</td><td rowspan="2">37
Matériaux aux propriétés magnétiques particulières avec Co</td><td rowspan="2">47
Aciers réfractaires avec Ni < 2,5 %</td><td rowspan="2">57
Cr-Ni avec < 1,0 % Cr</td><td rowspan="2">67
Cr-Ni-Mo avec Mo < 0,4 % + Ni ⩾ 3,5 % Ni < 5 % ou Mo ⩾ 0,4 %</td><td rowspan="2">77
Cr-Mo-V</td><td rowspan="2">87
Aciers non destinés à un traitement thermique par l'utilisateur
Aciers à haute résistance soudables</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aciers à teneur plus élevés en P ou en S</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">18
Aciers à outils</td><td>08</td><td>98</td><td rowspan="2">28
Autres</td><td rowspan="2">38
Matériaux aux propriétés magnétiques particulières, sans Ni</td><td rowspan="2">48
Aciers réfractaires avec ⩾ 2,5 % Ni</td><td rowspan="2">58
Cr-Ni avec ⩾ 1,0 % Cr < 1,5 % Cr</td><td rowspan="2">68
Cr-Ni-V
Cr-Ni-W
Cr-Ni-V-W</td><td rowspan="2">78</td><td rowspan="2">88
Aciers non destinés à un traitement thermique par l'utilisateur
Aciers à haute résistance soudables</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aciers à propriétés physiques particulières</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">19</td><td>09</td><td>99</td><td rowspan="2">29</td><td rowspan="2">39
Matériaux aux propriétés magnétiques particulières, avec Ni</td><td rowspan="2">49
Matériaux avec propriétés à température élevées</td><td rowspan="2">59
Cr-Ni avec Cr ⩾ 1,5 % Cr < 2,0 %</td><td rowspan="2">69
Cr-Ni, Cr-Ni, à l'exception des classes 57 à 68</td><td rowspan="2">79
Cr-Mn-Mo
Cr-Mn-Mo-V
Cr-Mn-Mo-Ni</td><td rowspan="2">89
Aciers non destinés à un traitement thermique par l'utilisateur
Aciers à haute résistance soudables</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aciers pour autres domaines d'application</td></tr>
</table>

a La classification des groupes d'acier est conforme à la classification des aciers selon EN 10020. **b** Les informations suivantes sont données dans les cases du Tableau : le numéro du groupe d'acier (en haut à gauche) ; la caractéristique principale du groupe d'acier ; *R*m = résistance à la traction.
Les valeurs limites pour la composition chimique et la résistance à la traction sont données uniquement à titre indicatif.

Désignation symbolique par la composition chimique selon NF EN 10027-2

Le système de désignation dépend de l'appartenance de l'acier à l'un des 4 groupes prévus.

Aciers non alliés

A l'exclusion des aciers de décolletage, avec une teneur moyenne en masse de manganèse inférieure à 1% :

La désignation commence par un C (pour Carbone) suivie par le centuple de la teneur moyenne spécifiée en carbone, exprimée en pour cent. Elle peut être suivie d'un symbole additionnel constitué d'une lettre.
Exemple : C35E désigne un acier de teneur moyenne en carbone égale à 0,35% avec une teneur maximale en soufre spécifiée de 0,045% (pour la lettre E).

Aciers faiblement alliés

Aciers non alliés avec une teneur moyenne en masse de manganèse ≥ 1%, aciers non alliés de décolletage et aciers alliés (à l'exclusion des aciers rapides) dont la teneur moyenne de chaque élément d'alliage est inférieure à 5% en masse :

La désignation se compose dans l'ordre du centuple de la teneur moyenne spécifiée en carbone exprimée en pour cent, suivie des symboles chimiques d'alliage des éléments qui caractérisent l'acier dans l'ordre décroissant de leur teneur, suivis de nombres séparés par des traits d'union représentant respectivement la teneur moyenne de ces éléments en pourcentage, multipliée par un facteur dépendant de l'élément d'alliage. Ce facteur est de 4 pour Cr, Co, Mn, Ni, Si, W, de 10 pour Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr, de 100 pour Ce, N, P, S et de 1000 pour B.
Exemple : 36NiCrMo16 désigne un acier de teneur moyenne en carbone de 0,36%, de teneur moyenne en nickel égale à 4% et contenant du chrome et du molybdène.

Aciers fortement alliés

Aciers inoxydables et autres aciers alliés (à l'exclusion des aciers rapides) dont la teneur moyenne en masse d'au moins un élément d'alliage est ≥ 5%

La désignation commence par la lettre X, suivie par le centuple de la teneur moyenne spécifiée en carbone exprimée en pour cent, puis des symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre décroissant de leur teneur et de nombres séparés par des traits d'union représentant la teneur moyenne de ces éléments en pourcentage, arrondie à l'entier le plus proche et classés dans le même ordre que les symboles chimiques.

Exemple : X2CrNiMo17-12-2 désigne un acier inoxydable de teneur moyenne spécifiée en carbone de 0,02%, contenant environ 17% de chrome, 12% de nickel et 2% de molybdène.

Aciers rapides

La désignation commence par les lettres HS (pour « high speed ») suivie par des nombres entiers séparés par des traits d'union, représentant les teneurs en masse exprimées en pourcentage des éléments tungstène, molybdène, vanadium et cobalt.
Exemple : HS2-0-1-8 désigne un acier rapide contenant environ 2% de tungstène, 0% de molybdène, 1% de vanadium et 8% de cobalt.

Désignation numérique selon ISO 15510 (aciers inoxydables)

La désignation est composée de 4 parties, avec une structure **XXXX-YYY-ZZ-T**.
XXXX est un rappel de la codification européenne selon NF EN 10027-2, en excluant les caractères « 1. ».
YYY est un renvoi aux codes **AISI**.
ZZ est un code **ISO**.
T est une codification d'origine de la normalisation de la composition : **C** pour la Chine, **E** pour l'Europe, **I** pour l'ISO, **J** pour le Japon, **U** pour les USA et **X** pour une origine partagée par plus de deux normes.

Exemple de désignation comparée selon différentes normes, pour une composition similaire

1.4306	selon NFE EN 10027-2 (désignation numérique)
Z3CN 18 10	selon norme française annulée NFA 35 573
X2CrNi19-11	selon NFE EN 10088-3
4306-304-03-I	selon norme ISO 15510
304 L	selon appellation AISI (USA)
S30403	selon appellation UNS / ASTM (USA) ou GB
SUS304L	selon appellation JIS (Japon)

2.1 Aciers réfractaires

La norme européenne NF EN 10095 donne la définition suivante des nuances d'aciers et alliages réfractaires : *«Matériaux qui sont utilisés à plus de 550°C (point Wüstite) compte tenu de leur excellente résistance aux effets des gaz chauds et des produits de combustion, ainsi qu'à l'influence des sels et des métaux fondus, mais qui possèdent également de bonnes caractéristiques mécaniques lorsqu'ils sont soumis à une contrainte de courte et longue durée ».*

Lorsque les aciers sont maintenus sous charge pendant des temps assez longs, on constate une déformation progressive du métal. Ce phénomène de viscosité, appelé **fluage**, est nul ou négligeable à température ambiante ou aux températures peu élevées, inférieures à 300°C. Par contre son importance croît lorsque la température augmente. Pour un acier donné et à une température donnée, la vitesse de déformation, dite **vitesse de fluage**, d'abord grande, diminue assez vite puis reste constante pendant un temps variable. Ensuite elle croît jusqu'à la rupture du métal.

Les aciers réfractaires sont classés suivant le domaine de température dans lequel ils peuvent être utilisés.

Jusqu'à 400°C, les aciers au carbone non alliés peuvent convenir, mais il faut tenir compte dans les calculs de la réduction de la limite élastique. Elle peut par exemple, pour un même acier, passer de 350 MPa à température ambiante à 180 MPa à 400°C, soit près de 50% de réduction. Les phénomènes de fluage sont peu sensibles. A partir de 400°C, ils deviennent importants et il convient de travailler avec des aciers alliés.

Jusqu'à 500°C, voir 550°C, on utilise des aciers relativement peu alliés. Ils sont notamment utilisés pour les appareils de pression fonctionnant à chaud, les chaudières ou les tubes et tuyauteries. D'autres aciers, contenant chrome, molybdène et vanadium (respectivement 1%, 1%, 0,2% ou 1,25%, 0,5% et 0,2%) sont utilisés dans les mêmes applications, mais aussi pour les grosses pièces de forge ou pour la boulonnerie à chaud. Pour ces aciers, la limite d'emploi est de 550°C. Par contre à ce niveau de température, l'oxydation par l'air, la vapeur ou les gaz de combustion devient incompatible avec des emplois de longue durée. On doit alors employer des aciers à plus forte teneur en chrome.

De 440°C à 600°C, on utilise des aciers à 5% ou 12% de chrome. L'acier à 5% de chrome, avec en général des additions de molybdène et de vanadium, est utilisé dans l'industrie pétrolière car résistant très bien à l'hydrogène et aux hydrocarbures sous pression. A 550°C, la charge de rupture au bout de 100 000 heures varie de 60 à 100 MPa selon la composition et le traitement thermique. Les aciers à 12% de chrome, avec des additions de tungstène, molybdène, vanadium, niobium résistent à l'oxydation jusqu'à 650°C et sont couramment utilisés dans le domaine 500-600°C. Leurs caractéristiques (vitesse de fluage et charge de rupture) sont nettement plus élevées que celles des aciers précédents. La charge de rupture au bout de 100 000 heures est de 150 à 200 MPa à 550°C et de l'ordre de 100 MPa à 600°C. Cette amélioration de performances a une influence significative sur le rendement des machines concernées.

Au-delà de 600°C et jusqu'à 700°C, on utilise des aciers austénitiques de type 18-10 avec des additions de molybdène, titane , niobium pour améliorer les caractéristiques de fluage. Il est alors nécessaire de passer la teneur en nickel jusqu'à 12 et 15% pour que l'acier conserve sa structure purement austénitique, sans ferrite qui induirait des risques de fragilisation par maintien prolongé au-delà de 650°C. Les caractéristiques de fluage varient beaucoup d'une fabrication à l'autre, étant très sensibles à l'action de très petites quantités d'oligo-éléments et donc au mode d'élaboration.

Au-delà de 700°C, les aciers austénitiques ne sont plus suffisants pour conserver une charge de rupture acceptable dans la plupart des applications. Il faut utiliser des «superalliages» dont le domaine d'utilisation monte à 900°C. Ces alliages doivent leur rigidité à chaud à la précipitation de carbures ou de composés intermétalliques dans une matrice constituée d'une austénite fer-chrome-nickel et éventuellement de cobalt. Dans certains de ces alliages, la base est le nickel ou le cobalt. Les éléments provoquant les précipitations durcissantes sont très souvent le molybdène, le titane, le niobium ou l'aluminium. Ces superalliages sont très nombreux et de nouvelles formulations apparaissent régulièrement. Leurs caractéristiques dépendent souvent du mode d'élaboration. En particulier la fusion sous vide a permis une nette amélioration des performances.

Au-delà de 950°C, il convient d'utiliser d'autres types de solutions, tels que les céramiques ou les métaux à haut point de fusion, comme le molybdène.

Désignation

La norme européenne NF EN 10095 a défini :
- **6 nuances d'aciers réfractaires ferritiques,**
- **14 nuances d'aciers réfractaires austénitiques,**
- **1 nuance d'acier réfractaire austénoferritique,**
- **5 nuances d'alliages de nickel austénitiques.**

La norme précise par ailleurs que 14 nuances d'aciers retenues dans les normes NF EN 10088-1 et NF EN 10028-7 peuvent être utilisées comme aciers réfractaires.

La désignation numérique est obligatoire pour les nuances d'aciers définies dans les normes européennes, et facultative pour les nuances d'aciers nationales ou les aciers de marque.

Les numéros d'aciers établis conformément à ce système ont un nombre fixe de digits. Ils sont en conséquence mieux adaptés pour le traitement des données que les noms des aciers établis selon la partie 1 de la norme NF EN 10027.

Chaque numéro d'acier ne doit se référer qu'à une seule nuance d'acier. Un numéro alloué à une nuance d'acier ne doit pas, en principe, être alloué à une autre nuance d'acier, même si la nuance d'origine a été supprimée

Les numéros d'aciers sont alloués par le Bureau Européen d'Enregistrement.

Exemple : **X12CrNi23-13 ou 1.4833**

- **Selon la norme NF EN 10027-2**
  X12CrNi23-13.
  Acier avec teneur en C ≤ 0,15%.
  Eléments d'alliage : chrome et nickel.
  Teneurs moyennes 23% de chrome et 13% de nickel.
- **Selon la norme NF EN 10095**
  1.4833.
  1 : acier
  48 : numéro du groupe d'acier (défini dans un tableau en fonction du type d'acier allié ou non, de sa qualité, de sa résistance ou de son analyse).
  33 : numéro d'ordre.

Résistance à l'oxydation à haute température dans l'air

L'oxydation dans l'air constitue le mode le plus classique de corrosion à chaud. La résistance à l'oxydation des aciers et alliages réfractaires résulte de la formation d'une couche d'oxyde adhérente et peu perméable.

Pour que la couche d'oxyde soit protectrice, il est indispensable que l'oxygène ne puisse être en contact avec le métal de base. Cette condition est vérifiée pour un certain nombre de métaux que l'on trouve dans les aciers et alliages réfractaires et qui sont essentiellement :

- le chrome, qui crée un oxyde unique Cr_2O_3
- l'aluminium avec Al_2O_3
- le silicium avec SiO_2.

Avec ces métaux, la couche d'oxyde en surface croît jusqu'à une certaine épaisseur et se stabilise, protégeant le matériau sous-jacent pour peu que l'adhérence soit assurée et qu'il n'y ait pas d'écaillage (d'origine thermique ou mécanique).

L'addition de certains éléments peut favoriser la résistance à l'oxydation, lorsqu'ils sont ajoutés en faible, voire très faible teneur pour améliorer la tenue au fluage. On peut citer :

- le molybdène
- le tungstène
- le vanadium
- le zirconium
- le thorium
- l'yttrium.

Le molybdène doit être limité à une teneur de 5 à 6%, sous peine d'oxydation catastrophique par création d'un oxyde volatil vers 800°C. Il en va de même pour le tungstène vers 1000°C.

La teneur en vanadium doit être limitée en raison de l'oxydation catastrophique que cet élément peut engendrer dès 660°C par formation d'un oxyde fusible. Le vanadium est par ailleurs à proscrire lorsque l'alliage est exposé aux gaz de combustion de certains pétroles riches en cet élément.

Calcium, zirconium, thorium et yttrium ont un effet d'accrochage de la couche d'oxyde.

2.2 Aciers inoxydables

Résistance à la corrosion

A l'exception de certains métaux précieux comme l'or ou le platine, les métaux extraits de minerais ont toujours tendance à retourner à un état combiné, s'altérant au contact de l'atmosphère, de l'eau ou de toute substance corrosive industrielle.
Les aciers dits «inoxydables» ne possèdent pas une résistance généralisée et absolue à la corrosion. Ils se présentent sous forme d'alliages ayant des aptitudes à résister à une ambiance particulière pendant une durée donnée. Leur résistance provient de leur capacité à s'auto-protéger par la formation spontanée à leur surface d'un film complexe d'oxydes et d'hydroxydes de chrome, appelé «couche passive» qui protège le substrat métallique de la corrosion généralisée et des attaques localisées. Cette couche extrêmement mince (de l'ordre de 1 à 2µ) rend négligeable la couche de corrosion.
Les types de corrosion les plus sévères pour les aciers inoxydables sont la corrosion par piqûres, la corrosion caverneuse et la corrosion intergranulaire.

La composition chimique des aciers inoxydables détermine leur comportement au regard de ces différents types de corrosion. Les éléments les plus influents sont le chrome (Cr), le nickel (Ni), le molybdène (Mo) et le cuivre (Cu). La faible teneur en carbone est essentielle pour préserver les propriétés mécaniques des éléments de fixation pouvant être utilisées à des températures élevées.

Alliages fer-carbone-chrome

Le carbone mis en contact à chaud avec le chrome crée une précipitation de carbure de chrome diminuant la tenue à la corrosion. On réduit cette diminution par l'emploi de stabilisants (titane, niobium) et en diminuant le taux de carbone. Selon la composition chimique de l'alliage on obtient différents types d'aciers ayant des comportements différents.
Les aciers inoxydables peuvent être classés en quatre grandes familles possédant chacune leurs propres caractéristiques :

- les aciers inoxydables austénitiques,
- les aciers inoxydables martensitiques,
- les aciers inoxydables ferritiques,
- les aciers inoxydables austéno-ferritiques (aussi appelés «duplex»).

Les aciers inoxydables austénitiques (nuances A1 à A5)

Ce sont de loin les plus connus et les plus employés. Ils contiennent, outre une teneur en chrome minimale de 17%, du nickel (à hauteur de 7% ou plus) et des additions éventuelles de molybdène, titane, niobium...
Afin de réduire la susceptibilité à l'écrouissage, du cuivre peut être ajouté.
Leurs caractéristiques mécaniques en traction sont généralement modestes mais peuvent être, pour certaines nuances, considérablement accrues par écrouissage. Ils sont par contre très indiqués, de par leur absence de fragilité à basse température, pour les emplois cryogéniques.
Leur tenue à la corrosion augmente avec les teneurs en chrome et molybdène.
Leur résistance à l'oxydation croît avec leur teneur en chrome : les standards à 18% de chrome résistent en atmosphère oxydante non sulfureuse jusque vers 800°C. Au-delà, il faut s'orienter vers des nuances dites «réfractaires», nettement plus alliées.
L'introduction d'éléments stabilisants tels que le titane ou le niobium permet d'éviter la corrosion intergranulaire, en particulier sur les soudures, et accroît la résistance mécanique à haute température.

Aciers de nuance A1
Les aciers de nuance A1 sont tout spécialement destinés à l'usinage. Du fait du haut taux de soufre contenu, ce groupe d'aciers à une résistance moindre à la corrosion que les aciers au taux de soufre normal.

Aciers de nuance A2
Les aciers de nuance A2 sont les plus utilisés, notamment pour les équipements de cuisine, les appareils destinés à l'industrie chimique, les éléments de fixation...
Les aciers de ce groupe ne conviennent pas pour les utilisations en acide non oxydant et comprenant des agents au chlore, comme les piscines ou l'eau de mer.

Aciers de nuance A3
Les aciers de nuance A3 sont des aciers inoxydables stabilisés avec les même propriétés que les aciers de nuance A2.

Aciers de nuance A4
Les aciers de nuance A4, alliés en molybdène, sont «résistants à l'acide» et donnent une meilleure résistance à la corrosion. Cette nuance est très utilisée dans l'industrie de la cellulose puisque cette nuance d'acier est développée pour l'acide sulfurique porté à ébullition (d'où le nom «résistant à l'acide»). Il convient également dans une certaine mesure aux environnements chlorés. L'A4 est aussi fréquemment utilisé par l'industrie alimentaire et la construction navale.

Aciers de nuance A5
Les aciers de nuance A5 sont des aciers stabilisés «résistants aux acides» avec les mêmes propriétés que les aciers de nuance A4.

Les aciers inoxydables martensitiques (nuances C1 à C4)

Ces aciers contiennent en général 12 à 19% de chrome, leur teneur en carbone variant de 0,08 à 1,2%. Ils peuvent contenir du nickel et du molybdène ainsi que

certains éléments d'addition tels que cuivre, titane ou vanadium. Ils sont souvent livrés à l'état recuit. Il est évidemment recommandé de les utiliser - au même titre que les aciers pour la construction mécanique - à l'état trempé revenu, représentant le meilleur compromis entre résistance à la corrosion et propriétés mécaniques. Ils présentent un intérêt certain lorsque la température de service n'excède pas 650°C (exemple des turbines de production d'énergie).
Dans la pratique, on les utilise :

- soit après trempe et revenu de détente vers 200°C, ce qui permet de conserver la résistance mécanique maximale,
- soit après trempe et revenu entre 55° et 700°C, assurant ainsi un meilleur compromis résistance / résilience / tenue à la corrosion.

Ces aciers permettent d'associer une résistance à la corrosion intéressante à des propriétés mécaniques équivalentes à celles des aciers alliés de haut de gamme. Ils peuvent être écrouis pour l'obtention d'une meilleure résistance et sont magnétiques.

Aciers de nuance C1
Les aciers de nuance C1 ont une résistance à la corrosion limitée. Ils sont utilisés dans les pompes, les turbines et la coutellerie.

Aciers de nuance C3
Les aciers de nuance C3 ont une résistance à la corrosion limitée, même si elle est meilleure que celle des aciers de nuance C1. Ils sont utilisés dans les pompes et les valves.

Aciers de nuance C4
Les aciers de nuance C4 ont une résistance limitée à la corrosion. Ils sont destinés à l'usinage et sont, pour le reste, similaires aux aciers de nuance C1.

Les aciers inoxydables ferritiques (nuance F1)

Ce sont des alliages fer–chrome ou fer-molybdène dont la teneur en chrome varie de 10,5% à 28% et dont la teneur en carbone n'excède pas 0,08%. Ces aciers ne contiennent en général pas de nickel.
D'autres éléments d'addition – tels que Ti, Nb ou Zr – peuvent être introduits en vue d'améliorer certaines propriétés telles que soudabilité, résistance à la corrosion ou aptitude au formage à froid.
Les aciers ferritiques à teneur élevée en carbone (>20%) sont essentiellement utilisés pour leur résistance à la corrosion remarquable (super-ferritiques) et à l'oxydation à chaud.
Certaines nuances alliées au molybdène et/ou au titane possèdent une résistance à la corrosion comparable à celle des aciers austénitiques.
Ces aciers ne prennent pas la trempe et sont utilisés à l'état recuit. Ils sont très sensibles au grossissement de grain à haute température mais peuvent cependant être employés jusque vers 800°C en atmosphère oxydante (certains au-delà). A haute température, du fait de l'absence de nickel, ils sont souvent plus résistants aux atmosphères sulfureuses que les aciers austénitiques.
Leur fragilité à basse température les destine peu aux applications cryogéniques. Contrairement aux idées reçues, le fait que cette famille d'aciers soit magnétique n'est en aucun cas corrélé à une mauvaise résistance à la corrosion. Certaines nuances ont dans ce domaine des propriétés comparables, voire supérieures à celles des aciers austénitiques les plus courants.

Aciers de nuance F1
Les aciers de nuance F1 ne peuvent pas être écrouis normalement et devraient même dans certains cas, ne pas l'être. Les aciers de nuance F1 sont magnétiques. Les aciers de ce groupe sont normalement utilisés pour des équipements simples, à l'exception des «super-ferritiques» dont le taux de C et N est très bas. Ces aciers peuvent être utilisés dans des environnements très chlorés.

Désignation

Le système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les produits de fixation est illustré dans le tableau 2.2-1. La désignation du matériau se compose de deux groupes de caractères séparés par un trait d'union. Le premier désigne la nuance d'acier, le deuxième la classe de qualité.
La désignation des nuances d'acier (premier groupe) se compose d'une lettre qui désigne le groupe d'acier :

- **A** pour l'acier austénitique,
- **C** pour l'acier martensitique,
- **F** pour l'acier ferritique.

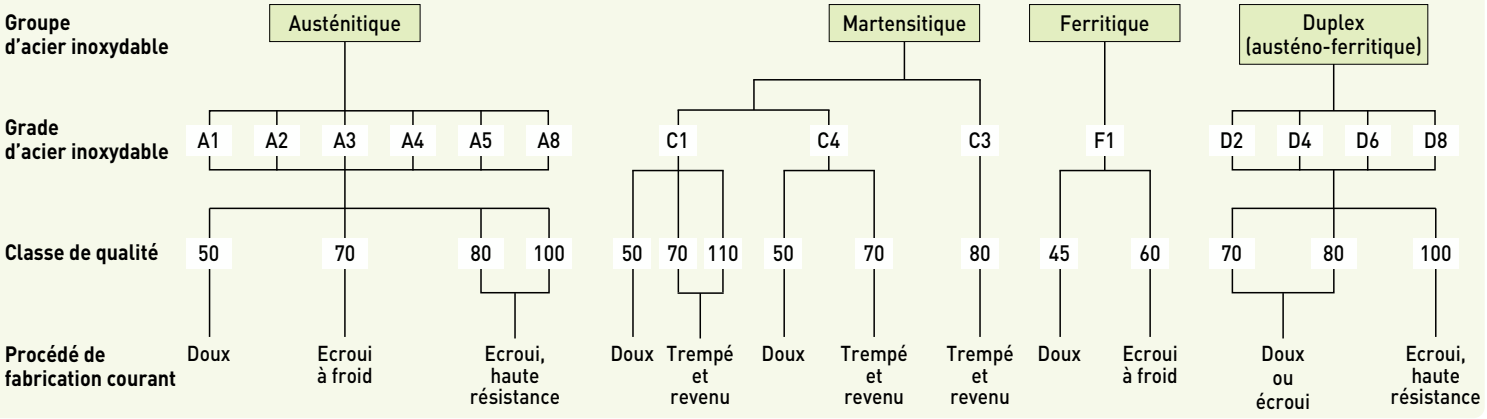
Cette lettre est suivie d'un chiffre qui désigne la variation de la composition chimique dans ce groupe d'acier.
La désignation de la classe de qualité (deuxième groupe) consiste en deux chiffres indiquant 1/10ème de la résistance à la traction de l'élément de fixation.

- **Exemple : A2-70**
  Désigne un acier austénitique écroui à froid, dont la résistance minimale à la traction est de 700 N/mm^2 (700 MPa).
- **Exemple : C4-70**
  Désigne un acier martensitique trempé et revenu, dont la résistance minimale à la traction est de 700 N/mm2 (700 MPa).

Le marquage des aciers inoxydables à faible teneur en carbone n'excédant pas 0,03% peut être complété par la lettre L : exemple A4L-80.

Avertissement : les normes de référence ISO 3506-1 et ISO 3506-2 sont actuellement en révision. Les nouvelles versions introduiront de nouvelles nuances notamment les aciers "Duplex".

2.2-1. **Système de désignation des nuances d'acier inoxydable et des classes de qualité pour les vis et goujons**



Principales caractéristiques des aciers inoxydables

2.2-2

Composition chimique (%)	Austénitiques					Martensitiques			Ferritiques
	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C3	C4	F1
C	0,12	0,1	0,08	0,08	0,08	0,09 à 0,15	0,17 à 0,25	0,06 à 0,15	0,12
Si	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mn	6,5	2	2	2	2	1	1	1,5	1
P	0,2	0,05	0,045	0,045	0,045	0,05	0,04	0,06	0,04
S	0,15 à 0,35	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15 à 0,35	0,03
Cr	16 à 19	15 à 20	17 à 19	16 à 18,5	16 à 18,5	11,5 à 14	16 à 18	12 à 14	15 à 18
Mo	0,7	- (5)	- (5)	2 à 3	2 à 3	-	-	0,6	- (6)
Ni	5 à 10	8 à 19	9 à 12	10 à 15	10,5 à 14	1	1,5 à 2,5	1	1
Cu	1,7 à 2,25	4	1	1	1	-	-	-	-
Notes	(2) (3) (4)	(7) (8)	(9)	(8) (10)	(9) (10)	(10)		(2) (10)	(11) (12)

1. Sauf indications contraires, les valeurs sont maximales.
2. Le soufre peut être remplacé par le sélénium.
3. Si Ni < 8%, le Mn doit être de 5%.
4. Pas de limite de Cu pourvu que Ni > 8%.
5. Le fabricant peut choisir d'inclure du Mo. Toutefois si certaines applications exigent une limitation, elle doit être stipulée à la commande.
6. Le fabricant peut choisir d'inclure du Mo.
7. Si Cr <17%, le Ni doit être de 12% minimum.
8. Pour les aciers austénitiques au C maximum de 0,03%, la teneur en azote est limitée à 22%.
9. Doit contenir du Ti ≥ 5xC jusqu'à 0,8% maximum pour stabilisation et doit être marqué selon ce tableau ou doit contenir du niobium (colombium) et/ou du tantale ≥10xC jusqu'à 1% maximum pour stabilisation et être marqué selon ce tableau.
10. Le fabricant peut choisir d'augmenter la teneur en carbone lorsque que l'obtention des caractéristiques mécaniques pour les diamètres supérieurs l'exige mais ne doit pas dépasser 0,12% pour les aciers austénitiques.
11. Peut contenir du Ti ≥ 5xC jusqu'à 0,8% maximum.
12. Peut contenir du niobium (colombium) et/ou du tantale ≥10xC jusqu'à 1% maximum.

2.2-3

Aciers inoxydables	Ferritiques et semi-ferritiques	Austénitiques					Martensitiques	A durcissement structural	Réfractaires
		Sans molybdène	Avec molybdène	Stabilisés	A bas taux de carbone	Austéno-ferritiques			
Exemples de nuances d'aciers inoxydables									
NFA	Z8C17	Z6CN18-10	Z6CND17-11	Z6CNT8-10	Z3CN18-10	Z5CND27-05Az	Z20C13	Z7CNU17-04	Z12CN25-20
DIN	1.4016								
AISI	430								
Caractéristiques mécaniques									
Résistance Rm	+ +	+ +	+ +	+ +	+	+ + +	+ + +	+ + + +	+ +
Résistance Re	+ +	+	+	+	+	+ +	+ + +	+ + + +	+ +
Dureté	+ + +	+	+	+	+	+ + +	+ + + +	–	–
Résilience	+	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+	+	+ +
Usinabilité	+ +	+	+	+	+	+	+ + +	+	+
Soudabilité	+	+ +	+ +	+ +	+ + +	+ +	–	–	+ +
Trempabilité	+	+	+	+	–	+	+ + + +	+	+
Amagnétisme	–	+	+ + +	+	+	–	–	–	–
Résistance à la corrosion									
A froid	+	+ + +	+	+ + +	+ +	+ +	+ +	+ + + +	+ + +
A température ambiante	+	+ +	+ + +	+ + +	+ +	+ + +	+ + +	+ + + +	+ + +
A chaud	+	+	+	+ +	+ +	+ + +	+ + +	+ + + +	+ + + + +
Aux piqûres	+	+	+ + +	+	+	+ + +	–	+ + +	+ + +
Intergranulaire	+	–	–	+ + +	+ + +	–	–	+ + +	+ + +
Sous contrainte	+	–	–	–	–	+ + +	–	+ + +	+ + +

– mauvais, + faible, + + modéré, + + + bon, + + + + élevé, + + + + + excellent

2.2-4 **Désignations courantes [a] des principaux aciers inoxydables utilisés pour les fixations et pour la frappe, le forgeage ou l'extrusion à froid — Grades austénitiques**

Type de grade	Symbole [b]	ISO 15510 Numéro d'acier	Désignation européenne		Désignation dans les normes ASTM UNS	Désignation courante aux États-Unis	Grade inclus dans la norme de référence
			Numéro d'acier	Désignation de l'acier			
Austénitique resulfuré	A1	4305-303-00-I	1.4305	X8CrNiS18-9	S30300	303	EN 10088-3, ISO 15510
	A1	4570-303-31-I	1.4570	X6CrNiCuS18-9-2	—	303Cu[c]	EN 10088-3, ISO 15510
Austénitique pour usage général	A2L	4307-304-03-I	1.4307	X2CrNi18-9	S30403	304L	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A2L	4306-304-03-I	1.4306	X2CrNi19-11	S30403	304L	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	A2L	4311-304-53-I	1.4311	X2CrNiN18-9	S30453	304LN	EN 10088-3, ISO 15510
	A2	4301-304-00-I	1.4301	X5CrNi18-10	S30400	304	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A2	4567-304-30-I	1.4567 [d]	X3CrNiCu18-9-4	S30430	304Cu	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A2	—	1.4560	X3CrNiCu19-9-2	—	304Cu	EN 10088-3, EN 10263-5
	A2	4303-305-00-I	1.4303	X4CrNi18-12	S30500	305	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A3	4550-347-00-I	1.4550	X6CrNiNb18-10	S34700	347	EN 10088-3, ISO 15510
	A3	4541-321-00-I	1.4541	X6CrNiTi18-10	S32100	321	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	[f]	4615-201-75-E	1.4615	X3CrMnNiCu15-8-5-3	—	201Cu	EN 10088-3, ISO 15510
	[f]	4310-301-00-I	1.4310	X10CrNi18-8	S30100	301	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
Austénitique au molybdène	A4	4401-316-00-I	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	S31600	316	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A4L	4404-316-03-I	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	S31603	316L	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5, EN 10269
	A4L	4406-316-53-I	1.4406	X2CrNiMoN17-11-2	S31653	316LN	EN 10088-3, ISO 15510
	A4L	4432-316-03-I	1.4432	X2CrNiMo17-12-3	S31603	316L	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	A4L	4435-316-91-I	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	S31603	316L	EN 10088-3, ISO 15510
	A4	4436-316-00-I	1.4436	X3CrNiMo17-13-3	S31600	316	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	A4	4578-316-76-E	1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	—	—	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	A5	4571-316-35-I	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	S31635	316Ti	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5

2.2-4 (suite)

Type de grade	Symbole [b]	ISO 15510 Numéro d'acier	Désignation européenne		Désignation dans les normes ASTM UNS	Désignation courante aux États-Unis	Grade inclus dans la norme de référence
			Numéro d'acier	Désignation de l'acier			
Super-austénitique à haute teneur en molybdène	A8	4478-083-67-U	1.4478	X2NiCrMoN25-21-7	N08367	—	ISO 15510
	A8	4529-089-26-I	1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	N08926	926[c]	EN 10088-1, ISO 15510
	A8	4547-312-54-I	1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	S31254	F44	EN 10088-1, ISO 15510
Austénitique fortement allié pour applications spéciales	SD [e, g]	4980-662-86-X	1.4980	X6NiCrTiMoVB25-15-2	S66286	A 2 8 6 Alliage 660	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10269, DIN 267-13
	S [e]	—	1.4986	X7CrNiMoBNb16-16	—	—	EN 10088-1, EN 10269, DIN 267-13
	f	4539-089-04-I	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	N08904	904L	EN 10088-3, ISO 15510
	f	4841-314-00-E	1.4841	X15CrNiSi25-21	S31400	314	EN 10088-1, ISO 15510
	f	4828-305-09-I	1.4828	X15CrNiSi20-12	—	—	EN 10088-1, ISO 15510
	f	4845-310-08-E	1.4845	X8CrNi25-21	S31008	310S	EN 10088-1, ISO 15510
Super-austénitique à haute teneur en manganèse	f	4020-241-00-X	1.4020	X13CrMnNiN18-13-2	S24100	XM28	EN 10088-3, ISO 15510
	f	4378-240-00-X	1.4378	X6CrMnNiN18-13-3	S24000	XM29	EN 10088-3, ISO 15510
Alliage de nickel	SB [e, g]	—	2.4952	NiCr20TiAl	N07080	Alliage 80A	EN 10269, DIN 267-13
	718 [g]	—	2.4668	NiCr19NbMo	N07718	Alliage 718	EN 10269, DIN 267-13

[a] Il n'y a pas de correspondance totale entre les compositions des diverses normes, mais des recouvrements importants.
[b] Symbole selon la série ISO 3506.
[c] Composition chimique non équivalente à 100%.
[d] Une teneur minimale en nickel de 8 % est courante et autorisée conformément à l'EN 10263-5.
[e] Symbole selon la DIN 267-13.
[f] Grade spécial : symbole non spécifié dans l'ISO 3506-1 et l'ISO 3506-2 ou dans la DIN 267-13.
[g] Symbole proposé dans l'ISO 3506-5.

2.2-5 **Désignations courantes [a] des principaux aciers inoxydables utilisés pour les fixations et pour la frappe, le forgeage ou l'extrusion à froid — Grades ferritiques, martensitiques et duplex**

Type de grade	Symbole [b]	ISO 15510 Numéro d'acier	Désignation européenne		Désignation dans les normes ASTM UNS	Désignation courante aux États-Unis	Grade inclus dans la norme de référence
			Numéro d'acier	Désignation de l'acier			
Acier martensitique pour usage général	C1	4006-410-00-I	1.4006	X12Cr13	S41000	410	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	C1	4000-410-08-I	1.4000	X6Cr13	S41008	410S	EN 10088-3, ISO 15510
	C1, CH0 [h]	4021-420-00-I	1.4021	X20Cr13	S42000	420	EN 10088-3, ISO 15510
	C1, CH1 [h]	4028-420-00-I	1.4028	X30Cr13	S42000	420	EN 10088-3, ISO 15510
	C1	4034-420-00-I	1.4034	X46Cr13	S42000	420	EN 10088-3, ISO 15510
	[e]	4003-410-77-I	1.4003	X2CrNi12	S41003	—	ISO 15510
	VW [d, f]	—	1.4913	X19CrMoNbVN11-1	—	—	EN 10088-1, EN 10269, DIN 267-13
	V ou VH [d, f]	4923-422-77-E	1.4923	X22CrMoV12-1	—	—	EN 10088-1, EN 10269, DIN 267-13
Martensitique à haute teneur en chrome	C3, CH2 [d]	4057-431-00-X	1.4057	X17CrNi16-2	S43100	431	EN 10088-3, ISO 15510
	[e]	4542-174-00-I	1.4542 [g]	X5CrNiCuNb16-4	S17400	17-4PH	EN 10088-3, ISO 15510
	[e]	4418-431-77-E	1.4418	X4CrNiMo16-5-1	—	—	EN 10088-3, ISO 15510
	[e]	4122-434-09-I	1.4122	X39CrMo17-1	—	—	EN 10088-3, ISO 15510
Martensitique resulfuré	C4	4005-416-00-I	1.4005	X12CrS13	S41600	416	EN 10088-3, ISO 15510
	C4	4029-420-20-I	1.4029	X29CrS13	S42020	420F	EN 10088-3, ISO 15510
Ferritique	F1	4016-430-00-I	1.4016	X6Cr17	S43000	430	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	F1	4511-430-71-I	1.4511	X3CrNb17	—	—	EN 10088-3, ISO 15510
	F1	4113-434-00-I	1.4113	X6CrMo17-1	S43400	434	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	F1	4526-436-00-I	1.4526	X6CrMoNb17-1	S43600	436	EN 10088-3, ISO 15510
	F1	4509-439-40-X	1.4509	X2CrTiNb18	S43940	441[c]	EN 10088-3, ISO 15510
	F1	4521-444-00-I	1.4521	X2CrMoTi18-2	S44400	444	EN 10088-2, ISO 15510
Ferritique resulfuré	[e]	4004-430-20-I	1.4004	X7CrS17	S43020	430F	ISO 15510
	[e]	4019-430-20-I	1.4104	X14CrMoS17	S43020	430F	EN 10088-3, ISO 15510

2.2-5 (suite)

Type de grade	Symbole [b]	ISO 15510 Numéro d'acier	Désignation européenne		Désignation dans les normes ASTM UNS	Désignation courante aux États-Unis	Grade inclus dans la norme de référence
			Numéro d'acier	Désignation de l'acier			
Duplex	D2 [h]	4482-320-01-X	1.4482 [f]	X2CrMnNiMoN21-5-3	S32001	2001	EN 10088-3, ISO 15510
	D2 [h]	4362-323-04-I	1.4362 [f]	X2CrNiN23-4	S32304	2304	EN 10088-3, ISO 15510
	D4	4162-321-01-E	1.4162 [f]	X2CrMnNiN21-5-1	S32101	2101	EN 10088-3, ISO 15510
	D4	4062-322-02-U	1.4062 [f]	X2CrNiN22-2	S32202	2202	EN 10088-3, ISO 15510
	D6	4462-318-03-I	1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	S 3 1 8 0 3 S32205	1803, 2205	EN 10088-3, ISO 15510, EN 10263-5
	D6	4481-312-60-J	1.4481	X2CrNiMoN25-7-3	S31260	SUS329J4L [j]	ISO 15510
	D8	4410-327-50-E	1.4410	X2CrNiMoN25-7-4	S32750	2507	EN 10088-3, ISO 15510
	D8	4501-327-60-I	1.4501	X2CrNiMoCuWN25-7-4	S32760	—	EN 10088-3, ISO 15510
	D8	4507-325-20-I	1.4507	X2CrNiMoCuN25-6-3	332520	—	EN 10088-3, ISO 15510

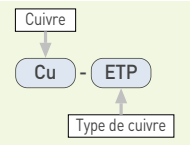
[a] Il n'y a pas de correspondance totale entre les compositions des diverses normes, mais des recouvrements importants.
[b] Symbole selon la série ISO 3506.
[c] Composition chimique non équivalente à 100%.
[d] Symbole spécifié dans l'ISO 3506-5.
[e] Grade spécial : marquage non spécifié dans l'ISO 3506-1 et l'ISO 3506-2 ou dans la DIN 267-13.
[f] Symbole selon la DIN 267-13.
[g] Appelés grades à durcissement par précipitation (PH) qui sont des aciers martensitiques avec une faible teneur en carbone, une ténacité et une résistance à la corrosion améliorées.
[h] Peut être identifié comme grade D4 lorsque Cr + 3,3 × Mo + 16 × > 24 et conformément à la série ISO 3506.
[i] Appelés grades « lean-duplex » avec des teneurs réduites en nickel et en molybdène.
[j] Selon la norme JIS G 4308.

2.3 Métaux non ferreux

Cuivre et alliages de cuivre

Cuivres affinés (NF A 51-050)

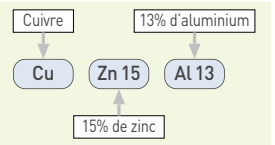
Les cuivres non alliés ont une teneur minimale en cuivre de 99,85% de la masse. Leur désignation ISO comporte le symbole chimique international de l'élément (Cu), suivi d'une série de caractères alphabétiques majuscules se référant au type de cuivre :



- **ETP** : affiné électrolytiquement, non désoxydé, à conductivité garantie,
- **FRHC** : affiné thermiquement, non désoxydé, à conductivité garantie,
- **FRTP** : affiné thermiquement, à conductivité non garantie,
- **DHP** : affiné thermiquement ou électrolytiquement, phosphore résiduel fort,
- **DLP** : affiné thermiquement ou électrolytiquement, phosphore résiduel faible,
- **OF** : désoxydé,
- **OFE** : exempt d'oxygène, de haute pureté.

Exemple : Cu-ETP

Alliages de cuivre (NF A 02-009)



La désignation des alliages de cuivre comporte le symbole chimique international Cu, suivi des symboles des éléments d'alliage et d'un nombre entier indiquant leur teneur en %.
Les éléments d'alliage sont rangés par ordre de teneurs décroissantes : alliage de cuivre à 15% de zinc et 13% d'aluminium.

Exemple : Cu Zn 15 Al 13

Propriétés : plus grande dureté que le cuivre affiné, meilleure usinabilité facilitant la mise en forme.
Si la teneur en élément d'alliage est inférieure à 1% elle n'est pas indiquée sauf pour distinguer deux nuances voisines, par exemple Cu Ag 0,05 et Cu Ag 0,1.

Cuivres alliés

Les alliages de cuivre sont appelés par le mot cupro associé à l'élément principal d'alliage (par exemple Cu Be 2 est un cupro-béryllium) sauf pour les alliages courants :

- laitons (cuivre-zinc),
- bronzes (cuivre-étain),
- maillechorts (cuivre-nickel-zinc),
- cupro-nickels (cuivre-nickel),
- zamak (cuivre-zinc-aluminium-manganèse) ...

Alliages de nickel

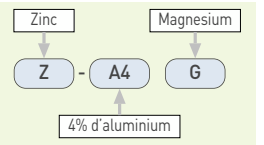
La désignation des alliages de nickel reprend le même principe que celui des alliages de cuivre.

Exemple : Ni Mo 16 Cr 15 W

Alliage de nickel à 16% de molybdène, 15,5% de chrome, 4,00% de tungstène (autres éléments : C ≤ 0,02 - Co ≤ 2,50 - Mn ≤ 1,00 - Fe ≤ 4,00).
Propriétés : excellente tenue à la corrosion.

Autres alliages non ferreux

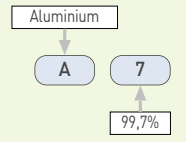
Alliages de zinc (NF A 02-004)



Exemple : Z-A4 G

Alliage de zinc à l'aluminium (4%) et au magnésium : désignation courante du zamak 3.
La norme NF A 02-004 n'est officiellement plus utilisée pour désigner les alliages d'aluminium corroyés (voir paragraphe «Produits corroyés»).

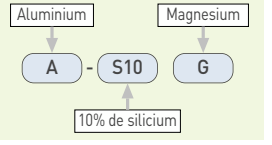
Aluminiums affinés (NF A 02-004)



La désignation d'un métal pur se fait par un groupe de lettres (symboles AFNOR) qui correspondent à ce métal, suivi d'un groupe de chiffres (de 0 à 99) qui indiquent l'indice de pureté chimique, selon un échelonnement particulier à chaque métal : **A7** pour un aluminium à 99,7%.

Exemple : A7

Alliages d'aluminium (NF A 02-004)



La désignation d'un alliage se fait par deux groupes de lettres et de chiffres :

- une lettre (ou des lettres) désigne(nt) le métal de base,
- un deuxième groupe séparé du premier par un tiret, comporte les lettres symbolisant les principaux éléments d'addition, respectivement suivis par des nombres indiquant les valeurs nominales de ces éléments.

Exemple : A-S10 G

Alliage d'aluminium de fonderie au magnésium (**G**) à 10% de silicium (**S10**).

Produits corroyés (NF EN 573-2 et NF A 02-121/1994)

• Aluminium non allié corroyé

Toutes les indications doivent être placées entre crochets et suivre la désignation à quatre chiffres. La lettre W doit être séparée de la désignation qui suit par un tiret.

Exemple : EN AW-1199[Al 99,99]

- **EN** : préfixe,
- **AW** : produit corroyé,
- **1199** : composition chimique,
- **[Al 99,99]** : désignation chimique facultative indiquant la teneur nominale de l'élément considéré.

• Alliage d'aluminium corroyé

Lorsqu'il est nécessaire de faire figurer plusieurs éléments d'addition, ces derniers sont ordonnés par teneurs nominales décroissantes ou par ordre alphabétique s'ils sont de même teneur.

Exemple : EN AW-6061[Al Mg1 Si Cu]

• Alliage d'aluminium à haute pureté

Il est nécessaire d'indiquer en clair la teneur spécifiée élevée.

Exemple : EN AW-5305[Al 99,85 Mg1]

Composition chimique des produits corroyés

Système de désignation numérique (système à quatre chiffres).

Groupe d'alliages

Le premier des quatre chiffres indique le groupe d'alliage comme suit :

- aluminium à 99,0% minimum et plus : 1xxx (série 1000)
- alliages d'aluminium groupés par éléments d'addition principaux :

2.3-1

Série	Désignation	Elément d'alliage principal	Phase principale présente dans l'alliage
1000	1xxx	Aluminium (Al) : 99% minimum	
2000	2xxx	Cuivre (Cu)	Al_2Cu - Al_2CuMg
3000	3xxx	Manganèse (Mn)	Al_6Mn
4000	4xxx	Silicium (Si)	
5000	5xxx	Magnésium (Mg)	Al_3Mg_2
6000	6xxx	Magnésium et silicium	Mg_2Si
7000	7xxx	Zinc (Zn)	$MgZn_2$
8000	8xxx	Autres éléments	
9000	-	Non utilisé	

Groupe 1xxx

Le deuxième chiffre indique les modifications dans les limites d'impuretés ou dans les éléments d'addition.

Si le deuxième chiffre est un zéro, il s'agit d'un aluminium non allié ayant des limites d'impuretés naturelles. Les chiffres 1 à 9 indiquent un contrôle spécial d'une ou plusieurs impuretés ou éléments d'addition particuliers.

Les troisièmes et quatrièmes chiffres indiquent le pourcentage minimum d'aluminium. Les deux derniers chiffres donnent la teneur en aluminium minimale au dessus de 99% à 0,01% près. Par exemple l'alliage 1350 contient au moins 99,50% d'aluminium.

Groupes 2xxx à 8xxx

Dans ces groupes, le deuxième chiffre indique les modifications de l'alliage. Si le deuxième chiffre est un zéro, il s'agit de l'alliage original. Les chiffres 1 à 9 qui sont attribués consécutivement, indiquent les modifications de l'alliage.

Les troisièmes et quatrièmes chiffres n'ont pas de signification spéciale mais servent seulement à identifier les différents alliages d'aluminium dans le groupe.

Nota : il existe un système numérique de désignation similaire pour les alliages d'aluminium de fonderie.

Etats métallurgiques des métaux et alliages non ferreux corroyés (NF A 02-006 à 008)

Il est possible d'utiliser deux modes de désignation des états métallurgiques :

- l'indice de résistance qui indique la valeur minimale de la résistance à la traction du produit,
- le symbole caractérisant les traitements thermiques et/ou mécaniques subis par le métal.

Indice de résistance

Il est composé de la lettre **R** et d'un ou deux chiffres qui indiquent la résistance à la traction minimale par 1/10 de sa valeur en N/mm^2. Cette valeur est arrondie au nombre entier supérieur lorsque le dernier chiffre est égal ou supérieur à 5.

Le cas échéant, une lettre complémentaire **A** (pour distinguer deux pièces ayant même résistance à la traction mais une limite élastique ou un allongement plus élevé) ou la lette **L** (laqué).

Exemple : 6060 R19

Alliage d'aluminium corroyé (A GS) avec Rm mini = 190 N/mm^2.

Symbole caractérisant le traitement

Il est composé :

- de l'état métallurgique de base (lettre **F**, **M**, **O**, **H**, **T** ou **W**),
- du moyen principal d'obtenir cet état (subdivisions en un ou plusieurs chiffres),

- des variantes conventionnelles en fin de désignation (voir ci-après).

Exemple : Cu Sn6 P H13

Alliage de cuivre écroui, obtenu par écrouissage, de bonne résistance.

Symbole de l'état métallurgique de base

- **F** : état brut de fabrication. Etat d'un produit obtenu par déformation plastique sans que ses caractéristiques mécaniques soient définies,
- **M** : état brut de fabrication (pour cuivre et alliages de cuivre). Etat d'un produit obtenu par déformation plastique sans que ses caractéristiques mécaniques soient définies,
- **O** : état recuit. Etat d'un produit corroyé ayant subi un recuit complet,
- **H** : état écroui : état d'un produit ayant subi des déformations plastiques en vue de lui conférer des caractéristiques mécaniques déterminées,
- **T** : état durci par traitements thermiques. Les traitements thermiques considérés sont des combinaisons de tout ou partie de l'ensemble des traitements suivants : mise en solution (séparée ou non), trempe, maturation, revenu, avec application éventuelle de déformations plastiques,
- **W** : mise en solution (trempé).

Dans le cas des aluminiums et alliages d'aluminium, les états de base **F** et **O** ne comportent pas de subdivision.
Pour les cuivres et alliages de cuivre, l'état **M** comporte des subdivisions qui permettent de différencier les états bruts de presse (1, 2 ou 3), l'état **O** comporte des subdivisions liées à la grosseur du grain (**O** et **OS**) ou liées à l'aptitude à l'emboutissage (**OX**).
Les tableaux 2.3-2, 2.3-3 et 2.3-4 reprennent les subdivisions des états **H** et **T**, les plus utilisées.

Subdivisions des états H et T, les plus utilisées

Cuivres et alliages de cuivre

2.3-2

Symbole	Première subdivision	Définition	Deuxième subdivision
H	1	Ecrouissage seul.	Les chiffres 1, 2, 3..., désignation choisie dans l'ordre numérique et pour l'ordre croissant des valeurs de résistance mécanique du métal.
	2	Ecrouissage seul suivi d'un recuit partiel.	
	3	Ecrouissage suivi d'un traitement de détente.	

2.3-3

Symbole	Première subdivision	Définition
T	A	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée.
	B	Mise en solution et trempe.
	C	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée et déformation à froid.
	D	Mise en solution, trempe et déformation à froid.
	E	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée et revenu.
	F	Mise en solution, trempe et revenu.
	G	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée, déformation à froid et revenu.
	H	Mise en solution, trempe, déformation à froid et revenu.
	K	Refroidissement contrôlé après fabrication à température élevée, revenu et déformation à froid.
	L	Mise en solution, trempe, revenu et déformation à froid.

Aluminiums et alliages d'aluminium

2.3-4

Symbole	Première subdivision	Définition	Deuxième subdivision	Définition
H	1	Ecrouissage seul.	2	Etat 1/4 dur
			4	Etat 1/2 dur
	2	Ecrouissage seul suivi d'un recuit partiel.	6	Etat 3/4 dur
			8	Etat dur
	3	Ecrouissage suivi d'un traitement de détente.	9	Etat extra-dur
T	1	Refroidi après transformation à chaud et mûri.	1	Revenu favorisant la ductibilité
	2	Refroidi après transformation à chaud, écroui et mûri.		
	3	Mise en solution séparée, trempé, écroui et mûri.	6	Revenu favorisant la résistance
	4	Mise en solution séparée, trempé et mûri.		
	5	Refroidi après transformation à chaud et revenu.	51	Relaxation par traction contrôlée
	6	Mise en solution séparée, trempé et revenu.		
	7	Mise en solution séparée, trempé et sur-revenu.	52	Relaxation par compression contrôlée
	8	Mise en solution séparée, trempé, écroui et revenu.		
	9	Mise en solution séparée, trempé, revenu et écroui.	53	Relaxation par traction-compression
	10	Refroidi après transformation à chaud, écroui et revenu.		

Modes d'obtention et états de livraison des métaux et alliages non ferreux moulés en fonction de leur traitement thermique (NF A 02-002)

2.3-5

Mode d'obtention		Etat de livraison	
Y0	Non défini.	0	Aucun traitement ou non spécifié.
Y1	Lingot.	1	Recuit.
Y2	Sable.	2	Trempé.
Y3	Coquille par gravité.	3	Trempé et revenu.
Y4	Sous pression.	4	Trempé et mûri.
Y5	Par concréfaction.	5	Stabilisé.
Y6		6	Trempé et stabilisé.
Y7	Coulée continue.	7	
Y8	Centrifugation.	8	
Y9	Suivant prescription.	9	Suivant prescription.

2.4 Matériaux thermoplastiques et thermodurcissables

Matières thermoplastiques

Les matières thermoplastiques se ramollissent sous l'action de la chaleur et durcissent en se refroidissant de façon réversible. Elles sont réutilisables.

2.4-1

Nuances et symboles	TLU [a]	T°C fusion [b]	TRP [c]	R_m (MPa) [d]	E (MPa) [e]	Densité g/cm³ [f]	Usinage [g]	Montage [h]	Utilisations
Acétate de cellulose : CA	60	260	4	30-60	2000	1,3	3	4	Jouets. Emballages.
Acrylonitrile butadiène styrène : ABS	70	150	2	18-65	2500	1,05	4	3	Carrosserie automobile. Jouets. Armoires de toilette. Planches à voile.
Polyamide (nylon) : PA 6.6	120	260	1	65	1100-2800	1,1	4	4	Roues. Engrenages. Coussinets. Clipsage.
Polycarbonate : PC	120	240	4	60	2240	1,05	4	2	Visières de casques. Vitres de sécurité. Biberons.
Polyéthylène haute densité : PEHD	80	130	2-3	25-39	500-1100	0,95	4	4	Films agricoles. Rails de glissement. Tuyaux souples. Flacons. Bidons.
Polyméthacrylate de méthyle : PMMA (plexiglas)	90	140	4	49-77	3200	1,15	4	4	Plaques pour vitres. Hublots. Optique. Eclairage automobile (plexiglas).
Polyoxyméthylène / Polyacétal : POM	110	165	1	70	3000	1,41	4	2	Eléments de machine. Robinets. Engrenages.
Polypropylène : PP	80	170	1-4	31	1200	0,9	4	4	Tuyaux. Gaines. Cordes. Films alimentaires.
Polytétrafluoroéthylène : PTFE (teflon)	260	320	-	14-50	2700-7500	2,1	4	-	Bagues. Patins de glissement. Joints. Tuyauterie.
Polychlorure de vinyle : PVC									
souple	35		1-4	10-20	25		-	-	Tubes. Tuyaux. Gaines de fils électriques.
rigide	50	200	1-4	50	2830	1,38	3	3	Gouttières. Fenêtres. Flacons.

(a) TLU : température limite d'utilisation (b) TF : température de fusion (c) TRP : transparence (d) Rm (e) E : module d'élasticité de Young (f) D : densité
(g) Usinage (h) Montage (g) 1 : difficile / (g) 2 : possible / (g) 3 : moyen / (g) 4 : bon (h) 1 : difficile / (h) 2 : possible / (h) 3 : moyen / (h) 4 : bon.

Matières thermodurcissables

Les matières thermodurcissables se ramollissent sous l'action de la chaleur et durcissent en se refroidissant de façon irréversible. Elles ne sont pas réutilisables.

2.4-2

Nuances et symboles	TLU [a]	TRP [b]	R_m (MPa)	E (MPa) [c]	Usinage [d]	Montage [d]	Utilisations
Polyépoxydes : EP	120	2	28	2400	3	3	Jouets. Emballages.
Phénoplaste : PF	120	1	30	7000	3	4	Carrosserie automobile. Jouets. Armoires de toilette. Planches à voile.
Polyester : UP	150	1	30	700	3	4	Roues. Engrenages. Coussinets. Clipsage.
Polyuréthane : PUR, rigide	105	2	1,2	700	4	-	Visières de casques. Vitres de sécurité. Biberons.
Silicone : SI	220	1	7	-	2	1	Films agricoles. Rails de glissement. Tuyaux souples. Flacons. Bidons.

(a) TLU : température limite d'utilisation (b) TRP : transparence (c) E : module d'élasticité de Young (d) 1 : difficile / (d) 2 : possible / (d) 3 : moyen / (d) 4 : bon

Classement alphabétique des symboles usuels

Matières thermoplastiques

ABS	Polyacrylonitrile-butadiène-styrène
AMMA	Polyacrylonitrile-méthacrylate de méthyle
ASA	Polyacrylonitrile-styrène-acrylate
C	Cellulose
CA	Acétate de cellulose
CAB	Acétobutyrate de cellulose
CAP	Acétoproprianate de cellulose
CMC	Carboxyméthyl-cellulose
CN	Nitrate de cellulose
CP	Proprianate de cellulose
CS	Caséine
EC	Ethyl-cellulose
EVAC	Polyéthylène-acétate de vinyle
FEP	Polyéthylène-propylène perfluoré
MBS ou SBMMA	Polystyrène-butadiène-métacrylate de méthyle
PA	Polyamide
PAN	Polyacrylonitrile
PB	Polybutène-1 ou polybutilène
PBTP	Polybutylène téréphtalate
PC	Polycarbonate
PCTFE	Polychlorotrifluoréthylène
PE	Polyéthylène
PEBD	Polyéthylène basse densité
PEHD	Polyéthylène haute densité
PEOX	Polyoxyéthylène
PET	Polyéthylène téréphtalate
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle
PMP	Polyméthyl-4-pentène-1
POM	Polyoxyméthylène / Polyacétal (Delrin)
PP	Polypropylène
PPO	Polyoxyphénylène
PPOX	Polyoxypropylène
PPS	Polysulfure de phénylène
PS	Polystyrène
PSU	Polysulfone
PTFE	Polytétrafluoroéthylène
PVA	Polyacétal de vinyle
PVAC	Polyacétate de vinyle
PVAL	Polyalcool de vinyle
PVB	Polybutyral de vinyle
PVC	Polychlorure de vinyle
PVDC	Polychlorure de vinylidène
PVDF	Polyfluorure de vinylidène
PVF	Polyfluorure de vinyle
PVFM	Polyformal de vinyle
PVK	Polycarbazol de vinyle
PVP	Polypyrrolidone de vinyle
SAN	Polystyrène-acrylonitrile
SBMMA ou MBS	Polystyrène-butadiène-méthacrylate de méthyle
SMS	Polystyrène-méthylstyrène
VCE	Polychlorure de vinyle-éthylène
VCEMA	Polychlorure de vinyle-éthylène-acrylate de méthyle
VCMA	Polychlorure de vinyle-acrylate de méthyle
VCVAC	Polychlorure de vinyle-acétate de vinyle
VCCDC	Polychlorure de vinyle-chlorure de vinylidène

Matières thermodurcissables

CF	Crésol-formol
EP	Polyépoxyde
MF	Mélamine-formol
PDAP	Polyphtalate de dialyne
PF	Phénol-formol
PI	Polyimide
PPX	Polyparaxylène
PUR	Polyuréthane
SEMP	Polymaléate-phtalate d'éthylène réticulé par le styrène silicone
SI	Silicone
UF	Urée-formol
UP	Polyester insaturé

Maurin Fixation

Pièces spéciales

Des équipes d'experts au service de solutions innovantes

- **Dédiées à des domaines pointus** tels que le ferroviaire, l'automobile ou les pièces en très grandes séries.
- Capables de traiter vos demandes **de pièces spéciales suivant plan ou cahier des charges**.
- Spécialistes **multi-compétences** et à votre écoute : en **approvisionnement, logistique, technique, commerce**...

Des réponses à vos besoins spécifiques

Grâce à notre réseau de partenaires, nous maîtrisons :

- **Les process : frappe à froid, frappe à chaud, décolletage, découpage, traitement thermique...**
- **Les produits : les éléments de fixation bâtiment et industrie** (pièces taraudées, pièces filetées, micro-visserie, boulonnerie structure acier et bois par exemple) **nécessitant des tolérances non normalisées**.

Plus de détails sur

fixation.emile-maurin.fr

> Rubrique FIXATIONS SPECIALES

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.6 Défaillance d'assemblages vissés : typologie et causes principales

6. PROFIL D'UN ÉLÉMENT FILETÉ

8. SERRAGE, AUTO-FREINAGE, GRIPPAGE

8.0 Principes mécaniques du serrage d'un assemblage vissé

12. QUALITÉ, CONTRÔLE ET NON-CONFORMITÉ

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

24 Vocabulaire du métier de la fixation

3

Process de fabrication des fixations

3.0 Process de frappe à froid

Principe

La frappe à froid est un process à haute vitesse où le fil machine (figure 3.0-7) (préalablement préparé par phosphatation) est découpé à longueur, puis déplacé à travers une succession d'outils et filières, déformant le lopin en diamètre et longueur (figure 3.0-1).

Durant les opérations, le métal est proche de sa limite élastique et conserve sa forme modifiée en sortie de filière. On ne s'approche pas de la résistance limite à la traction du métal pour éviter les ruptures.

Il existe de nombreux types de machines (figures 3.0-4 et 3.0-5), adaptés aux pièces à produire :

- capacité de diamètre (2 mm à 48 mm),
- capacité de longueur (2 mm à 300 mm et plus),
- force de frappe (de 5 tonnes à 1600 tonnes),
- type de transfert : «universel», «parallèle» ou «prise-mouvement-place»,
- les machines de frappe peuvent être à 2, 3, 4 ,5 voir 6 frappes simultanées, assorties à un nombre de filières variable (1 à 6) (figure 3.0-6).

Quelques chiffres qui parlent ...

Une machine de frappe est une grosse presse horizontale qui coûte de 300 000 à 1 million d'euros.

La cadence de production est très élevée : elle peut frapper de 20 coups/minutes (vis en acier inoxydable de gros diamètre par exemple) jusqu'à 800 coups/minutes (vis pour matériaux tendres de diamètre 4 mm par exemple), et donc de fabriquer jusqu'à 800 fixations par minute.

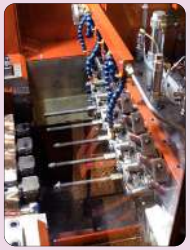
La production d'une machine de frappe est de l'ordre de 1 à 10 tonnes de fixations par jour.

Source illustrations: National Machinery.

3.0-1 **Déformation du lopin**

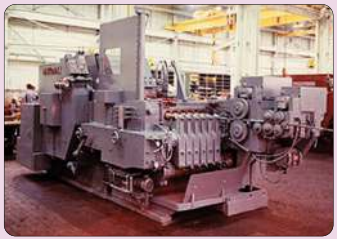
3.0-2 **Guidage du fil : introduction**

3.0-3 **Guidage du fil : transfert**



3.0-6 **6 filières et 6 frappes**

3.0-4 **6 filières et 6 frappes «Formax»**



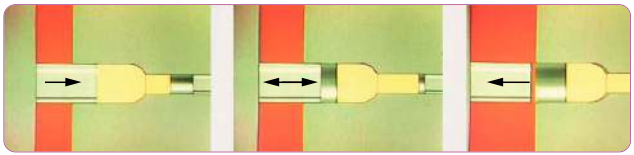
3.0-5 **6 filières et 6 frappes**

3.0-7 **Bobine de fil**

Principales étapes

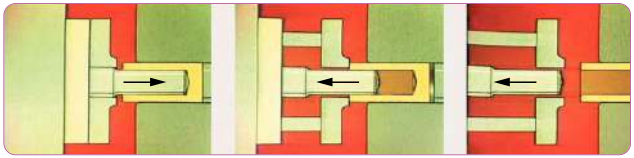
La frappe à froid d'un matériau donné est conditionnée par les propriétés mécaniques de celui-ci. Ces propriétés déterminent les «règles» pour former les pièces, toutes basées sur trois méthodes de base.

3.0-8



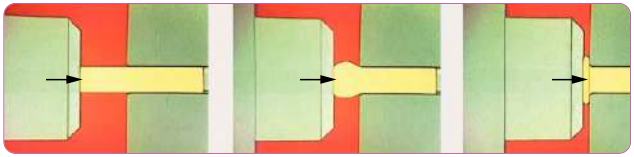
Extrusion (filage) avant
Méthode pour réduire le diamètre, où le pourcentage de réduction est libre ou limité par la capacité du matériau à entrer dans une filière de diamètre plus faible.

3.0-9



Extrusion (filage) arrière
Méthode pour réaliser des trous, où le matériau est poussé en arrière autour d'un outil pénétrant (formation d'empreinte)

3.0-10



Compression (refoulement)
Méthode pour former la tête des fixations : un volume de matière prédéfini sur lopin est compressé sur la face de la matrice, de forme plate ou spécifique en fonction de la forme de tête souhaitée.

3.0-11 **Exemple de gamme de déformation à froid**

Découpage du fil pour obtention d'un lopin

Opération de frappe pour formation du corps et fût de la vis

Ebauche de la tête de vis et marquage

Découpe du six pans et formation du pas de vis

3.1 Process de frappe à chaud (forge)

Principe

La frappe à chaud est un process à faible cadence, où l'on déforme un lopin préalablement chauffé par induction électrique afin d'en faciliter sa transformation à la presse. C'est une sorte d'estampage pour lequel on utilise de grandes presses à vis qui ont l'avantage d'avoir un effet combiné de frappe et de pression.
La première phase de l'opération de frappe provoque l'écoulement de la matière. La pression qui suit assure le remplissage complet du moule.

Cette technique est surtout utilisée pour des petites séries et des pièces de grandes dimensions. Elle est aussi utilisée quand on cherche à obtenir des pièces de grande résistance. En effet, la déformation ayant lieu à chaud, lorsque la matière est malléable, on diminue les risques de tapure de frappe.

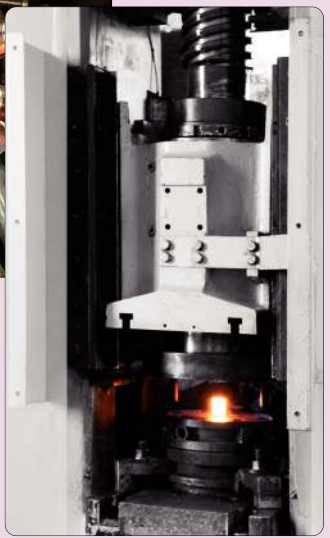
Avantages de la forge à chaud :
- des tolérances serrées se rapprochant de la frappe à froid,
- un outillage souvent unique pour faire l'ébauche et la finition de la forme,
- des temps de montages courts pour des séries économiquement inférieures à 500 pièces et des délais très courts,
- la possibilité de travailler tous les types d'acier,
- la capacité de forger les vis de gros diamètre et les ébauches de pièces diverses pour les usineurs.

Si la commande le précise, des essais réalisés par des organismes reconnus (CETIM, etc) valident les résultats obtenus.

3.1-1 **Chauffage du lopin**

3.1-2 **Formation d'une tête de vis**

3.1-3 **Lot en sortie de forge**



3.1-4
Forge à chaud en exploitation

3.2 Process de découpage / emboutissage

Découpage

L'opération consiste à découper, en partant d'un métal en feuille (en flan ou en rouleau), des pièces comportant un contour déterminé (avec ajours et pliage éventuellement), au moyen d'une presse équipée d'outillages spéciaux.
C'est le procédé le moins coûteux et le plus rapide pour obtenir un profil donné dans un produit plat.

Les progrès obtenus dans la technique du découpage permettent fréquemment de réaliser simultanément des opérations telles que cambrage, encochage, roulage, pliage, poinçonnage, en automatique.

Les cadences varient en fonction de la pièce à produire. Elles peuvent être de quelques dizaines à plus de 1000 coups/minute. A titre d'exemple, il est possible de citer en pièces types : les contacts électriques, les rotors et stators de moteurs électriques, les charnières, les rondelles plates...

Emboutissage

L'emboutissage consiste à faire subir à une feuille ou un flan de métal, une déformation permanente et progressive par des moyens mécaniques, en vue d'obtenir une pièce à surface non développable.

L'opération est réalisée sur une presse mécanique ou hydraulique, équipée d'outillages spéciaux qui peuvent, dans certains cas, combiner plusieurs fonctions.

Parmi les exemples les plus caractéristiques, citons : la carrosserie automobile, la cocotte minute, les casques, les rondelles coniques...

Découpe laser

Le découpage laser est un procédé de fabrication qui utilise un laser pour découper la matière (métal, bois...) grâce à la grande quantité d'énergie concentrée sur une très faible surface.
En général, le laser est pulsé (source de type YAG) ou continu (source CO_2). Actuellement, les lasers à source CO_2 sont largement majoritaires en France. Ils permettent en effet de découper beaucoup plus de matériaux et à une vitesse plus élevée que les lasers pulsés. Les lasers utilisés couramment ont une puissance de 1500 watts mais les sources peuvent varier de quelques watts à plus de 4 kW. La puissance doit être adaptée en fonction du matériau et de l'épaisseur à découper.

3.2-1. **Presse de découpe**

3.2-2 **Pièces découpées**

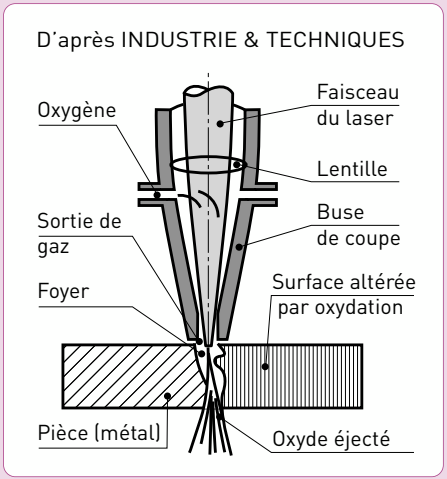
Ce procédé permet une découpe précise, nette et rapide de nombreux matériaux jusqu'à 20 mm. La découpe se fait sans effort sur la pièce et la zone affectée thermiquement (ZAT) est assez faible (de l'ordre de 5/10 de mm sur les métaux) ce qui permet d'avoir des pièces très peu déformées. La réalisation de trou est facile mais leur diamètre doit être au moins égal à l'épaisseur de la tôle. Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser un gaz additionnel dans la zone de découpage pour en améliorer l'efficacité. Certains matériaux, comme l'aluminium ou le cuivre, sont toutefois plus durs à découper au laser à cause de leur fort pouvoir réfléchissant. Souvent, il est aussi possible de graver (texte, etc.) avec la même machine.

Le découpage laser a été utilisé dans l'industrie à partir des années 1980. Depuis il s'est répandu et banalisé. Dans le secteur de la transformation des métaux, il est complémentaire d'autres procédés comme le découpage par poinçonnage. Alors que celui-ci est tributaire de la forme de l'outil utilisé, le découpage laser permet de faire varier à volonté la forme découpée. A cette fin, les machines de découpe laser sont programmables. Les performances de la découpe laser sont en constante évolution : diversification des matériaux métalliques (aciers, puis alliages d'aluminium,...) et augmentation de l'épaisseur de la tôle découpable, jusqu'à plusieurs centimètres. Ces évolutions sont liées notamment aux progrès réalisés en matière de sources laser.

3.2-6 **Equipement de découpe laser**

3.2-4 **Presse d'emboutissage**

3.2-3 **Pièces embouties**



3.2-5 **Schéma de principe de la découpe laser**

3.3 Process par frittage

Frittage

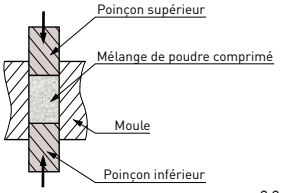
Le procédé consiste à :
- préparer une poudre ou un mélange de poudre généralement métallique,
- comprimer cette poudre dans un moule (phase de compression / figure 3.3-1),
- chauffer dans un four sous vide ou à atmosphère contrôlée à une température inférieure à celle de l'élément principal (phase de frittage).

Epaulement et dépouilles
Pour les pièces non épaulées, la dépouille n'est pas nécessaire (les forces d'éjection sont supérieures aux forces de frottement) (figure 3.3-2). Pour les pièces épaulées ou comportant des embrèvements, des dépouilles minimales de 3° sont nécessaires (figure 3.3-3).

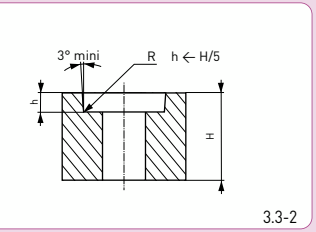
Chanfreins
Casser l'angle vif par un méplat de 0,1 (la fragilité des poinçons est diminuée) (figure 3.3-4). De préférence choisir des chanfreins à 60° (figure 3.3-5).

Rayons
Comme pour les chanfreins, on réalise un méplat de 0,1 (figure 3.3-6). Le dessinateur peut exécuter des rayons tangents à la face et au cylindre en lieu et place des chanfreins (figure 3.3-7).

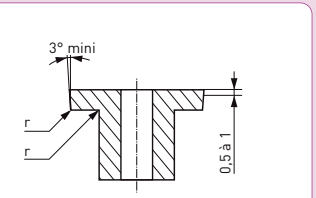
D'après la Fédération des Chambres Syndicales des Minerais et des Métaux non ferreux.



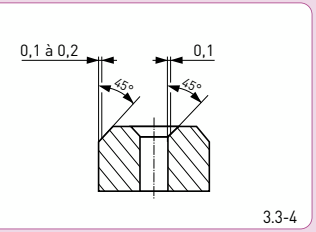
3.3-1



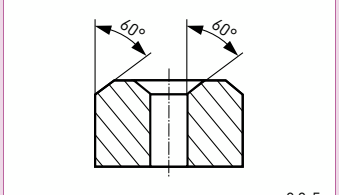
3.3-2



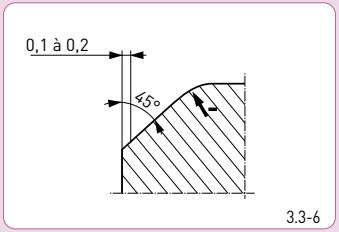
3.3-3



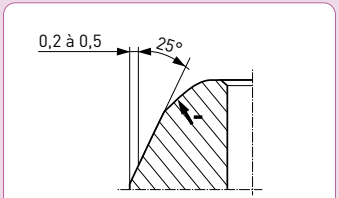
3.3-4



3.3-5



3.3-6



3.3-7

3.4 Process par estampage et matriçage

Le terme d'estampage s'applique au forgeage mécanique des aciers. Le terme de matriçage s'applique au forgeage mécanique des métaux non ferreux.

L'orientation du fibrage est la particularité du process d'estampage / matriçage, ce qui améliore la tenue mécanique des pièces par rapport à un process de moulage. Cette amélioration nécessite d'orienter le fibrage en fonction des directions des contraintes auxquelles les pièces seront soumises.

Le procédé consiste à chauffer un lopin de métal à une température adaptée et à l'écraser entre deux matrices gravées conformément aux formes définitives à obtenir. Il nécessite de lourds investissements et des outillages onéreux (tableau 3.4-1).

3.4-1

Engin	Dépouille intérieure			Dépouille extérieure		
	Pente	Angle	Domaine	Pente	Angle	Domaine
Pilon				16%	9°	Pour nervures de forte hauteur
	16%	9°	Valeur normale	10%	6°	Valeur normale
	10%	6°	Pour noyaux de faible hauteur	5%	3°	Pour pièces de révolution de faible hauteur
Presse à forger verticale	16%	9°	Pour des creux profonds	10%	6°	Pour pièces de révolution de faible hauteur
	10%	6°	Valeur normale	5%	3°	Valeur normale
	5%	3°	Avec éjecteur	2%	1°	Avec éjecteur
Machine à forger horizontale	2 à 5%	1 à 3°	Selon la profondeur du trou borgne ou du débouchage	5%	3°	Pour poinçons du coulisseau principal
				2%	1°	Valeur normale
				0%	0°	Pour outils du coulisseau secondaire

La dépouille est l'angle que font les parois de la matrice avec la direction de son déplacement. Elle aide le métal à pénétrer au fond des gravures et facilite l'extraction de la pièce.

Variation de section

Il convient de raccorder les différentes sections de la pièce par des congés.

Les variations brusques de sections voisines sont à éviter car elles sont la cause de difficultés de réalisation et de pertes de métal qui se transforment en bavures. Dans ce cas, l'ébauche ne peut épouser la forme de la matrice de finition. Une forme conçue avec des arrondis les plus grands possibles permet un bon écoulement du métal au moment du forgeage et assure une durée de vie optimisée aux outillages.

Arrondi d'arêtes saillantes (tableau 3.4-2)

Plus les rayons sont faibles, plus il faut appliquer un effort de forgeage important et plusil existe un risque de dégrader les matrices.

Rayon des noyaux (tableau 3.4-3)

La pénétration d'un noyau de matrice en forgeage provoque un mouvement de métal où celui-ci est gêné dans son expansion par une paroi latérale. Après remplissage, il peut se produire une crique ou une amorce de crique. C'est la valeur du rayon du congé qui détermine le niveau risque et gravité du défaut. Ce rayon r se détermine en fonction de l'épaisseur de la toile e, de sa hauteur h et du diamètre du noyau (tableau 3.4-3).

Toile (tableau 3.4-4)

Les toiles sont des parties de pièces résultant du rapprochement de deux noyaux l'un vers l'autre. Elles peuvent être de forme ronde, annulaire, carrée, rectangulaire mais sont toujours plates. Leur épaisseur minimale est déterminée par la résistance mécanique des noyaux de la matrice (et non par la puissance de l'engin de mise en forme).

Les valeurs ci-dessous, exprimées en mm, sont des minimaux, imposant l'utilisation de deux matrices de pour leur obtention. Les petites séries nécessitent un doublement de ces valeurs. Elles sont déterminées en fonction de la dimension horizontale la plus faible de la toile l et selon la matière.

3.4-2

Métal et température de forgeage	Acier au carbone 1050°C	Aciers légers 470°C	Laiton 670°C	Cupro-aluminium 850°C
R_1 minimum (1)	D x 0,013	D x 0,018 (2)	D x 0,008	D x 0,011
R_2 minimum (1)	D x 0,018	D x 0,025 (2)	D x 0,011	D x 0,015

1. R_1 est le rayon de l'arête côté intérieur et R_2 celui de l'arête côté extérieur.
2. Ces valeurs sont aussi à utiliser pour des aciers fortement alliés au tungstène et molybdène.

3.4-3

Diamètre ou largeur du noyau		12	18	22	30	36	45	58	70	90	110
h = 8	e = 3	4	4	4,5	5	6,5					
	e = 4		3,5	4	4,5	5,5	7,5	8			
	e = 5				4	4,5	6,5	7	9		
h = 11	e = 3	4	4,5	5	6	7					
	e = 4		3,5	4	5	6	8,5	9			
	e = 5					5	7,5	8	10		
h = 14	e = 3	5	5,5	6	7	8					
	e = 4		4,5	5	6	7	8	10			
	e = 5					6	7	9	11		
h = 18	e = 3		6	6	8	9	10				
	e = 4		4,5	5	7	8	10				
	e = 5			4	5,5	7	9	10	11	12,5	
h = 22	e = 3			6,5	9	10	11				
	e = 4			5,5	8	9	10	12			
	e = 5				7	8	9	11	12	14	17
h = 28	e = 4				10	12	13	14			
	e = 5				10	11	12	13	14	16	
	e = 6				8	9	10	11	12	14	18
h = 36	e = 5					13	14	15	16		
	e = 6						13	14	15	17	21
	e = 7						12	13	14	15	19
h = 45	e = 7						16	17	19	21	
	e = 8						15	16	18	19	22
	e = 9						13	14	16	18	20

Dimensions en mm.

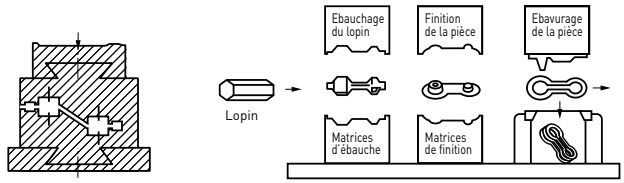
3.4-4

Valeur de l	0 à 40	41 à 65	66 à 100	101 à 140	141 à 190	191 à 235	235 à 300	301 à 360	361 à 455
Acier	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duralumin	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	11	12
Laiton	1,4	2,1	2,8	3,6	4,3	5	5,7	6,4	7,2
Bronzes d'aluminium	1,7	2,5	3,4	4,2	5	6	6,8	7,6	8,5

Surépaisseur d'usinage

Il convient de prévoir 1 à 2 mm sur chaque face usinée en sus de la dépouille (pour des pièces jusqu'à 120 mm de plus grande dimension, cette surépaisseur étant à majorer au-delà) .

Principes de déformation



3.4-5

3.5 Process par usinage

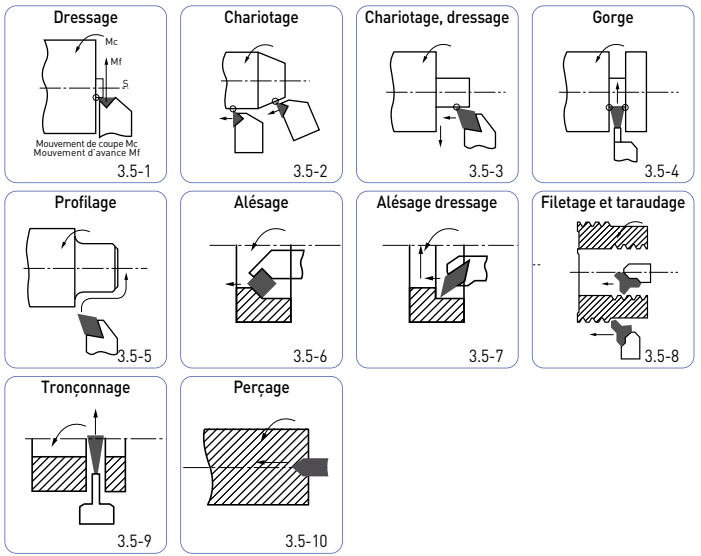
Le principe de l'usinage est d'enlever de la matière de façon à donner à la pièce brute la forme voulue, dans un niveau de précision et d'état de surface correspondant aux spécifications, le tout au moyen de machines-outils. Lors de l'usinage d'une pièce, l'enlèvement de matière est réalisé par la conjonction de deux mouvements relatifs entre la pièce et l'outil : le mouvement de coupe et le mouvement d'avance.

Il existe deux manières de générer la surface recherchée :

- par travail de forme : c'est la forme tranchante de l'outil qui conditionne la surface obtenue,
- et par travail d'enveloppe : c'est la conjonction des mouvements de coupe et d'avance qui définit la surface finale.

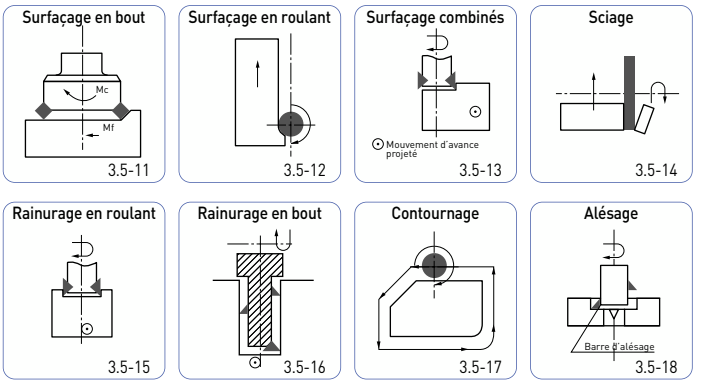
reprise d'usinage : les pièces préalablement frappées peuvent être reprises par des opérations de tournage, perçage, fraisage ou par rectification.

Tournage : principales opérations

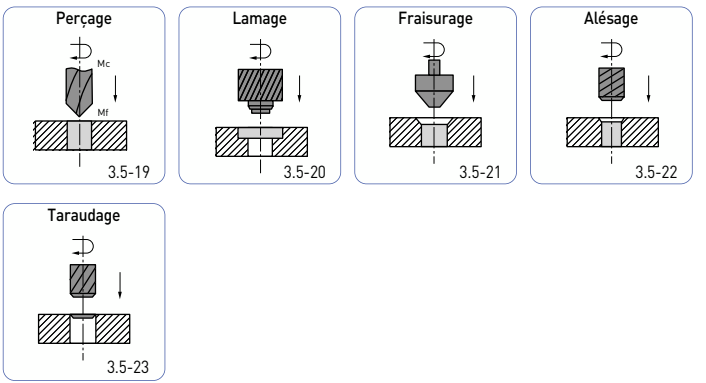


Le tournage permet d'obtenir des surfaces de révolution et le fraisage des surfaces planes. Le perçage permet l'assemblage ou le montage ultérieur des pièces obtenues ; la rectification est une opération complémentaire afin d'obtenir le niveau souhaité d'état de surface.

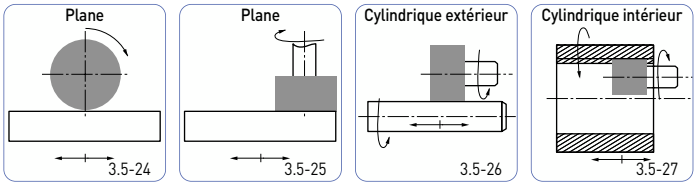
Fraisage : principales opérations



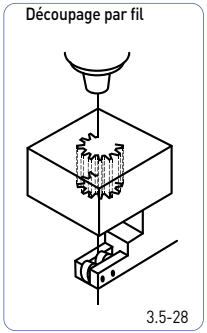
Perçage : principales opérations

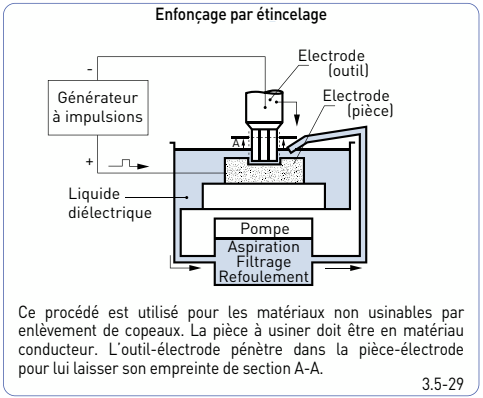


Rectification : principaux types



Electro-érosion (rectification par électro-érosion, usinage de précision)





Ce procédé est utilisé pour les matériaux non usinables par enlèvement de copeaux. La pièce à usiner doit être en matériau conducteur. L'outil-électrode pénètre dans la pièce-électrode pour lui laisser son empreinte de section A-A.

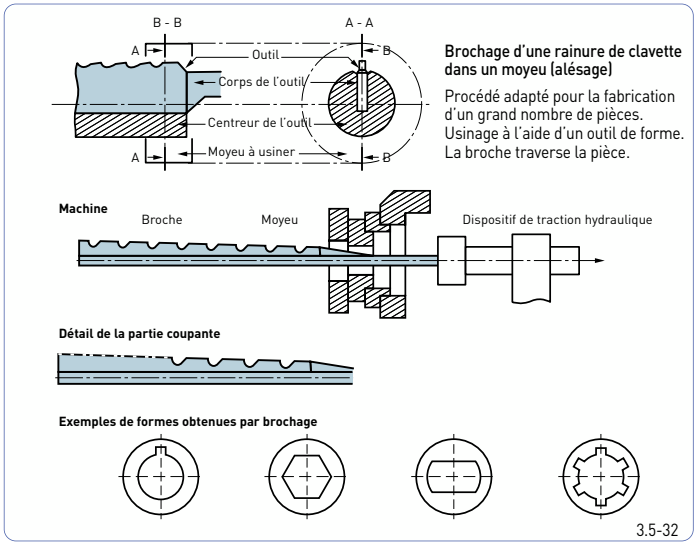
3.5-29

Fluoperçage

Procédé de perçage par l'intermédiaire d'un outil céramique type fluoperceur, par refoulement de matière. Excellente qualité du diamètre fluopercé. Absence totale de calamine. Outil réaffûtable. Aucune lubrification. Se réalise sur perceuse à colonne ou centre d'usinage et permet d'obtenir des fûts d'une certaine hauteur pouvant servir de taraudage.

Brochage

Exemples de formes obtenues par brochage.



3.6 Process par injection

Principe du moulage des matières plastiques par injection (figure 3.6-1)

L'injection est le principal process de mise en œuvre des matières thermoplastiques, notamment parmi les procédés discontinus.

Son avantage principal réside dans une mise en œuvre économique, des cadences et tailles de série très importantes et très peu ou pas d'opération de finition.

Le process permet l'obtention de pièces de grande complexité en combinant plusieurs fonctionnalités.

Sous forme de granulés, la matière est introduite dans l'extrudeuse à travers la trémie (1) puis est plastifiée dans le fourreau (2) à l'aide de résistances chauffantes et d'une vis de plastification (3).

Contrairement à l'extrusion, cette vis peut se déplacer en translation et en rotation. Le mouvement de cette «vis piston» est assuré par un moteur hydraulique (4). Il permet deux phases distinctes :

- une phase de dosage : la vis recule avec un mouvement de rotation, jusqu'à ce que la quantité nécessaire de matière soit amenée et «stockée» en bout de vis ;
- une phase d'injection : la vis avance avec un mouvement de translation, de façon à injecter la matière stockée à travers la buse d'injection (5), jusque dans le moule (6). Un clapet anti-retour (7) sur la vis empêche le reflux de matière vers l'arrière.

Une vis d'injection est généralement polyvalente et capable de produire des pièces avec une grande variété de matière. En effet la capacité de plastification a une importance minime, le temps de dosage étant négligeable par rapport au temps de cycle. Lors de l'injection, les pressions en bout de vis sont très élevées, typiquement de 500 à 1000 bars. Le fourreau est généralement dimensionné pour supporter 1500 bars. Compte tenu des pertes de charges, les pressions dans le moule sont plus faibles, mais encore très élevées de l'ordre de 300 à 700 bars.

Dans le cycle du procédé, il est intégré un aller-retour de l'ensemble fourreau-trémie-moteur pour que la buse soit accolée au moule juste au moment de l'injection, évitant ainsi la formation de bouchons de matière solidifiée et le chauffage inutile du moule. L'ensemble est appelé le ponton (8).

Au moment de l'injection, il faut éviter que le moule ne s'ouvre sous l'effet de la pression dans celui-ci. Il faut donc appliquer au moule une force au moins supérieure à la force d'ouverture, à l'aide d'un vérin hydraulique de verrouillage (9).

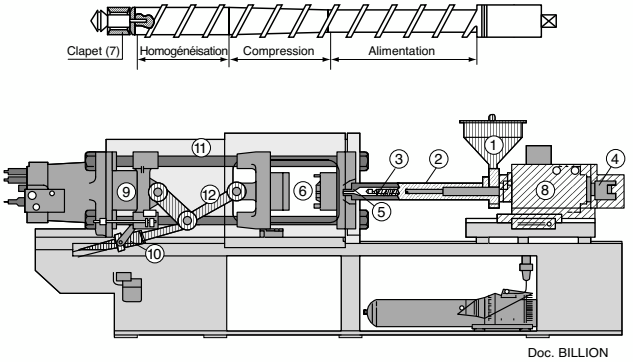
Pour ouvrir ou fermer le moule, un vérin de fermeture (10) est associé au vérin de verrouillage. La partie mobile du moule coulisse le long de colonnes (11). Il existe plusieurs systèmes de fermeture, notamment avec genouillère (12).

Après refroidissement des pièces (phase de solidification) et l'ouverture du moule, les pièces sont éjectées.

Détail du cycle d'injection (figure 3.6-2)

Aux étapes 3, 4, 6 et 7, au niveau du bloc d'injection correspondent des positions différentes de la vis :

- en début de cycle, la vis est reculée au maximum, de façon à stocker en bout de vis la quantité de matière d'œuvre nécessaire,
- lors de **l'étape 3**, l'injection, la vis avance en translation de façon à évacuer cette matière vers le moule. Cette étape est contrôlée par la programmation de **vitesses hydrauliques d'injection**. On dit qu'il s'agit d'une phase dynamique.



Doc. BILLION

3.6-1

Selon les possibilités de la presse et en fonction de la pièce à réaliser, il existe habituellement au moins trois paliers, selon le profil «lent/rapide/lent». Le meilleur compromis permet d'obtenir un remplissage aussi rapide que possible tout en évitant la dégradation de la matière (début de remplissage, passage du seuil), et en obtenant des pressions dans l'empreinte pas trop élevées (fin de remplissage).

La pression dans le vérin d'injection est donc une valeur lue (non programmée) qui découle de ces vitesses et de la viscosité de la matière.

- **En fin de phase 3**, la vis est stoppée lorsqu'elle atteint **le point de commutation**, auquel est associée la course de commutation. Celle-ci est habituellement de l'ordre de 10 à 15% de la course de dosage.

  Le point de commutation définit le passage de la phase d'injection à la phase de maintien. Un remplissage de 100% de l'empreinte est obtenu, tout en évitant le surcompactage (ou surdosage).

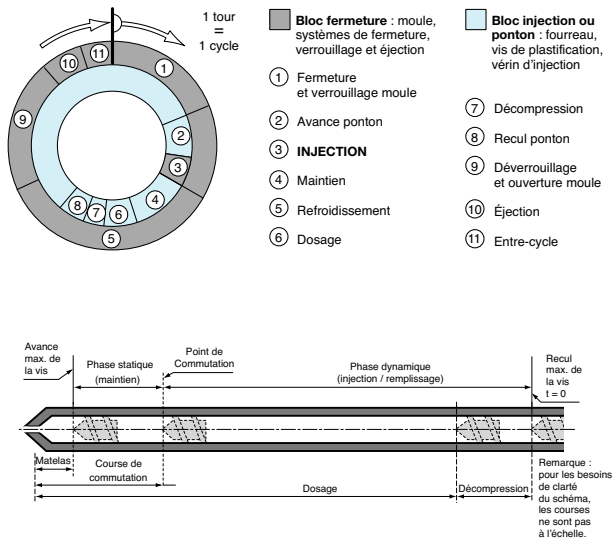
- **A l'étape 4**, débute la phase de maintien (ou phase statique), contrôlée par des paliers de **pression de maintien**, plutôt que par des vitesses hydrauliques.

  Ceux-ci permettent de compenser le retrait de la matière dans l'empreinte, jusqu'à la solidification totale. La vis avance très légèrement de façon à ce que l'apport de matière puisse conserver un volume constant de la pièce à réaliser. L'opération est délicate, car il s'agit d'éviter d'introduire des contraintes internes au sein du matériau.

  En fin de course, la position la plus avancée de la vis durant le cycle permet d'obtenir le **matelas**. C'est une réserve de matière permettant de rendre effective la pression de maintien.

- **En phase 6**, le **dosage** est effectué de façon à stocker à nouveau en bout de vis la quantité de matière nécessaire au cycle suivant. La vis de plastification recule avec rotation. Les paramètres contrôlant cette phase sont d'une part la **vitesse de rotation** de la vis, et d'autre part la **contrepression**. Cette dernière permet de freiner le recul de la vis, ce qui favorise le stockage d'une matière de meilleure qualité en bout de vis (meilleure plastification, pas d'entraînement d'air,...).

- **En phase 7**, la décompression consiste à faire reculer la vis sans rotation, une fois le dosage effectué. La matière plastifiée en bout de vis est décompressée, car il n'y a pas d'apport supplémentaire, ce qui évite de la faire sortir de la buse. Cela permet le recul du ponton et évite la formation de «bouchons».



3.6-2

3.7 Process de filetage roulé

Historique

Les premiers essais de roulage des filets datent du début du 19e siècle. La mise en pratique, limitée à la fabrication de vis, boulons et rivets a commencé industriellement au début du 20e siècle. Mais avec des résultats médiocres du fait d'un défaut de maîtrise de la matière première, de l'usinage et de la précision de l'outillage. Les améliorations apportées ont permis une adoption de ce process dans les années 30, puis une généralisation durant la seconde guerre mondiale.

Principe du roulage

Le roulage consiste à former une pièce de révolution sans copeaux, par déformation. Un outillage spécifique constitué de deux cylindres, appelés molettes, comportant le même profil que la pièce à réaliser, est placé dans une machine comparable à une presse. Les molettes se rapprochent de la pièce en tournant et pénètrent la matière, entraînant la rotation de la pièce, jusqu'à la déformer et reproduire leur profil sur celle-ci. Au cours du roulage, une lubrification abondante est nécessaire.

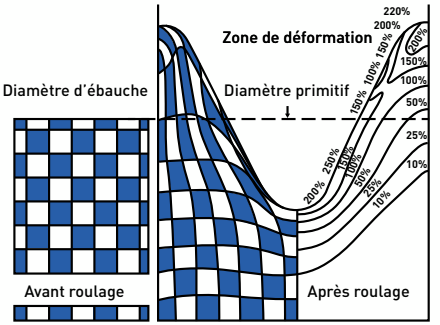
Par ce procédé, le diamètre hors tout de la pièce augmente, le creux du filet entraînant des excroissances de matière pour former la tête du filet (3.7-1).

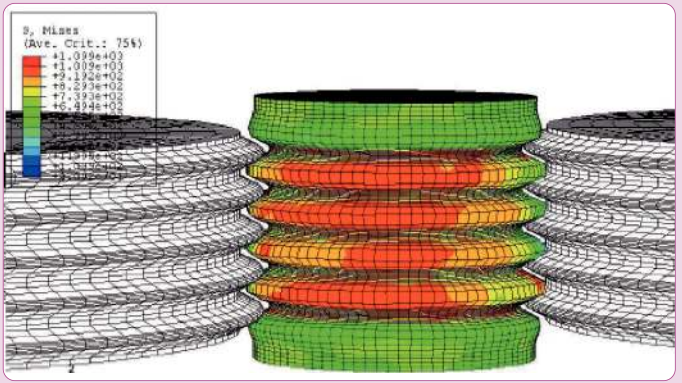
Il existe deux variantes de cette technique de roulage à deux molettes :

- **le roulage en plongée** : la vis est filetée sans se déplacer et la longueur du filetage dépend de la largeur des molettes. L'angle d'hélice des molettes est égal à l'angle d'hélice de la vis et le diamètre des molettes est un multiple exact du diamètre de la vis. Cette technique est utilisée pour le filetage des vis, notamment celles issues de la frappe à chaud (3.7-2 et 3.7-3).
- **le roulage en enfilade**, une barre se déplaçant entre les molettes, ce qui permet la réalisation de grandes longueurs de filetage. Cette technique est utilisée pour la réalisation des tiges filetées.

Pour la visserie en grandes séries, issues de la frappe à froid, on privilégie le roulage par la technique des peignes rectilignes, taillés sur une face, selon le même principe que les molettes (3.7-5).

3.7-1 **Représentation de la déformation de matière avant et après roulage (taux de déformation)**





3.7-2
Simulation du roulage à cinq filets

3.7-3
Roulage en plongée d'une vis à six pans creux

Un peigne est fixe, l'autre mobile. L'ébauche de la vis est introduite entre les peignes et à la fin du déplacement du peigne mobile, le filetage est terminé et la pièce éjectée. (3.7-4)

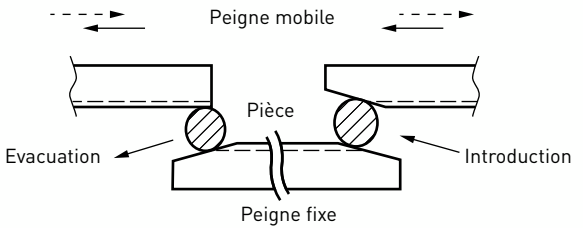
En complément d'opération sur la même machine, des couteaux peuvent être installés afin de réaliser des pointes.
Entre l'alimenteur de la rouleuse et la rouleuse elle-même, une unité d'assemblage de rondelles peut être installée, permettant l'obtention de vis à rondelle imperdable.

Cette technologie est cependant généralement limitée aux pièces de diamètre inférieur ou égal à 24 mm, et par la longueur des pièces (jusqu'à 260 mm) et la longueur du filetage (jusqu'à 100 mm).

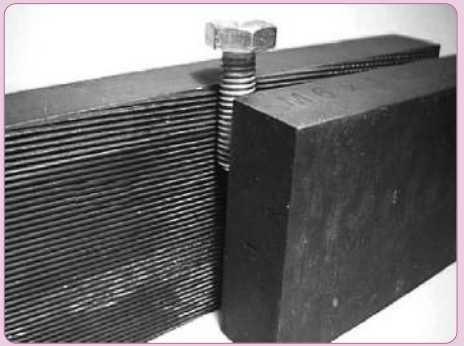
Avantages et limites du roulage

- Les fibres de matière ne sont ni rompues ni coupées mais déformées, contrairement au process de taillage.
- Il n'y a pas de production de copeaux.
- Le process est plus efficace économiquement que le taillage, sur les aspects de consommation de matière et de temps d'opération.
- Le roulage améliore les caractéristiques mécaniques par écrouissage de la matière.
- Les taux de déformation peuvent atteindre 200% en fond de filet et de 100 à 200% sur les flancs, entraînant une forte augmentation de la dureté superficielle (jusqu'à 30%) et générant un état de compression s'opposant à l'amorçage des fissures et à leur propagation, ce qui améliore la tenue en fatigue.
- Le roulage glace la surface, ce qui améliore la résistance à l'oxydation, diminue les frottements mécaniques et supprime les amorces de rupture.

Le procédé par roulage est susceptible de générer l'inclusion d'impuretés qui peuvent être incompatibles avec certaines technologies, telles que l'ultra-propreté ou les technologies du vide.



3.7-4

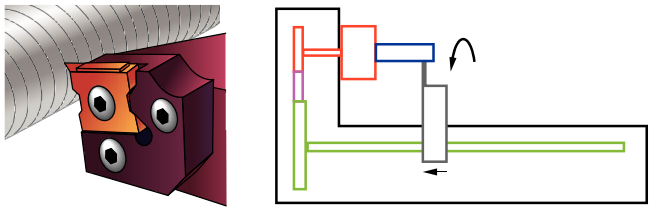


3.7-5
Roulage d'une vis à tête hexagonale par peignes rectiligne

3.8 Process de filetage taillé

Principe du taillage

Le taillage de filet est une opération d'usinage par enlèvement de copeaux. C'est la méthode «historique» de production de filetage, méthode détrônée par le filetage roulé (voir chapitre précédent).
Le métal est coupé, en plusieurs passes successives, par un outil de dureté supérieure (acier rapide ou plaquette carbure). Le profil du filetage est donné par la forme de l'outil de coupe. Le pas du filetage est obtenu en synchronisant l'avance du porte-outil sur la rotation de la pièce usinée (sur un tour, rapport d'engrenage entre vis mère et rotation du mandrin).



3.8-1

Avantages et limites du taillage

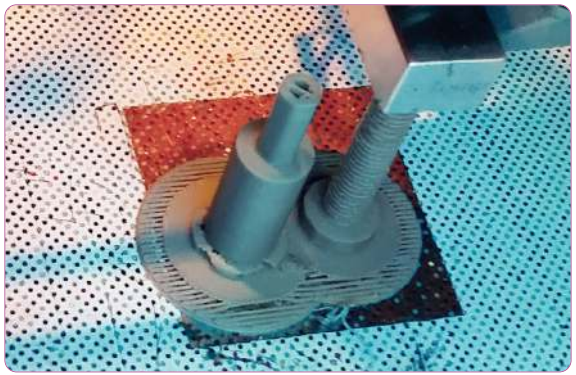
- Pas d'impuretés.
- Pas de limite de taille.
- Les fibres de matière sont rompues.
- Il y a production de copeaux.
- Le process est moins efficace économiquement que le roulage, sur les aspects de consommation de matière et de temps d'opération.

3.9 Fabrication additive

La fabrication additive désigne les procédés de fabrication par ajout de matière, la plupart du temps assistés par ordinateur. Elle est définie comme étant le procédé de mise en forme d'une pièce par ajout de matière, par empilement de couches successives, en opposition aux procédés par retrait de matière, tel que l'usinage.

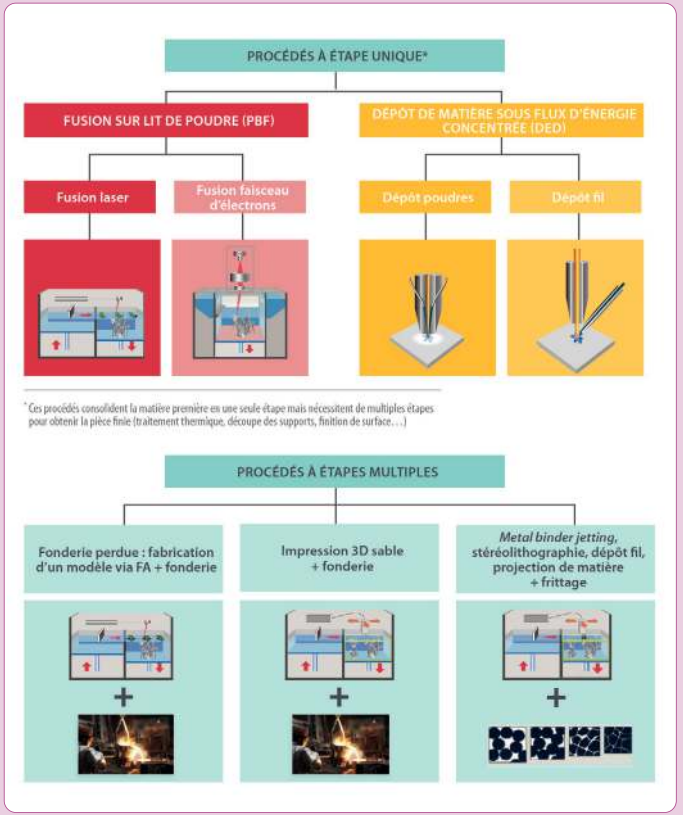
À ses débuts, l'impression 3D a principalement été utilisée pour le prototypage rapide, mais ce nouveau processus offre dorénavant un potentiel important en tant que processus de fabrication. Ce procédé est actuellement utilisé pour des pièces unitaires de haute technologie et complexe.

En termes de faisabilité, les applications de la fabrication additive semblent illimitées. Cette technologie offre un niveau élevé de complexité de conception. Le prix, selon le besoin, reste encore élevé au vue des coûts d'investissements et de fabrication nécessaires pour ce type de technologies.



3.9-1

Panorama des procédés de fabrication



3.9-2 **Source : document cetim « fabrication additive métallique »**

Technologies de fabrication additive métallique

Les procédés de fabrication additive métallique sont nombreux. Les tableaux ci-après s'inspirent de la norme NF EN ISO/ASTM 52900 - 2017 qui concerne les principes généraux des procédés ainsi que leur terminologie. Ils ont été adaptés afin d'intégrer les nouveaux principes de fabrication développés récemment mais il faut garder à l'esprit que d'autres technologies émergent sans cesse.

État matériau	État fondu			Fondu + solide		État semi-solide (Thixo)		État solide		
Type de matériau	Fil			Poudre		Barre – Fil	Plaque – Feuille		Poudre	
Distribution matériau	Dépôt par buse			Lit de poudre		Dépôt	Empilement		Dépôt par buse	
Principe FA	Dépôt de matière sous flux d'énergie dirigée ou non			Fusion sur lit de poudre		Dépôt de matière	Stratification de couches		Cold spray	
Source consolidation	Faisceau d'électrons	Arc	Laser	Effet joule	Laser	Faisceau d'électrons		Laser	Thermique + Pression	Friction	Ultrasons	Énergie cinétique

3.9-3 Source : document cetim « fabrication additive métallique »

3.9-4 Ensemble vis/écrou réalisé en prototypage rapide pour un projet ferroviaire

3.9-5 © Photo cetim

3.9-6 © Photo cetim

3.10 Défauts de surfaces liés à la fabrication

La norme ISO 6157 donne les tolérances concernant divers types de défauts de surface :

- ISO 6157-1 Les vis et goujons d'usage général
- ISO 6157-2 Ecrous
- ISO 6157-3 Vis et goujons pour applications particulières (spéciales et 12.9).

A chaque étape de transformation de la matière, des défauts peuvent apparaître. Des limites acceptables ou non sont spécifiées tout en gardant à l'esprit que les valeurs données par l'ISO 898-1 doivent être conservées.

Vis et goujon d'usage général

Tapure de trempe

Apparait généralement pendant la trempe suite à des contraintes excessives provoquées lors de l'opération. Trajectoire irrégulière et erratique en surface.

Fissure de forgeage

Provoquée par l'opération de cisaillement ou de forgeage. Se situe sur le dessus de la tête des vis et sur la face supérieure de la tête des vis à tête à cuvette.

Criques de forgeage

Apparait au forgeage, sur un pan ou sur un angle de la tête de vis, sur le pourtour de l'embase, sur la partie cylindrique.

Fissure de cisaillement

Apparait par exemple au forgeage, souvent sur le pourtour des éléments à tête ronde ou à embase. Généralement orienté à 45° par rapport à l'axe de l'élément.

Lignes, pailles ou repliures de laminage

Ligne droite ou légèrement incurvée qui se situe de manière longitudinale sur le filetage.

Trous (porosités)

Petites poches ou creux peu profonds formés à la surface par une insuffisance de garnissage du métal pendant le forgeage ou le refoulement.

Replis de forge

Doublement de l'épaisseur de métal apparaissant en surface de l'élément de fixation pendant le forgeage.

Marques d'outils

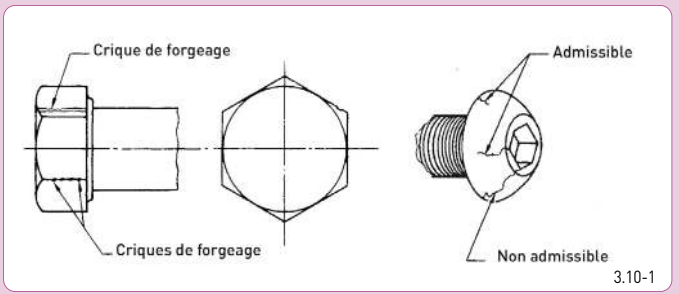
Stries longitudinales ou circonférentielles peu profondes.

Cas des chocs et chocs sur filets

Les chocs sont une déformation de la matière au niveau d'une surface quelconque de la vis. Quel que soit son type : bosselure, éraflure, encoche, il est provoqué par une action extérieure au cours de la fabrication ou de la manipulation des vis, par exemple le chargement. À moins qu'ils n'affectent la fonction ou l'aptitude à l'emploi, les chocs décrits ci-dessus ne peuvent pas entraîner le rejet.

Les bosselures, éraflures, encoches situées sur les trois premiers filets doivent permettre **le vissage d'une bague filetée ENTRE à une valeur de couple correspondant à 0,001*d*3 max., en newton mètres.**

Exemples :



3.10-1

Ecrous

Crique de cisaillement et d'inclusion

Apparait pendant l'opération de cisaillage ou de forgeage. Se situe uniquement sur la surface supérieure ou inférieure des écrous ou à l'intersection d'une face et d'un plat.

Criques dans l'élément de freinage des écrous autofreinés tout métal

Apparait pendant les opérations de cisaillage, de forgeage ou de mise en forme sur un côté intérieur ou extérieur.

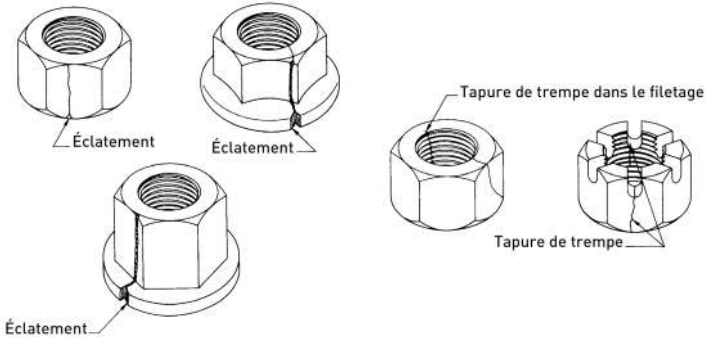
Criques dans l'élément de sertissage de la rondelle pour les écrous à rondelle incorporée

Apparait dans la lèvre métallique qui assure le maintien de la rondelle sur l'écrou.

Eclatement

Apparait lors des opérations de forgeage à la surface extérieure des écrous. Pour les écrous à embase, sur le pourtour. Généralement dû à un défaut de surface dans la matière première.

Exemples :



3.10-2

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.50 Synoptique des principaux essais mécaniques

6. PROFIL D'UN ÉLÉMENT FILETÉ

6.0 Symboles et normes de référence des filetages courants

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

20 Tableau comparatif des rondelles selon normes NFE, DIN et ISO

24 Vocabulaire du métier de la fixation

4

Choix d'un assemblage boulonné

4.0 Démarche de choix d'un élément d'assemblage

Un élément d'assemblage est choisi en fonction d'un certain nombre de critères successifs. Les différents choix combinés permettront de désigner le ou les éléments les mieux adaptés.

1 Pièces à assembler

- Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles.
- Matière des constituants à assembler.
- Revêtements des constituants à assembler.
- Nombre de vis d'assemblage (ou boulons).
- Conditions de conservation/stockage avant mise en service.
- Conditions de fonctionnement (modifications de contraintes en fonctionnement, vitesse, accélération, à-coups...)
- Etc.

2 Sollicitations mécaniques que devront subir les vis d'assemblage

- La traction : c'est une contrainte principale qui peut entraîner la rupture.
- Le cisaillement : effort qui tend à couper la pièce par des efforts opposés et perpendiculaires à sa surface.
- Le flambage : déformation brusque d'une pièce longue soumise à un effort de compression axiale (sollicitation peu fréquente en visserie-boulonnerie)
- La compression : dans un assemblage les pièces assemblées sont soumises à la compression, mais également une partie de la tête de la vis et de la zone de l'écrou en appui.
- La flexion : existe rarement dans les éléments de fixation, sauf lorsque les surfaces d'appuis des pièces à assembler ne sont pas parallèles entre elles.
- La torsion due à la partie filetée de la vis : lors du serrage, une partie des forces nécessaires au vissage occasionne une torsion dans la vis du fait des frottements internes.
- La fatigue : les propriétés d'un matériau peuvent être modifiées consécutivement aux variations périodiques de contraintes entraînant la rupture brutale sans déformation préalable.

3 Contraintes législatives, réglementaires ou diverses

- Conditions de calcul. Exemple : EUROCODE 3 pour les structures de bâtiment.
- Conditions sectorielles. Exemple : règlements ROHS pour les revêtements dans les secteurs de l'automobile ou du matériel électrique.
- Conditions diverses. Exemple : exigence d'aspect pour un produit visible.
- Règlement REACH.

4 Mode d'entraînement de la vis et mode de montage (manuel ou automatique)

- Conditionne la forme de la tête de la vis et de l'empreinte.
- Conditionne éventuellement un niveau de PPM dimensionnel ou de présence d'intrus.

5 Nombre de montages et de démontages dans un cycle de vie

- Conditionne le mode de freinage de la vis ou de l'écrou.

6 Couple de serrage

- Conditionne également la forme de la tête de la vis et de l'empreinte.
- Conditionne la classe de la vis et le mode de freinage, ou la classe de l'écrou.
- Conditionne l'outil de pose et sa précision.

7 Milieu ambiant

- Humidité, air salin, oxydant, température, pollution...
- Conditionne le revêtement de surface ou la nature des matériaux : laiton, inox, plastiques...

8 Conditions économiques (coût complet monté)

- Rationalisation de référence ou non.
- Taille de lot minimum par rapport au besoin.
- Coût de montage.

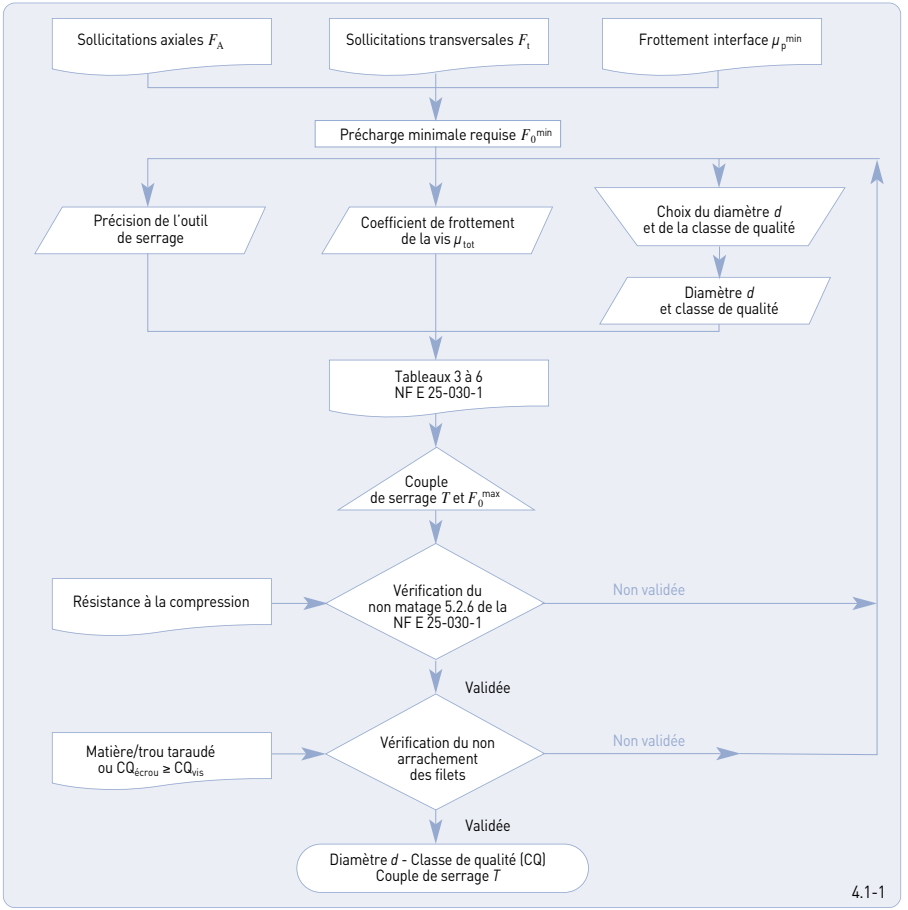
4.1 Démarche de dimensionnement d'un assemblage vissé

Un assemblage vissé se calcule, en considérant la fonction de l'assemblage, les sollicitations mécaniques qu'il va subir, les matériaux utilisés, la classe de qualité des éléments de l'assemblage, les frottements aux interfaces des pièces et les moyens et procédures de serrage. La norme NF E 25-030-1 propose une démarche permettant de traiter les cas courants. Pour les cas plus complexes, une démarche plus complète et sécuritaire est proposée par la norme NF E 25-030-2.

ASSEMBLAGE COURANT NF E 25-030-1 : DEMARCHE SIMPLIFIEE VALIDATION DES CONDITIONS DE SERRAGE

ASSEMBLAGE COMPLEXE NF E 25-030.2 : DEMARCHE COMPLETE VALIDATION DE L'ASSEMBLAGE (tenues statiques, dynamiques et thermiques et VALIDATION DES CONDITIONS DE SERRAGE

Les couples de serrage minimaux, selon classe de qualité de la vis et classe des moyens d'application du couple sont consultables dans la partie "BIBLIOTHEQUE et OUTILS".

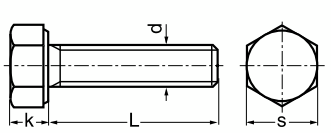


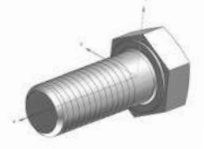
Synoptique de démarche de la norme NF E 25-030-1

4.2 Règles d'implantation

Désignation normalisée des vis

Terme	Symbole de la forme de la tête	Norme de référence	Symbole du filetage métrique	Diamètre nominal d (mm)	Longueur l (mm)	Classe de qualité
VIS	H	ISO 4017	M	12	30	8.8



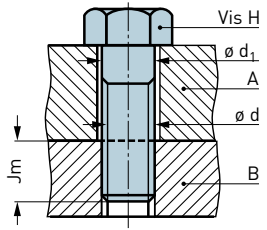


Afin d'éviter toute erreur, se reporter au chapitre «*Elaboration d'une demande d'offre ou commande de fixations*».

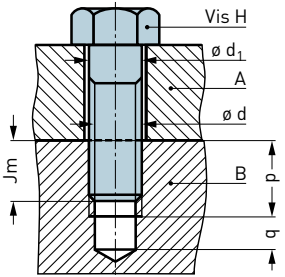
4.2-1

Assemblage par vis avec tête débordante

Sur trou taraudé débouchant



Sur trou taraudé borgne



- **Trou lisse de passage de la vis dans la pièce A** : le diamètre d_1 est choisi en fonction du diamètre d de la vis (voir tableau 4.2-3) $\boxed{d_1 > d}$
- **Implantation minimale J_m de la vis** : longueur de filetage de la vis en prise avec le trou taraudé dans la pièce B.

La longueur j définit la longueur de filetage en prise pour l'assemblage considéré :
- vis : métaux durs : $j \geq d$ / métaux tendres : $j \geq 1{,}5\ d$
- goujons : métaux durs : $j \geq 1{,}5\ d$ / métaux tendres: $j \geq 2\ d$

La longueur p définit la longueur de filetage intérieur : p = j + 3 à 4 pas

La longueur q définit la longueur du trou avant taraudage : q = j + 8 à 9 pas

Pour des facilités d'usinage et dans la mesure du possible, il est conseillé de faire déboucher les taraudages.

4.2-2

4.2-3

Diamètre nominal d	Diamètre d_1 du trou de passage – Série fine H12	Série moyenne H13	Série large H14	Diamètre nominal d	Diamètre d_1 du trou de passage – Série fine H12	Série moyenne H13	Série large H14
M 1	1,1	1,2	-	M 24	25	26	28
M 1,2	1,3	1,4	-	(M 27)	28	30	32
M 1,4	1,5	1,6	-	M 30	31	33	35
M 1,6	1,7	1,8	2,0	(M 33)	34	36	38
M 2	2,2	2,4	2,6	M 36	37	39	42
M 2,5	2,7	2,9	3,1	(M 39)	40	42	45
M 3	3,2	3,4	3,6	M 42	43	45	48
(M 3,5)	3,7	3,9	4,2	(M 45)	46	48	52
M 4	4,3	4,5	4,8	M 48	50	52	56
M 5	5,3	5,5	5,8	(M 52)	54	56	62
M 6	6,4	6,6	7,0	M 56	58	62	66
(M 7)	7,4	7,6	8,0	(M 60)	62	66	70
M 8	8,4	9,0	10,0	M 64	66	70	74
M 10	10,5	11,0	12,0	(M 68)	70	74	78
M 12	13	13,5	14,5	M 72	74	78	82
(M 14)	15	15,5	16,5	(M 76)	78	82	86
M 16	17	17,5	18,5	M 80	82	86	91
(M 18)	19	20	21,0	(M 85)	87	91	96
M 20	21	22	24,0	M 90	93	96	101
(M 22)	23	24	26,0	(M 95)	98	101	107

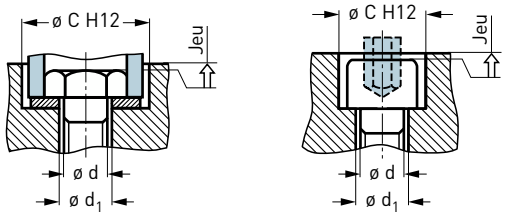
L'emploi des dimensions entre parenthèses est à éviter autant que possible (dimensions peu courantes).

Tête de vis noyée dans un lamage pour ISO / DIN en TH

Outil de serrage débordant de la tête manœuvré à la main ou à la machine pour ISO / DIN en TH

Outil de serrage non débordant de la tête

Jeu supérieur à 0

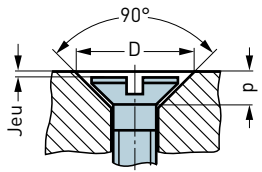


Remarque : les vis à tête fraisée sont noyées dans une fraisure.

Diamètre nominal d	d_1 H13	ø C H12 / Outil de serrage	
		Non débordant	Débordant
M3	3,4	8	12
M4	4,5	10	16,5
M5	5,5	11	19,5
M6	6,6	13	22
M8	9	18	28,5
M10	11	20	37
M12	13,5	22	42
M14	15	26	47
M16	17,5	30	52

4.2-4

Tête de vis à métaux noyée dans une fraisure

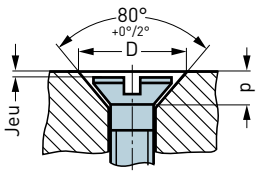


Jeu supérieur à 0

d	Pas (gros)	p	D
M3	0,5	1,65	6,8
M4	0,7	2,70	9,8
M5	0,8	2,70	10,9
M6	1	3,30	13,2
M8	1,25	4,65	18,1
M10	1,5	5	21
M12	1,75	6	25,2
M14	2	7	-
M16	2	8	33,6

4.2-5

Tête de vis à tôle (à la DIN) noyée dans une fraisure



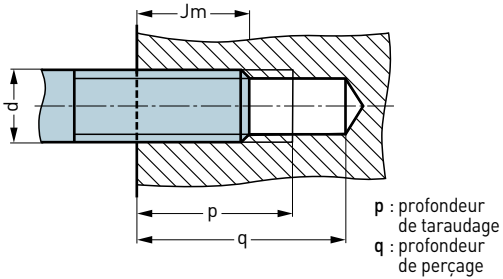
Jeu supérieur à 0

d	Pas	p	D min	D max
2,2	0,80	1,30	4,00	4,30
2,9	1,10	1,70	5,20	5,50
3,5	1,30	2,10	6,44	6,80
3,9	1,30	2,30	7,14	7,50
4,2	1,40	2,50	7,14	8,10
4,8	1,60	3,00	9,14	9,50
5,5	1,80	3,40	10,37	10,80
6,3	1,80	3,80	11,97	12,40

4.2-6

4.3 Implantation d'une vis

Détermination de la profondeur de taraudage p et de perçage q



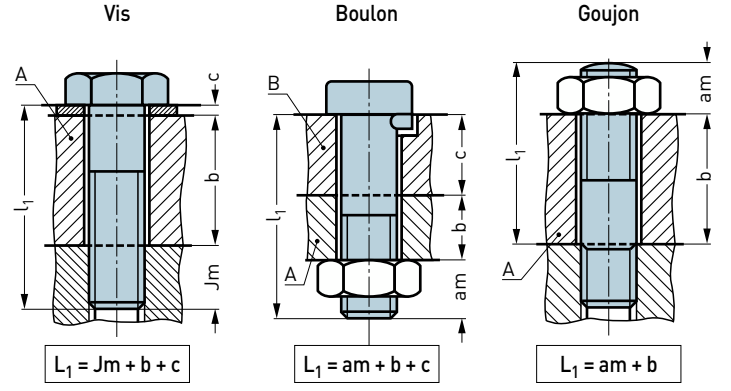
Implantation minimale Jm en fonction de la matière

Acier : Jm = d
Fonte et alliages de cuivre : Jm = 1,5d
Aluminium et ses alliages : Jm = 2d

d	p	q
M 3	Jm+2	Jm+5
M 4	Jm+2,5	Jm+6
M 5	Jm+3	Jm+8
M 6	Jm+4	Jm+10
M 8	Jm+5	Jm+12
M10	Jm+6	Jm+14
M12	Jm+7	Jm+16
M14	Jm+8	Jm+18
M16	Jm+8	Jm+20

4.3-1

Détermination de la longueur d'une vis, d'un boulon et d'un goujon



Jm : implantation minimale (voir 4.2)
b : épaisseur pièce A
c : épaisseur rondelle

am : dépassement minimal
Avec écrou Hm : am = d
Avec écrou H : am = 1,7d
Avec écrou HK : am = 1,4d

4.3-2

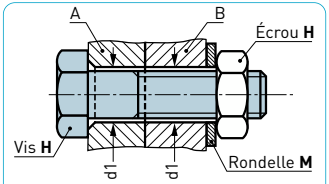
4.4 Les boulons

Présentation

Un boulon est constitué :
- d'une vis portant le filetage,
- d'une ou deux rondelles assurant l'appui,
- d'un écrou permettant le serrage.

Un boulon assure une liaison fixe démontable entre les pièces A et B.

Les boulons sont définis à partir de la forme de la tête de vis.

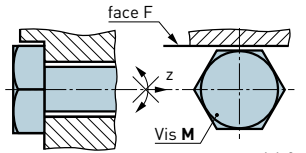


d_1 : diamètre passage de vis

4.4-1

Boulon à tête hexagonale

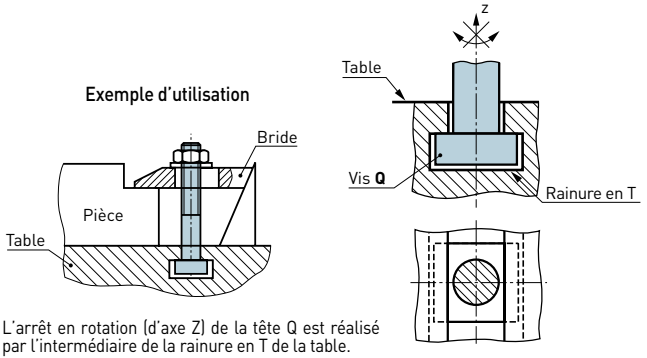
C'est le boulon le plus utilisé en construction mécanique. L'arrêt en rotation (d'axe Z) de la tête H est facilement et économiquement réalisé :
- par une clé si accessibilité,
- par un obstacle comme la face F (figure 4.4-2),
- par une plaquette arrêtoir.



4.4-2

Boulon à tête carré

Boulon souvent utilisé dans les blocages de pièces sur les machines outils.

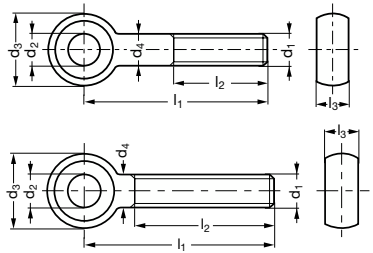


L'arrêt en rotation (d'axe Z) de la tête Q est réalisé par l'intermédiaire de la rainure en T de la table.

4.4-3

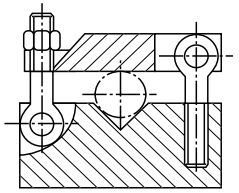
Boulon à œil ou vis d'articulation

Très utilisé sur les montages d'usinage disposant de bride articulée.



Filetage long

Exemple d'utilisation



d_1	d_2 H7	$d_3^{-0,3}$	d_4	l_1			l_2	$l_3^{-0,15}$
M 5	5	12	5	50	75		22	6
M 6	6	14	6	50	75		32	7
M 8	8	18	8	50	75	100	32	9
M 10	10	20	10	50	75	130	40	12
M 12	12	25	12	75	100	130	40	14
M 16	16	32	16	75	100	160	50	17
M 20	18	40	20	100	130		63	22

Filetage long

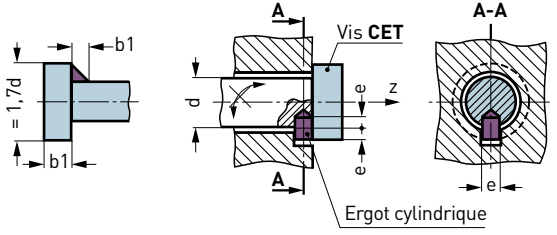
d_1	d_2 E8	$d_3^{-0,4}$	d_4	l_1				l_2	$l_3^{-0,2}$
M 6	6	12	6	50	60	70	80	40	8
M 8	8	16	8	50				40	10
M 8	8	16	8	60	70	80	100	45	10
M 10	10	20	10	50				38	12
M 10	10	20	10	60				46	12
M 10	10	20	10	70	80	100	120	50	12
M 12	12	25	12	50				35	14
M 12	12	25	12	60				42	14
M 12	12	25	12	70				52	14
M 12	12	25	12	80	100	120	130	60	14
M 16	16	32	16	70				49	18
M 16	16	32	16	80				59	18
M 16	16	32	16	100				77	18
M 16	16	32	16	120	140	160		80	18
M 20	20	40	20	100				75	22
M 20	20	40	20	125				95	22
M 20	20	40	20	140	160			100	22
M 24	25	50	24	160	240			120	28

4.4-4

Boulon à tête cylindrique

L'arrêt en rotation (d'axe Z) est obtenu soit :

- par un ergot cylindrique rapporté avec **e = 2 pas**
- par un ergot brut symbole CE avec $b_1 = \frac{d}{2}$



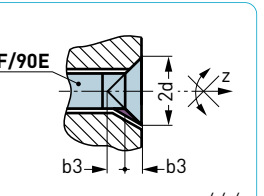
4.4-5

Boulon à tête fraisée

L'arrêt en rotation (Rz) est également obtenu :

- par un ergot cylindrique rapporté **F90/ET**
- par un ergot brut **F90/E** avec $b_3 = \frac{d}{2}$

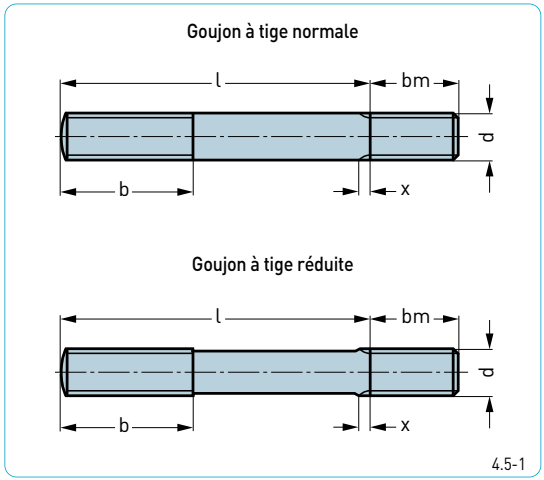
Remarque : ceci s'applique également aux boulons à tête fraisée bombée **FB90/E ou ET**



4.4-6

4.5 Les goujons NFE 25-135

Représentation d'un goujon

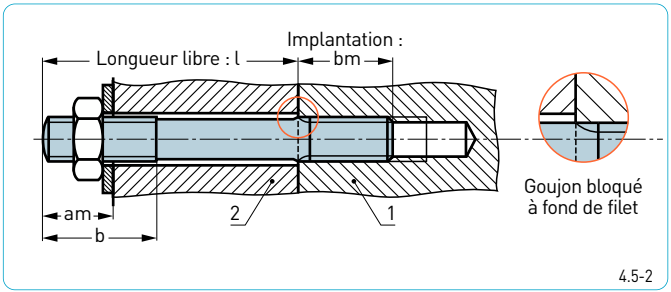


Implantation bm en fonction de la matière

Acier : bm = 1,5 d
Fonte, cuivre et alliages : bm = 2 d
Aluminium et alliages : bm = 2,5 d

Remarque : selon que les parties filetées soient réalisées par roulage ou par taillage, la zone de raccordement entre partie lisse et partie filetée, ainsi que les zones terminales peuvent avoir une géométrie différente. Il est conseillé de se reporter à la norme de référence.

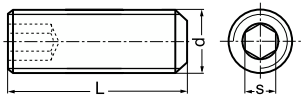
Implantation d'un goujon



4.6 Les vis de pression

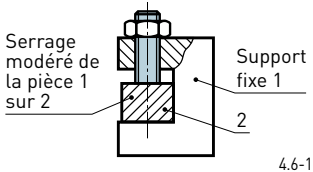
Vis sans tête à empreinte 6 pans creux HC

Vis sans tête à bout plat



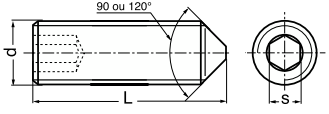
Vis HC M10 – 20 ISO 4026 / DIN 913

Exemple d'utilisation



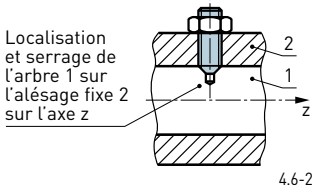
4.6-1

Vis sans tête à bout conique



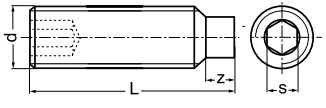
Vis HC M10-20 ISO 4027 / DIN 914

Exemple d'utilisation



4.6-2

Vis sans tête à bout téton

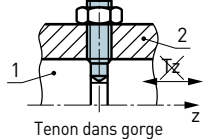


Vis HC M10-20 ISO 4028 / DIN 915

Attention : dans cet exemple, il s'agit d'une vis d'arrêt et non d'une vis de pression. La liaison de 1 par rapport à 2 est une liaison **pivot** et non une liaison **complète**.

Exemple d'utilisation

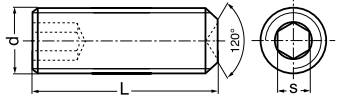
Arrêt en translation (Tz) de l'arbre 1 sur 2



Tenon dans gorge circulaire sur 1

4.6-3

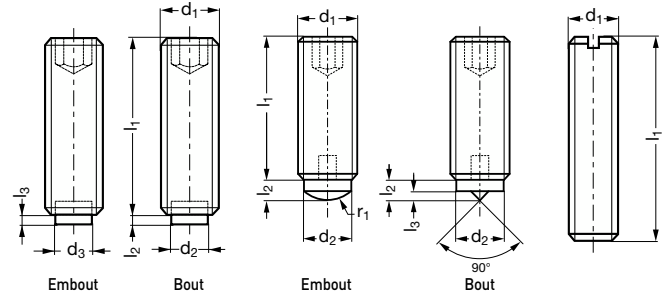
Vis sans tête à bout cuvette



Vis HC M 10-20 ISO 4029 / DIN 916

4.6-4

Vis de pression à tête réduite



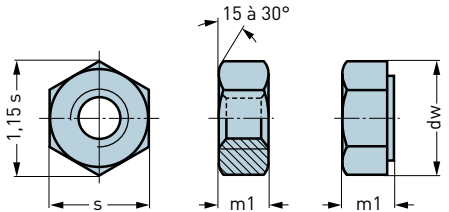
Embout technopolymère | Bout sphérique | Embout laiton | Bout pointeau

4.6-5

4.7 Les écrous

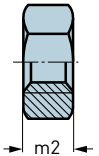
Ecrous hexagonaux

Ecrou H style 1 ISO 4032

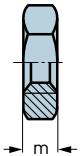


avec collerette

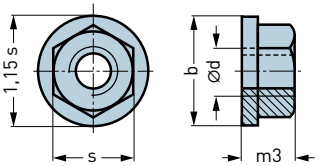
Ecrou haut HH style 2
ISO 4033



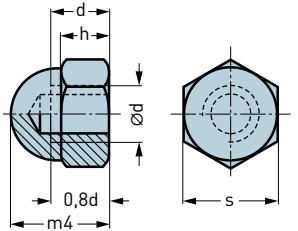
Ecrou bas HM style 0
ISO 4035



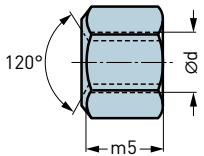
Ecrou à embase
NF EN 1661



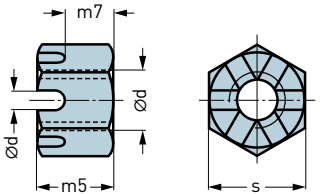
Ecrou borgne NF E 27-453



Ecrou à portée sphérique
NF E 27-458

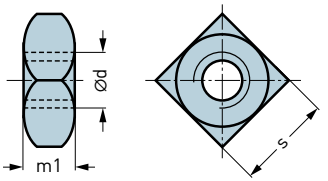


Ecrou à créneaux HK
NF E 27-414

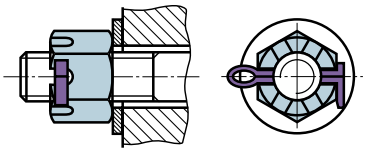


Utilisation d'une goupille V
cylindrique fendue de ø dg

Ecrou carré Q
NF E 25-403 / 404



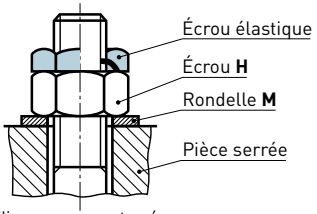
Ecrou HK avec goupille fendue



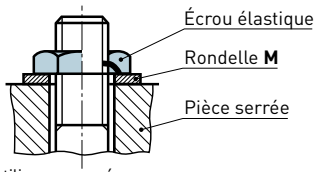
Le freinage est obtenu à l'aide d'une goupille V fendue traversant le créneau de l'écrou et la vis préalablement percée

4.7-1

Ecrous élastiques en tôle NFE 27-460 (dit écrou PAL)



S'utilise comme contre-écrou
dans le cas de vibrations

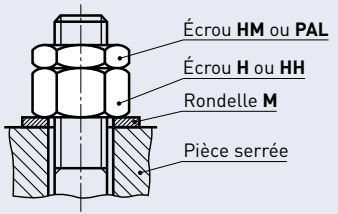


S'utilise comme écrou avec
des efforts de serrage faisables

4.7-2

Utilisation de deux écrous

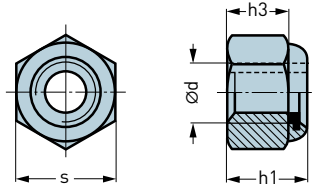
Evite le desserrage de l'ensemble



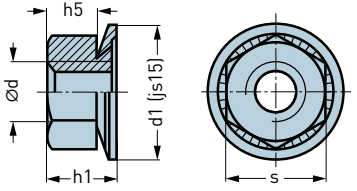
4.7-3

Ecrous autofreinés

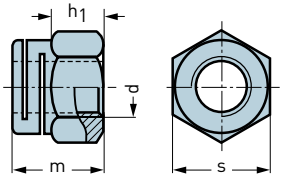
Ecrou hexagonal autofreiné à anneau non métallique ISO 7040



Ecrou hexagonal à rondelle incorporée NF E25-416

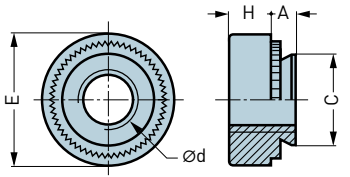


Ecrou hexagonal autofreiné tout métal à 2 fentes NF E25-411

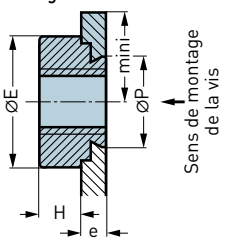


4.7-4

Ecrous à sertir pour tôle



Logement de l'écrou



Remarque
Cet écrou permet d'obtenir des taraudages résistants dans des tôles minces.

Matière :
- acier doux zingué,
- acier cémenté trempé zingué chromaté blanc,
- laiton.

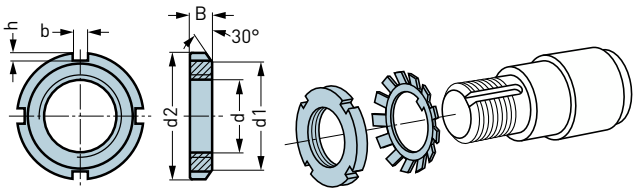
4.7-5

Désignation

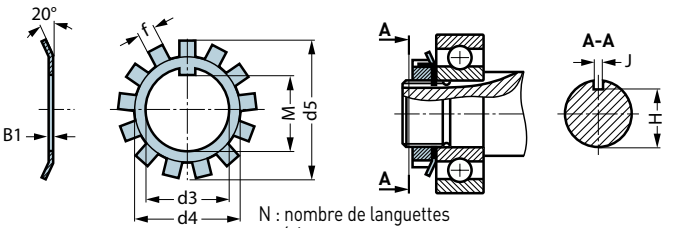
Désignation de l'élément	Norme de référence	Diamètre nominal d		Classe de qualité
Ecrou	ISO 4032	M12	-	8

Ecrous et rondelles à encoches

Ecrou à encoches série légère KM NF E22-306



Rondelles freins pour écrous à encoches série légère MB NF E22-307



N : nombre de languettes extérieures

4.7-6

4.8 Les inserts et filets rapportés

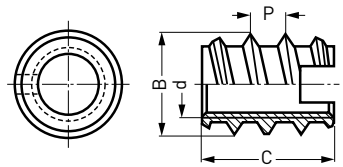
Les inserts

Autotaraudeurs

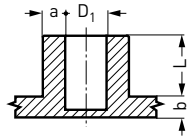
- Inserts pour les moulages en alliages légers.
- Inserts pour matières plastique.

Matière :

- acier cémenté trempé zingué chromaté blanc,
- inox,
- laiton.



Logement de l'insert

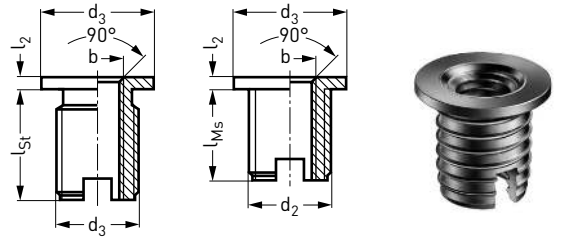


Epaisseur de paroi : a ≃ 0,5 à 2
b ≃ 0,05L
D_1 varie en fonction de la dureté de la matière dans laquelle se loge l'insert

4.8-1

Insert à collerette

- Pose par vissage (autotaraudeur).
- Acier zingué ou laiton.



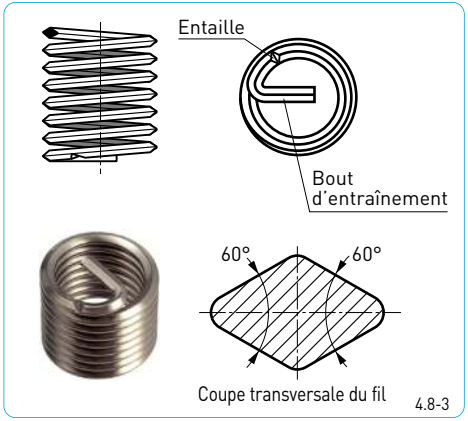
Insert acier — Insert laiton

4.8-2

Les filets rapportés

Techniques de renforcement des taraudages

Le filet rapporté se présente sous la forme d'un ressort réalisé à partir d'un fil laminé de section en losange qui lui confère un double filetage : intérieur et extérieur.



Coupe transversale du fil

4.8-3

Propriétés

- Renforcement mécanique du taraudage.
- Interface à la corrosion électrolytique entre la fixation et son support.
- Tenue en température pour un filet rapporté en acier réfractaire.

Domaines d'application

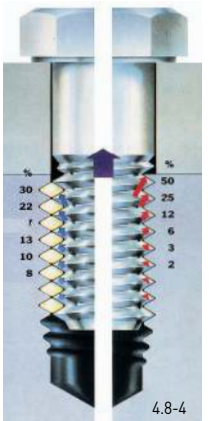
- Pose dans l'alliage léger, réparation de taraudage.
- Aéronautique, spatial.
- Nucléaire, automobile.
- Diminution de la contrainte de torsion To dans la vis.

Le filet rapporté est réalisé en acier inoxydable :

- résistance à la traction R_m : 1400 N/mm² ;
- dureté Vickers HV : 425 HV 0.2 ;
- profondeur de rugosité R_2 : 2,5 µm ;
- coefficient de frottement réduit µ : ≤ 0,14 avec vis en acier, huilée ;

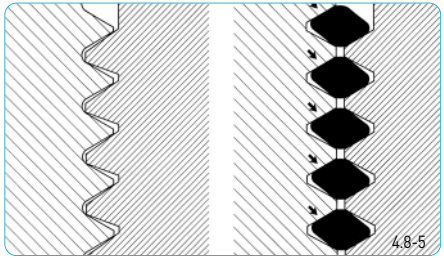
Répartition régulière des contraintes

La grande élasticité du filet favorise une répartition régulière des charges et de la contrainte. Celle-ci forme un joint entre la vis et le filet.
Les erreurs de pas ou d'angle s'équilibrent sur l'ensemble des flancs du filet.



4.8-4

On obtient ainsi une meilleure répartition des charges.
La qualité du rendement de la vis se trouve fondamentalement accrue qu'il s'agisse d'une charge statique ou dynamique.



4.8-5

4.8-6 **Couples de freinage selon ISO 2320 (Nm). Pas fin ou normal pour une vis de classe 8.8 pour les versions autofreinées**

Filetage	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20
Couple de serrage	1,0	2,5	5,0	8,6	21,0	42,0	76,0	121,0	189,0	261,0	370,0
1er vissage maxi	0,43	0,90	1,60	3,00	6,00	10,5	15,5	24,0	32,0	42,0	54,0
1er dévissage mini	0,12	0,18	0,29	0,45	0,85	1,5	2,3	3,3	4,5	6,0	7,5
5ème dévissage mini	0,08	1,12	0,20	0,30	0,60	1,0	1,6	2,3	3,0	4,2	5,3

La technique de la spire déformée assure un freinage important qui s'oppose à tout risque de dévissage intempestif de la vis (chocs thermiques ou vibratoires). Un ajout supplémentaire pour assurer l'anti-dévissage comme les rondelles, les goupilles, les fils-freins n'est plus nécessaire. Ainsi, cela réduit les coûts et facilite le montage. Pour une distinction simple et rapide : les filets rapportés peuvent être teintés pour différencier les versions standard et autofreinée.

Aide au choix

4.8-7

Matière du filet [1]	Tenue en température	Résistance à la traction en ambiance tempérée	Traitements de surface livrables [1]	Exemples	
Acier inoxydable X5 CrNi 18 10	425°C en pointe 315°C en continu	1400 N/mm²	- Sans revêtement - Lubrifiant sec - Argentage	- Applications classiques pour toutes matières de support et classes de vis [3]	- Tous produits en aluminium, alliages d'aluminium ou magnésium [2]
Acier inoxydable X6 CrNiMoTi 17 12 2 [4]	425°C en pointe 315°C en continu	1400 N/mm²	- Sans revêtement - Cadmiage	- Amélioration de la tenue en corrosion - Vis inox à forte teneur en CrNi [3] - Vissage avec frottement réduit	- Tous produits en eau de mer et chlorée
Bronze CuSN 6	300°C en pointe 250°C en continu	1000 N/mm²		- Supports en Cu - Vis inox au CrNi - Vissage de réglage	
Superalliage NiCr 15 Fe 7 TiAl [4]	750°C en pointe 550°C en continu	1150 N/mm²	- Sans revêtement - Argentage	- Contraintes thermiques et tenue en corrosion	
Superalliage NiCr 20 Co 18 Ti Nimonic 90	900°C en pointe 600°C en continu				- Aéronautique - Propulseurs d'avion - Turbocompresseurs
Aluminium spécial (série 7000) AlZnMgCu 1.5 [4]	170°C en pointe 150°C en continu	500 N/mm²	- Anodisé dur - Lubrifiant sec	- Pièces en magnésium [2]	- Automobile - Produits en matériaux légers

1. Autres matières ou traitements de surface sur demande.
2. Pour les applications en alliages de magnésium en milieu extérieur, des précautions supplémentaires seront prises.
3. Avec des vis inox au CrNi, un revêtement ou un lubrifiant approprié est conseillé.
4. Sur demande.

Détermination de la longueur nominale du filet rapporté

Le tableau ci-dessous permet de définir la longueur minimale du filet rapporté en fonction du matériau récepteur et de la classe de la vis. Il est établi pour une température de 20°C.

4.8-8

	Qualité de la vis								
Résistance du matériau support Rm (N/mm²)*	3.6 / 4.6	4.8 / 5.6	5.8 / 6.6	6.8 / 6.9	8.8	9.8	10.9	12.9	14.9
jusqu'à 100	1,5 d	1,5 d	2 d	2,5 d	3 d	3 d	–	–	–
> 100 - 150	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d	2,5 d	2,5 d	2,5 d	2,5 d	3 d
> 150 - 200	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d	2 d	2,5 d	2,5 d
> 200 - 250	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2,5 d	2,5 d
> 250 - 300	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d	2 d
> 300 - 350	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d	2 d
> 350 - 400	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d
> 400	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d

*1 N/mm² = 1 Mpa

Les valeurs du tableau pour déterminer la longueur nominale du filet rapporté sont valables pour l'aluminium ainsi que pour les matières avec un ratio :

$$\frac{\text{résistance au cisaillement}}{\text{résistance à la traction}} = 0{,}6 \text{ à } 0{,}7.$$

Certains alliages de fonderie ont un ratio compris entre :

$$\frac{\text{résistance au cisaillement}}{\text{résistance à la traction}} = 0{,}8 \text{ à } 1{,}4.$$

Les longueurs de filet sont calculées pour que la vis soit l'élément le plus faible de l'assemblage.

Ces valeurs sont indicatives et assurent une sécurité totale d'utilisation.

Ces longueurs ainsi définies peuvent parfois être réduites moyennant une confirmation par des essais.

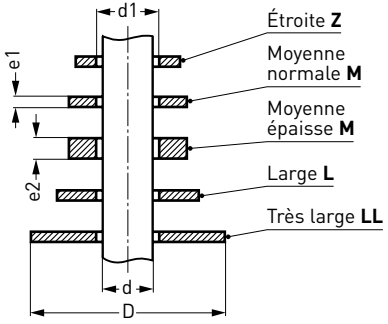
Des longueurs intermédiaires sont réalisables.

Pour des assemblages soumis à température, il faudra tenir compte de l'évolution de résistance du matériau récepteur.

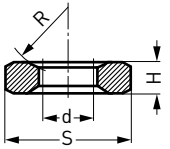
Compte tenu des précisions de fabrication, il faut utiliser les tarauds, tampons de contrôle des taraudages (avant montage des filets rapportés), outils de montage et filets rapportés spécifiques au fabricant.

4.9 Les rondelles d'appui et rondelles-frein

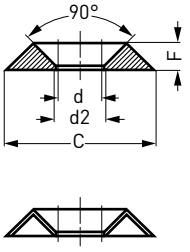
Rondelles plates d'appui



Rondelles plates d'appui chanfreinées



Rondelles à cuvette



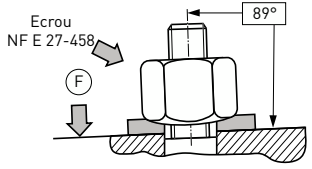
Se reporter pour l'aspect dimensionnel au tableau comparatif dimensionnel des rondelles selon NFE, DIN et ISO, partie 20 du chapitre BIBLIOTHEQUE ET OUTILS" page 415.

4.9-1

Exemples d'utilisation

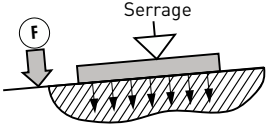
Rondelles à portée sphérique

Elles permettent de rattraper un défaut de perpendicularité de la surface d'appui F par rapport à l'axe de serrage.

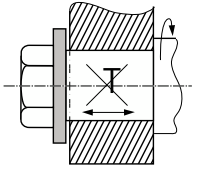


Rondelles plates

Elles permettent une répartition uniforme des pressions de serrage, évitent le marquage de la surface d'appui F (matage) et permettent une meilleure maitrise du serrage au couple.

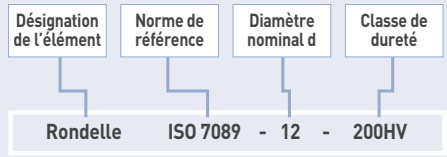


Elles peuvent constituer un arrêt en translation peu coûteux (matérialisé par une liaison pivot).



4.9-2

Désignation



Il existe désormais une norme de référence pour les caractéristiques mécaniques pour les rondelles plates : NF EN ISO 898-3.

Il existe 4 classes de qualité : 100, 200, 300 et 380 HV.

4.9-3

Classe de qualité		100 HV	200 HV	300 HV	380 HV[a]
Dureté Vickers, HV	min.	100	200	300	380
	max.	200[b]	300	370	450
Dureté Rockwell C, HRC	min.	–	–	30	39
	max.	–	–	39	45
Décarburation partielle, HV 0,3	max.	–	–	[c]	30[d]
Profondeur de décarburation totale *G*, mm	max.	–	–	[c]	2 % de t_{eff} ou 0,02 mm[e]
Carburation, HV 0,3	max.	–	–	[c]	30[f]
Réduction de dureté après le deuxième revenu, HV 10	max.	–	–	20	20

[a] La classe de qualité 380 HV n'est pas incluse actuellement dans les normes de produit ISO existantes. Si demandé, l'utilisation de cette classe de qualité doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

[b] Le dépassement de la dureté maximale jusqu'à 250 HV ne doit pas être une cause de rejet.

[c] Pour les rondelles striées ou crantées, les limites spécifiées pour la classe de qualité 380 HV doivent s'appliquer.

[d] La dureté à 0,1 mm de la surface d'appui ne doit pas être inférieure de plus de 30 unités Vickers à la dureté mesurée sur une coupe radiale transversale de la rondelle.

[e] La valeur la plus faible s'applique.

[f] La dureté à 0,1 mm de la surface d'appui ne doit pas être supérieure de plus de 30 unités Vickers à la dureté mesurée sur une coupe radiale transversale de la rondelle.

Les classes de qualité des rondelles nécessaires pour les classes de qualité des vis et écrous sont indiquées dans le tableau ci-dessous : par exemple pour une vis 8.8, une rondelle 200 HV est préconisée.

4.9-4

Fixations filetées conformes à l'ISO 898-1 et à l'ISO 898-2		Classes de qualité correspondantes pour les rondelles de forme plane			
Classes de qualité		100 HV	200 HV[a]	300 HV[a]	380 HV[b,c]
Vis, goujons et tiges filetées	Ecrous normaux et hauts				
4.6, 4.8, 5.6, 5.8	5	RC[e]	[e]	[e]	[e]
6.8	6	[d,e]	RC[e]	[e]	[e]
8.8	8	[f]	RC[e]	[e]	[e]
9.8, 10.9	10	[f]	[d,e]	RC[e]	[e]
12.9, 12.9	12	[f]	[f]	[d,e]	RC[e]

RC Combinaison recommandée (Recommended Combination).

[a] Seules les classes de qualité 200 HV et 300 HV sont normalisées pour les rondelles des vis à rondelles imperdables ; elles doivent être conformes à l'ISO 10644 ou à l'ISO 10673.

[b] La classe de qualité 380 HV n'est pas incluse actuellement dans les normes de produit ISO existantes. Si demandé, l'utilisation de cette classe de qualité doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

[c] La conception d'assemblages vissés avec une rondelle de classe de qualité 380 HV doit éviter les effets de flexion et les contraintes de traction dans la rondelle, en particulier en présence de trous oblongs ou élargis.

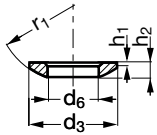
[d] RC représente la combinaison optimale ; cependant, d'autres combinaisons correspondant à la note [d] peuvent également être utilisées à condition que la conception de l'assemblage et/ou les conditions de montage soient vérifiées.

[e] Les combinaisons au-dessus de la ligne en gras en escalier peuvent être utilisées pour les assemblages vissés.

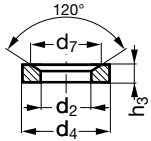
[f] Les combinaisons en-dessous de la ligne en gras en escalier (zone grisée) ne doivent pas être utilisées.

Rondelles à portée sphérique DIN 6319

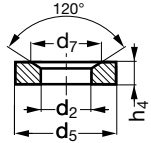
Rondelle convexe (Forme C)



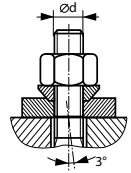
Rondelle concave (Forme D)



Rondelle concave large (Forme G)



Exemple de montage avec un écrou hexagonal

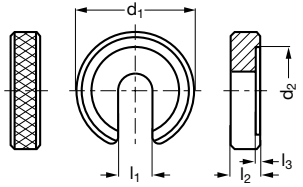


d	d_2	d_3 et d_4	d_5	d_6	d_7	h_1	h_2	h_3	h_4	r_1
6	7,1	12	17	6,4	11	0,7	2,3	2,8	4	9
8	9,6	17	24	8,4	14,5	0,6	3,2	3,5	5	12
10	12	21	30	10,5	18,5	0,8	4	4,2	5	15
12	14,2	24	36	13	20	1,1	4,6	5	6	17
16	19	30	44	17	26	1,3	5,3	6,2	7	22
20	23,2	36	50	21	31	2	6,3	7,5	8	27

La rondelle concave peut être utilisée seule avec un écrou à portée sphérique ou avec une rondelle convexe. Cette technique est souvent utilisée sur les systèmes de blocage de pièces comportant des défauts angulaires (maximum de 3°).

4.9-5

Rondelles fendues amovibles NF E 27-617

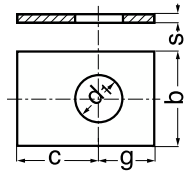


d	d_1	l_2	l_1	d_2	l_3
4	16	6	4,25	12	0,75
6	22	8	6,25	16	1
8	28	9	8,25	20	1,25
10	34	10	10,25	25	1,50
12	40	11	12,50	30	1,75
14	48	12	14,50	33	2
16	56	13	16,50	37	2
20	64	14	21	45	2,5
24	74	16	25	55	3
30	86	18	31	65	3
36	100	20	37	75	3

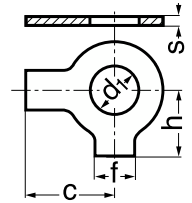
4.9-6

Plaquettes arrêtoir NF E 27-614

Rectangulaire



A ailerons



Rectangulaire

d	d_1	b	c	g	s
5	5,5	10	14	8	0,5
6	7	16	16	10	0,5
7	8	20	18	12	0,5
8	9	20	20	13	1
10	11	25	22	18	1
12	14	28	24	21	1
14	16	30	28	23	1
16	18	34	32	27	1
18	20	36	36	29	1
20	22	40	40	32	1
22	24	42	44	34	1
24	27	45	48	37	1,5
27	30	48	55	42	1,5
30	33	55	60	46	1,5
33	36	60	66	49	1,5
36	39	65	72	53	1,5
39	42	68	78	56	1,5
42	49	73	84	61	1,5

A ailerons

d	d_1	c	h	f	s
5	5,5	13	8	5	0,5
6	7	16	10	6	0,5
7	8	16	12	7	0,5
8	9	18	13	8	1
10	11	23	18	9	1
12	14	25	21	12	1
14	16	28	23	13	1
16	18	32	27	15	1
18	20	36	29	16	1
20	22	40	32	18	1
22	24	45	34	20	1,5
24	27	48	37	22	1,5
27	30	55	42	24	1,5
30	33	60	46	26	1,5
33	36	66	49	29	1,5
36	39	72	53	31	1,5
39	42	78	56	32	1,5
42	45	84	61	35	1,5

4.9-7

Choix d'une rondelle d'appui et d'une rondelle-frein

Le choix et le domaine d'application concernent essentiellement les rondelles normalisées destinées aux assemblages comportant des vis sous tension.

4.9-8 **Tableau synoptique des fonctions des rondelles pour assemblages précontraints**

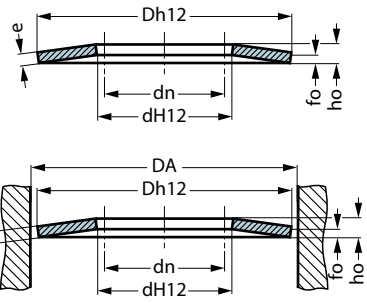
Très bonne | Bonne | Moyenne | Passable | Nulle

Types de rondelles	Norme de référence	Classes de qualité de la vis pour un assemblage rationnel	Fonctions							Observations
			Protection contre les meurtrissures	Diminution de la pression moyenne	Répartition de la force de serrage	Trous de passage élargis	Opposition au dévissage	Opposition au desserrage	Liaison électrique de masse	
Plates	ISO 7089 ISO 7090 ISO 7091 ISO 7092 ISO 7093 ISO 7094	200 HV: 8.8 300 HV: 10.9								Fonction essentielle de protection contre les meurtrissures
Grower sans bec	DIN 7980 NFE 25-515 NFE 25-516 NFE 25-517 DIN 127B	≤ 10.9								Souvent utilisées, par habitude, dans les assemblages non optimisés
Grower avec bec	NFE 25-515 DIN 127A DIN 7980	≤ 10.9								
A dents chevauchantes extérieures forme concave	NFE 27-624 NFE 27-625 DIN 6798A	≤ 8.8								Exclusivement utilisées avec des vis tête fraisée
A dents chevauchantes planes	NFE 27-626	≤ 8.8								Fixation de petites pièces : accessoires automobiles, cycles, électroménager
Ondulées à deux ondes	NFE 27-620 DIN 137B	≤ 8.8								Serrage de matériaux tendres
Coniques à dents intérieures	NFE 27-512	8.8								Fixation des tôles minces en carrosserie automobile et électroménager
A double denture	NFE 27-626	≤ 8.8								Utilisées sur les glissières des moteurs électriques, alternateur
Coniques striées	NFE 25-511	6.8 8.8								Permettent de maintenir la tension dans les assemblages optimisés
Coniques lisses	NFE 25-510	8.0 12.9								Recommandées pour les assemblages des vis très courtes (risque de tassement)
Coniques striées à picots	non normalisée	≤ 8.8								Assurent dans de bonnes conditions la liaison électrique des masses
Plates trempées épaisses	non normalisée	10.9 12.9								Assemblage des pièces de très bonne géométrie
à rampes	non normalisée	≤ 10.9								Utiliser en sécurité anti-desserrage dans des assemblages soumis à vibration

4.10 Les rondelles ressorts

Rondelles ressorts coniques statiques (dites Belleville)

Eléments de calcul



Rondelle montée seule

Charge et flèche correspondant à la rondelle

Rondelles montées empilées dans le même sens

Addition des charges
Flèche unitaire divisée par le nombre de rondelles

Rondelles montées empilées en sens contraire

Charge correspondant à une rondelle
Addition des flèches

Montage mixte

Addition des charges
Addition des flèches

4.10-1

Guidage des rondelles

Guidage de l'empilage alterné

Paquets et empilages de rondelles ressorts sont guidés par des éléments tels que, par exemple :

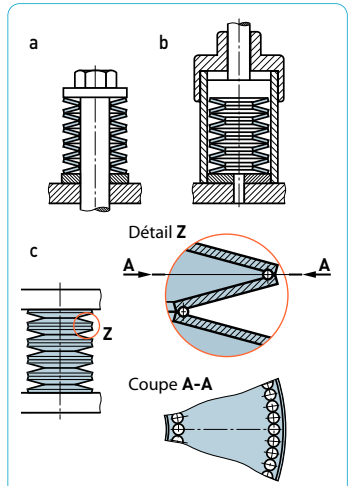
- une broche de guidage (guidage intérieur, voir figure 4.10-2a) ;
- un manchon de guidage (guidage extérieur, voir fig 4.10-2b) ;
- ou par des mesures autocentreuses : guidage par billes (voir fig 4.10-2c) ou par des segments en fil métallique écroui.

Guidage et jeu conseillé

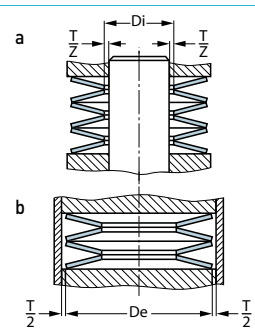
Quand les rondelles ressorts sont empilées en colonnes, il faut alors qu'elles soient guidées sur le bord intérieur ou extérieur.
Dans le cas d'un guidage intérieur, l'axe de guidage devrait avoir une surface lisse avec dureté de 52 HRC.
Pour le jeu entre l'élément de guidage et le ressort, on conseille les valeurs indiquées dans le tableau 4.10-4.
Les ressorts devraient travailler dans la mesure du possible entre $s = 0{,}1 \cdot h_0$ et $s = 0{,}75 \cdot h_0$.

4.10-4

Diamètre interne (mm)	Jeu T min.
4,2 à 14,2	0,2
16,3 à 18,3	0,3
20,4 à 25,4	0,4
28,5	0,5
31 à 64	1,0
72 à 127	2,0



4.10-2



Guidage des ressorts : intérieur (a), extérieur (b). Jeu T entre les ressorts et l'élément de guidage

4.10-3

Dimensions et valeurs des charges

4.10-5 **Caractéristiques dimensionnelles**

Diamètre de désignation de d (mm)	d_1 H14 (mm)		d_2 Js15 (mm)	s (mm)	H avant premier serrage (mm)		b 2H12[1] (mm)
	min.	max.	nom.	nom.	min.	max.	
5	5,30	5,60	11 15 ± 0,35	1,2 ± 0,04 1,4 ± 0,04	1,5 1,8	1,8 2,1	0,36
6	6,40	6,76	12 ± 0,35 14 ± 0,35 18 ± 0,35	1,4 ± 0,04 1,5 1,7 ± 0,05	1,7 1,9 2,1	2,0 2,2 2,4	0,36 0,36 0,36
8	8,40	8,76	16 ± 0,35 18 ± 0,35 22 ± 0,42	1,9 ± 0,05 2,0 ± 0,05 2,2 ± 0,05	2,3 2,4 2,6	2,6 2,7 3,0	0,36
10	10,50	10,93	20 ± 0,42 22 ± 0,42 27 ± 0,42	2,2 ± 0,05 2,4 ± 0,05 2,8 ± 0,06	2,7 2,9 3,3	3,1 3,3 3,7	0,42
12	13,00	13,43	24 ± 0,42 30 ± 0,42	2,8 ± 0,06 3,2 ± 0,06	3,2 3,8	3,6 4,2	0,42
(14)[2]	15,00	15,43	28 ± 0,42	3,0 ± 0,06	3,5	3,9	0,42
16	17,00	17,43	32 ± 0,50 39 ± 0,50	3,4 ± 0,06 3,6 ± 0,06	3,9 4,3	4,3 4,7	0,50
20	21,00	21,52	38 ± 0,50 45 ± 0,50	4,0 ± 0,07 4,4 ± 0,07	4,7 5,9	5,1 6,4	0,50

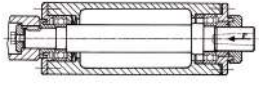
1. La tolérance b se rapporte à la dimension d_2.
2. L'emploi du diamètre d = 14 doit être évité si possible.

4.10-6 **Caractéristiques d'épreuves**

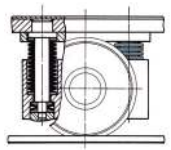
Diamètre de désignation d (mm)	D2 nom. (mm)	S nom. (mm)	Charge d'épreuve F[1] (N)	Flèche après essai[2] min (mm)	Couple de serrage (essai de fragilité) (N.m)
5	11 15	1,2 1,4	8 200 8 200	0,15 0,25	7,1 7,1
6	12 14 18	1,4 1,5 1,7	11 600 11 600 11 600	0,15 0,20 0,25	12 12 12
8	16 18 22	1,9 2,0 2,2	21 200 21 200 21 200	0,20 0,22 0,30	29 29 29
10	20 22 27	2,2 2,4 2,8	33 700 33 700 33 700	0,25 0,30 0,35	58 58 58
12	24 30	2,8 3,2	48 900 48 900	0,25 0,40	100 100
(14)[2]	28	3,0	66 700	0,30	160
16	32 39	3,4 3,6	91 000 91 000	0,35 0,50	245 245
20	38 45	4,0 4,4	147 000 147 000	0,50 0,60	460 460

1. La charge d'épreuve de la rondelle équivaut à celle de la vis de même diamètre nominal en classe 8.8.
2. La flèche est égale, conventionnellement, à la différence entre la hauteur h et l'épaisseur réelles de la rondelle.

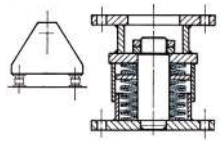
Exemples de montages



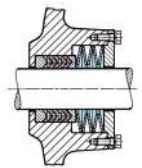
Montage de roulements à billes sur broche de fraisage



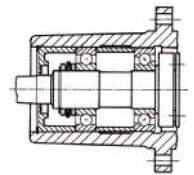
Suspension de véhicule
Rondelles ressorts montées en sens contraire



Amortisseurs de vibrations
Rondelles ressorts coniques en montage mixte



Maintien en compression des joints
Rondelles ressorts montées en sens contraire



Montage de roulements à billes de corps de pompe
Rondelles ressorts montées en sens contraire

4.10-7

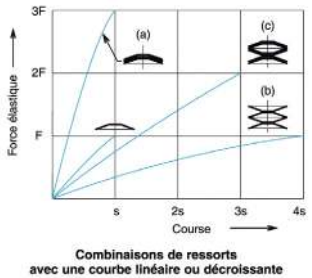
Rondelles ressorts dynamiques DIN 2093

Norme ISO en cours d'écriture

Les rondelles ressorts sont des anneaux de forme conique aplatis sur lesquels la charge s'exerce axialement. Selon leur application, les rondelles ressorts sont soit statiques, soit dynamiques et sont dénommées par, dans l'ordre :
- le diamètre extérieur D_e,
- le diamètre intérieur D_i,
- l'épaisseur matière t,
- la hauteur libre L_o

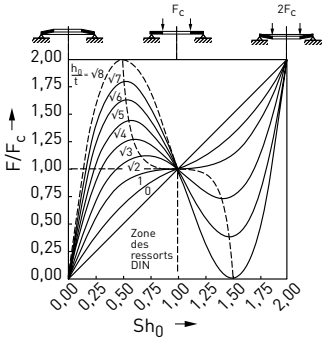
Les rondelles ressorts se caractérisent par les propriétés suivantes :
- une force importante pour une faible course,
- un encombrement plus faible que tout autre type de ressort,
- des éléments empilables différemment permettent des courbes caractéristiques variées.

Les rondelles ressorts sont souvent utilisées dans les secteurs de la construction de machines et appareils pour l'industrie pétrolière, automobile, aéronautique ou domestique.



Combinaisons de ressorts avec une courbe linéaire ou décroissante

Lors d'un montage de rondelles ressort en parallèle, on augmente la force proportionnellement au nombre de rondelles ressort (a). Lors d'un montage de rondelles ressort en opposition on allonge la course proportionnellement au nombre de rondelles ressort (b). Ces deux méthodologies sont combinables (c).



Le rapport de la hauteur libre sur l'épaisseur matière (ho/t) détermine le développement de la courbe du ressort.

4.10-8

Vue d'ensemble des produits

Les rondelles ressorts conventionnelles
- rondelles ressort selon DIN 2093 : groupe 1, groupe 2, groupe 3 ;
- dimensions : diamètre extérieur de 8 à 800 mm
- matière selon DIN 2093 (DIN 17 221, DIN 17 222) et matières spéciales

Empilage de rondelles ressorts
Les rondelles ressorts sont généralement montées sous la forme d'un empilage.

Avantages :
- simplification du montage par le pré-assemblage,
- courbe «force-course» spécifique à l'empilage (machine moderne de contrôle d'effort allant jusqu'à 1000 kN),
- possibilité de diminuer les tolérances d'effort,
- exclusion des erreurs d'empilage par le contrôle à 100% de l'effort.

Exemples d'applications

Empilage de rondelles ressorts
Installations techniques, centrales électriques, constructions mécaniques.
Les empilages de rondelles ressorts s'utilisent comme ressort de suspension de chaudières ou de réservoirs. Ces rondelles ressorts compensent l'inflexion locale du plafond-porteur et garantissent ainsi un abaissement uniforme de la chaudière en cas de variations de charge et de dilatation thermique.

Compensation de jeu
Installations techniques, constructions mécaniques.
Les rondelles ressorts servent à compenser les jeux des tolérances de l'ensemble des composants.

Freins à compression
Installations techniques, constructions mécaniques et automobiles.
Par baisse de la pression de service, les rondelles ressorts développent l'effort de freinage nécessaire.

Rondelles ressorts

Classification selon DIN 2093 (tableau 4.10-10)
Les rondelles ressorts sont normalisées selon la DIN 2092 (rondelles ressorts : calcul) et la DIN 2093 (rondelles ressorts ; dimensions, exigences de qualité). La DIN 2093 les divise en 3 groupes :
- groupe 1 : épaisseur t inférieure à 1,25 mm,
- groupe 2 : épaisseur t entre 1,25 et 6 mm,
- groupe 3 : épaisseur t entre 6 et 14 mm.

Les rondelles ressorts des groupes 1 et 2 sont fabriquées sans surfaces d'appui, celles du groupe 3 avec surface d'appui.

Matière de rondelles ressort
Pour les applications courantes l'acier ressort 51 CrV4 (n° 1.8159) est utilisé pour la fabrication des rondelles ressorts. L'utilisation des rondelles ressorts en basse ou haute, voire très haute température, ou bien en atmosphère corrosive peut également être envisagé sous réserve de spécification de matière selon le tableau 4.10-9.

Protection anticorrosive des rondelles ressorts

La protection standard des rondelles ressorts est la phosphatation zinc et huilage. Dans le cas où l'utilisation des rondelles ressorts demande une protection contre la corrosion supérieure ; nous sommes à même de vous proposer les alternatives suivantes :

- phosphatation zinc + cire,
- zingage galvanique + passivation,
- zingage mécanique + passivation 196 HBS,
- revêtement Delta-Tone / Delta-Seal,
- revêtement Geomet 500 A/B 600/1000 HBS,
- nickelage chimique.

4.10-9

Désignation	Numéro de matière	Module d'élasticité (kN/mm²) à							
		20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
Ck 67	1,1231	206	202	-	-	-	-	-	-
50 CrV 4	1,8159	206	202	196	-	-	-	-	-
51 CrMo4	1,7701	206	202	196	-	-	-	-	-
X12 CrNi17 7	1,4310	190	185	178	-	-	-	-	-
X7 CrNiAl 17 7	1,4568	200	195	190	-	-	-	-	-
X5 CrNiMo 18 10	1,4401	190	185	178	-	-	-	-	-
X35 CrMo 17	1,4122	209	205	199	192	-	-	-	-
X30 WCrV 5 3	1,2567	206	202	196	189	178	-	-	-
X 22 CrMoV 12 1	1,4923	209	205	200	193	-	-	-	-
Cu Be 2	2,1247	135	131	126	-	-	-	-	-
Ni Bc 2	2,4132	200	195	189	182	176	-	-	-
Inconel 718 (Ni Cr 19 Nb Mo)	2,4568	200	196	190	186	179	172	-	-
Inconel X 750 (Ni Cr 15Fe 7 li Al)	2,4669	214	203	198	190	179	170	-	-
Nimonic go (Ni Cr 20 Co 18 Ti)	2,4969	206	701	195	189	181	175	167	160

Choix des rondelles ressort selon DIN 2093

Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)		
De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t
8	3,2	0,30	18	9,2	1,00	34	16,3	1,50	63	31	3,00	112	57	4,00	160	82	11,00	125,00	64,00	5,00	280	152	18,5	360	182	21,5
8	3,2	0,40	20	8,2	0,50	34	16,3	2,00	63	31	3,50	112	57	6,00	160	82	4,80	125,00	64,00	6,00	300	127	12	360	182	23
8	3,2	0,50	20	8,2	0,60	35,5	18,3	1,25	70	24,5	3,00	112	57	6,00	180	92	10,00	125,00	71,00	6,00	300	127	13	370	202	25
8	4,2	0,20	20	8,2	0,70	35,5	18,3	2,00	70	24,5	3,50	125	51	4,00	180	92	13,00	140,00	72,00	5,00	300	127	14	370	202	26
8	4,2	0,30	20	8,2	0,80	40	14,3	1,25	70	25,5	2,00	125	51	4,00	200	82	8,00	150,00	61,00	5,00	300	127	15,3	380	152	19
8	4,2	0,40	20	8,2	0,90	40	14,3	1,50	70	30,5	2,50	125	51	5,00	200	82	10,00	150,00	61,00	6,00	300	127	16	380	192	13,5
10	3,2	0,30	20	8,2	1,00	40	14,3	1,75	70	30,5	3,00	125	51	5,00	200	82	12,00	150,00	71,00	6,00	300	127	17	380	192	25
10	3,2	0,40	20	10,2	0,40	40	14,3	2,00	70	35,5	3,00	125	51	6,00	200	92	10,00	160,00	82,00	4,30	300	127	17,4	380	202	12
10	3,2	0,50	20	10,2	0,50	40	16,3	1,50	70	35,5	3,50	125	51	6,00	200	92	12,00	160,00	82,00	6,00	300	152	8,5	380	202	15
10	4,2	0,10	20	10,2	0,80	40	16,3	1,75	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	92	14,00	180,00	92,00	4,80	300	152	10	380	212	18
10	4,2	0,50	20	10,2	0,90	40	16,3	2,00	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	102	8,00	180,00	92,00	6,00	300	152	12	400	202	10
10	4,2	0,60	20	10,2	1,00	40	18,3	2,00	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	10,00	200,00	82,00	5,00	300	152	13	400	202	12
10	5,2	0,25	20	10,2	1,10	40	20,4	1,50	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	12,00	200,00	82,00	6,00	300	152	14	400	202	14
10	5,2	0,40	22,5	11,2	0,60	40	20,4	2,00	70	40,5	5,00	125	64	3,50	200	102	14,00	200,00	82,00	8,50	300	152	14,5	400	202	16
10	5,2	0,50	22,5	11,2	0,80	40	20,4	2,25	70	40,5	5,00	125	64	5,00	200	112	12,00	200,00	82,00	13,00	300	152	15	400	202	19
12	4,2	0,40	23	8,2	0,70	40	20,4	2,50	71	36	2,00	125	64	5,00	200	112	14,00	200,00	102,00	5,50	300	152	15,5	400	202	20,3
12	4,2	0,50	23	8,2	0,80	45	22,4	1,25	71	36	2,50	125	64	6,00	200	112	16,00	200,00	102,00	8,30	300	152	16,1	400	202	21,2
12	4,2	0,60	23	8,2	0,90	45	22,4	1,75	71	36	4,00	125	64	6,00	225	112	6,50	200,00	9,00	300,00	300	152	16,5	400	202	22,5
12	5,2	0,50	23	10,2	0,90	45	22,4	2,50	71	36	4,00	125	71	6,00	225	112	8,00	200,00	102,00	11,00	300	152	17	400	202	30
12	5,2	0,60	23	10,2	1,00	48	16,3	1,50	80	30,5	2,50	125	71	6,00	225	112	12,00	200,00	112,00	6,00	300	152	18	440	212	18,5
12	6,2	0,50	23	12,2	1,00	50	18,4	1,25	80	31	3,00	140	72	3,80	225	112	16,00	200,00	112,00	15,00	300	152	18,5	440	252	25
12	6,2	0,60	25	12,2	0,70	50	18,4	1,50	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	10,00	225,00	112,00	9,00	300	152	19,5	450	202	25,5
12,5	6,2	0,35	25	12,2	0,90	50	18,4	2,00	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	12,00	225,00	112,00	10,00	300	152	20	450	252	21
12,5	6,2	0,50	28	10,2	0,80	50	18,4	2,50	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	7,00	225,00	112,00	10,80	300	152	20,5	450	252	25
12,5	6,2	0,70	28	10,2	1,00	50	18,4	3,00	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	8,00	250,00	127,00	7,50	182	12	600	470	237	33
14	7,2	0,35	28	12,2	1,00	50	20,4	2,00	80	36	3,00	150	61	6,00	250	127	10,00	250,00	127,00	9,00	320	172	8,1	480	252	20,3
14	7,2	0,50	28	14,2	0,80	50	20,4	2,50	80	41	2,25	150	61	6,00	250	127	12,00	250,00	127,00	9,20	320	172	9	480	252	20,7
14	7,2	0,60	28	14,2	1,00	50	22,4	2,00	80	41	3,00	150	71	6,00	250	127	14,00	250,00	127,00	10,50	320	172	13	500	202	37
15	5,2	0,40	31,5	16,3	0,80	50	22,4	2,50	80	41	4,00	150	71	6,00	250	127	16,00	250,00	127,00	11,00	320	172	15	500	242	32
15	5,2	0,50	34	12,3	1,00	50	25,4	1,25	80	41	4,00	160	82	4,30	70,00	35,50	4,00	250,00	127,00	13,00	340	172	9,2	500	252	19
15	5,2	0,60	35,5	18,3	0,90	50	25,4	1,50	80	41	5,00	160,00	82,00	4,30	70,00	40,50	4,00	250,00	127,00	13,50	340	172	9,5	600	282	22
15	5,2	0,70	40	20,4	1,00	50	25,4	2,00	80	41	5,00	160	82	6,00	70	40,5	5,00	250,00	127,00	14,50	340	172	10,5	282	24	
15	6,2	0,50	22,5	11,2	1,25	50	25,4	2,25	90	46	2,50	160,00	82,00	10,00	71,00	36,00	4,00	250,00	127,00	15,00	340	172	11			
15	6,2	0,60	23	12,2	1,25	50	25,4	2,50	90	46	3,50	180	92	4,80	80,00	31,00	4,00	250,00	127,00	16,80	340	172	11,5			
15	6,2	0,70	23	12,2	1,50	50	25,4	3,00	90	46	5..00	180	92	6,00	80,00	35,50	4,00	250,00	127,00	17,50	340	172	12,5			
15	8,2	0,70	25	12,2	1,50	56	28,5	1,50	90	46	5,00	180	92	6,00	80,00	41,00	4,00	250,00	127,00	18,50	340	172	13,5			
15	8,2	0,80	28	10,2	1,25	56	28,5	2,00	100	41	4,00	180	92	6,00	80,00	41,00	5,00	270	127	10,65	340	172	13,7			
16	8,2	0,40	28	10,2	1,50	56	28,5	2,50	100	41	4,00	200	102	5,50	90,00	46,00	5,00	270	142	22	340	172	14,2			
16	8,2	0,60	28	12,2	1,25	56	28,5	3,00	100	41	5,00	200	102	5,50	100,00	41,00	4,00	280	127	12	340	172	14,6			
16	8,2	0,90	28	12,2	1,50	60	20,5	2,00	100	41	5,00	100	51	7,00	100,00	41,00	5,00	280	127	19	340	172	15,3			
18	6,2	0,40	28	14,2	1,25	60	20,5	2,50	100	51	2,70	125	61	8,00	100,00	51,00	4,00	280	142	12	340	172	15,8			
18	6,2	0,50	28	14,2	1,50	60	20,5	3,00	100	51	3,50	125	64	7,00	100,00	51,00	5,00	280	142	15	340	172	16,2			
18	6,2	0,60	31,5	16,3	1,25	60	25,5	2,50	100	51	4,00	125	64	8,00	100,00	51,00	6,00	280	142	16,6	340	172	17			
18	6,2	0,70	31,5	16,3	1,50	60	25,5	3,00	100	51	5,00	125	71	8,00	112,00	57,00	4,00	280	142	17,45	340	172	17,3			
18	6,2	0,80	31,5	16,3	1,75	60	30,5	2,50	100	51	5,00	125	71	10,00	112,00	57,00	6,00	280	142	18	340	172	18			
18	8,2	0,70	31,5	16,3	2,00	60	30,5	2,75	100	51	5,00	140	72	8,00	125,00	51,00	4,00	280	142	18,9	340	172	20			
18	8,2	0,80	34	12,3	1,25	60	30,5	3,00	100	51	6,00	150	61	7,00	125,00	51,00	5,00	280	142	20,3	340	172	22			
18	8,2	1,00	34	12,3	1,50	60	30,5	3,50	100	51	6,00	150	71	8,00	125,00	51,00	6,00	280	142	22	360	182	15,5			
18	9,2	0,45	34	14,3	1,25	63	31	1,80	112	57	3,00	150	81	8,00	125,00	61,00	5,00	280	152	12,8	360	182	20			
18	9,2	0,70	34	14,3	1,50	63	31	2,50	112	57	4,00	150	81	10,00	125,00	61,00	6,00	280	152	15	360	182	21			

Groupe 1

Groupe 2
rondelles ressorts avec surface d'appui et épaisseur réduite

Groupe 3
De : diamètre extérieur
Di : diamètre intérieur
t : épaisseur matière

Rondelles ressorts norme usine Mubea

Maurin Fixation

Prestation de contrôle des produits de fixation

Accompagnement pour la sécurisation de vos produits de fixation

MAURIN FIXATION dispose d'un laboratoire de contrôle au sein duquel des **contrôles de conformité et d'expertises** sont effectués.

Nous réalisons des essais tels que :

- **Traction : charge à rupture, charge d'épreuve, allongement** (machine de traction 700 KN).
- **Essai de serrage, coefficient de frottement, autofreinage** (banc couple/tension).
- **Mesure de dureté, métallographie** (machine de dureté Vickers).
- **Mesure d'épaisseur de revêtement** (fluorescence X).
- **Mesure de couple** (clef dynamométrique).
- **Mesure dimensionnelle** (2D optique, projecteur de profil, PC, micromètre).
- **Contrôle par gabarit** (bagues et tampons filetés).

Retrouvez la grille tarifaire
de nos prestations de contrôle sur
fixation.emile-maurin.fr

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.3 Notions élémentaires de mécanique

0.4 Notions élémentaires sur le traitement thermique

12. QUALITÉ, CONTRÔLE ET NON-CONFORMITÉ

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

16 Couples de serrage pour visserie en acier ou inox

17 Caractéristiques mécaniques et physiques de la visserie et les matériaux associés

18 Tables de conversion des duretés

5 Caractéristiques mécaniques

5.0 Vis, goujons et tiges filetées en acier carbone

Filetages à pas gros et filetage à pas fin (NF EN ISO 898-1 Mai 2013, norme en cours de révision)

Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 898 spécifie les caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetées en acier au carbone et en acier allié, soumis à essai dans la plage de température ambiante de 10 °C à 35 °C. Les fixations (terme utilisé lorsque les vis, goujons et tiges filetées sont considérés dans leur ensemble) conformes aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 sont évaluées dans cette plage de température ambiante. Les fixations peuvent ne pas conserver les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées à des températures élevées (voir Annexe B) et/ou basses.

Note 1 : Les fixations conformes aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 sont utilisées pour des applications dans la plage de températures de –50 °C à +150 °C. Il est conseillé aux utilisateurs de consulter un métallurgiste expérimenté en fixations pour une utilisation en dehors de cette plage de –50 °C à +150 °C et au-delà jusqu'à une température maximale de +300 °C, afin de déterminer les choix appropriés pour une application donnée.

Note 2 : Des informations relatives à la sélection et à l'utilisation des aciers à basses et à hautes températures figurent par exemple dans l'EN 10269, l'ASTM F2281 et l'ASTM A320/A320M.

Certaines vis peuvent ne pas satisfaire aux exigences de résistance à la traction ou à la torsion de la présente partie de l'ISO 898, en raison de la géométrie de leur tête dont la section cisaillée dans la tête est inférieure à la section résistante dans le filetage. Cela concerne les vis à tête basse ou réduite ou fraisée.

La présente partie de l'ISO 898 s'applique aux vis, goujons et tiges filetées :

- en acier au carbone ou en acier allié,
- à filetage métrique ISO triangulaire conforme à l'ISO 68-1,
- de filetage M1,6 à M39 pour les pas gros, et de filetage M8×1 à M39×3 pour les pas fins,
- de combinaisons diamètre/pas conformes à l'ISO 261 et à l'ISO 262, et
- de tolérance de filetage conforme à l'ISO 965-1, l'ISO 965-2 et l'ISO 965-4.

Elle ne s'applique pas aux vis sans tête et fixations filetées similaires non soumises à des contraintes de traction (voir l'ISO 898-5).

Elle ne spécifie aucune exigence pour des caractéristiques telles que :

- la soudabilité,
- la résistance à la corrosion,
- la résistance au cisaillement,
- les caractéristiques fonctionnelles de couple/tension (pour la méthode d'essai, voir l'ISO 16047), ou
- la résistance à la fatigue.

Système de désignation des classes de qualité

Le symbole des classes de qualité des vis, goujons et tiges filetées se compose de deux nombres, séparés par un point (voir Tableaux 5.0-1 à 5.0-3) :

- le nombre à gauche du point, constitué d'un ou deux chiffres, représente le 1/100 de la valeur nominale de la résistance à la traction, $R_{m,nom,}$ en mégapascals (voir Tableau 5.0-3, n°1) ;
- le nombre à droite du point représente 10 fois le rapport entre la valeur nominale de la limite d'élasticité et la valeur nominale de la résistance à la traction, $R_{m,nom,}$ comme spécifié dans le 5.0-1 (rapport de limite d'élasticité). La limite d'élasticité nominale spécifiée dans le Tableau 5.0-3 (n°2 à n°4) correspond :
  - à la limite inférieure d'écoulement nominale, $R_{eL,nom,}$ ou
  - à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % nominale, $R_{p0,2,nom,}$ ou
  - à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d nominale, $R_{pf,nom}$.

Nombre à droite du point	.6	.8	.9
$\frac{R_{eL,nom}}{R_{mnom}}$ ou $\frac{R_{p0.2nom}}{R_{mnom}}$ ou $\frac{R_{pfnom}}{R_{mnom}}$	0.6	0.8	0.9

5.0-1
Rapport entre la valeur nominale de la limite apparente d'élasticité et la valeur nominale de la résistance à la traction.

Lorsqu'un zéro est ajouté à gauche de la classe de qualité, cela signifie que les fixations ont une capacité de charge réduite (voir paragraphes "capacités de charge des fixations" et "Marquage et identification des fixations à capacité de charge réduite").

Exemple 1 : Une fixation de résistance nominale à la traction $R_{m,nom}$ = 800 MPa et de rapport de limite d'élasticité égal à 0,8 est de classe de qualité 8.8.

Exemple 2 : Une fixation dont les caractéristiques du matériau sont de classe de qualité 8.8 mais à capacité de charge réduite est désignée par 08.8. La multiplication de la résistance nominale à la traction par le rapport de limite d'élasticité donne la valeur nominale de la limite d'élasticité en mégapascals (MPa).

Le marquage et l'étiquetage de la classe de qualité pour les vis, goujons et tiges filetées doivent être tels que spécifiés au paragraphe "Marquage et identification des fixations à capacité de charge intégrale". Pour les fixations à capacité de charge réduite, des symboles spécifiques de marquage sont spécifiés au paragraphe "Marquage et identification des fixations à capacité de charge réduite".

Le système de désignation de la présente partie de l'ISO 898 peut être utilisé pour des dimensions en dehors des limites du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 898 (par exemple d > 39 mm), à condition que toutes les exigences applicables conformément aux tableaux 5.0-1 et 5.0-3 soient satisfaites.

Le Tableau 5.0-2 spécifie les valeurs limites pour la composition chimique des aciers et les températures minimales de revenu pour les différentes classes de qualité des vis, goujons et tiges filetées. La composition chimique doit être évaluée conformément aux normes internationales pertinentes.

5.0-2 - **Aciers**

Classes de qualité	Matériau et traitement thermique	Limites de composition chimique (analyse sur produit, %)[a]					Température de revenu
		C		P	S	B[b]	°C
		min	max	max	max	max	min
4.6[c,d]	Acier au carbone ou acier au carbone avec éléments d'alliage	-----	0.55	0.050	0.060	Non spécifiées	----
4.8[d]							
5.6[c]		0.13	0.55	0.050	0.060		
5.8[d]		----	0.55	0.050	0.060		
6.8[d]		0.15	0.55	0.050	0.060		
8.8[f]	Acier au carbone avec éléments d'alliage (par exemple Bore, Mn ou Cr), trempé et revenu ou	0.15[e]	0.40	0.025	0.025	0.003	425
	Acier au carbone trempé et revenu ou	0.25	0.55	0.025	0.025		
	Acier allié trempé et revenu[g]	0.20	0.55	0.025	0.025		
9.8[f]	Acier carbone avec éléments d'alliage (par exemple Bore, Mn ou Cr), trempé et revenu ou	0.15[e]	0.40	0.025	0.025	0.003	425
	Acier au carbone avec éléments d'alliage (par exemple Bore, Mn ou Cr), trempé et revenu ou	0.25	0.55	0.025	0.025		
	Acier allié trempé et revenu[g]	0.20	0.55	0.025	0.025		
10.9[f]	Acier carbone avec éléments d'alliage (par exemple Bore, Mn ou Cr), trempé et revenu ou	0.20[e]	0.55	0.025	0.025	0.003	425
	Acier au carbone trempé et revenu ou	0.25	0.55	0.025	0.025		
	Acier allié trempé et revenu[g]	0.20	0.55	0.025	0.025		
12.9 [f,h,i]	Acier allié trempé et revenu[g]	0.30	0.50	0.025	0.025	0.003	425
12.9 [f,h,i]	Acier au carbone avec éléments d'alliage (par exemple Bore, Mn ou Cr), trempé et revenu	0.28	0.50	0.025	0.025	0.003	380

[a] en cas de litige, l'analyse sur produit s'applique
[b] la teneur en bore peut atteindre 0.005% à condition que le bore non efficace par l'adjonction de titane et/ou d'aluminium
[c] pour les éléments de fixation à froid de classes de qualité 4.6 et 5.6, un traitement thermique du fil utilisé pour le forgeage à froid ou un traitement thermique des éléments de fixation forgés à froid peut être nécessaire afin d'obtenir la ductilité requise.
[d] L'acier de décolletage est autorisé pour ces classes de qualité à condition que la teneur en soufre, phosphore et plomb ne dépasse pas les valeurs suivantes : soufre 0.34%, phosphore 0.11%, plomb 0.35%.
[e] Pour les aciers au bore dont la teneur en carbone est inférieure à 0.25% (analyse sur produit), la teneur minimale en manganèse doit être de 0.6% pour la classe de qualité 8.8 et de 0.7% pour les classes de qualité 9.8 et 10.9.
[f] Les matériaux de ces classes de qualité doivent être d'une trempabilité suffisante afin d'obtenir une structure présentant approximativement 90% de martensite à cœur dans la partie filetée des éléments de fixation à l'état trempé, avant le revenu.
[g] Cet acier allié doit contenir au moins l'un des éléments suivants dans la quantité minimale donnée : chrome 0.30%, nickel 0.30%, molybdène 0.20%, vanadium 0.10%. Lorsque les éléments sont combinés par deux, trois ou quatre et ont des teneurs en alliages inférieurs à celles indiquées ci-dessus, la valeur limite à appliquer pour la détermination de la classe d'acier est 70% de la somme des valeurs limites individuelles ci-dessus pour les deux, trois ou quatre éléments concernés.
[h] Une couche enrichie de phosphore blanc détectable de manière métallographique n'est pas permise pour la classe de qualité 12.9/12.9. Elle doit être détectée au moyen d'une méthode d'essai appropriée.
[i] La classe de qualité 12.9/12.9 doit être utilisée avec précaution. Il convient de tenir compte de l'aptitude du fabriquant d'éléments de fixation des conditions de fonctionnement et de l'assemblage. L'environnement peut générer des fissures de corrosion sous contrainte des éléments de fixation, qu'ils soient revêtus ou non.

Note : Les réglementations nationales restreignant ou interdisant certains composants chimiques sont à prendre en compte en fonction du pays ou de la région concernée.

Pour les fixations destinées à être galvanisées à chaud, les exigences supplémentaires pour les matériaux de l'ISO 10684 s'appliquent.

Caractéristiques mécaniques et physiques

Les vis, goujons et tiges filetées dont la classe de qualité est spécifiée doivent avoir, à température ambiante[2], les caractéristiques mécaniques et physiques applicables conformes aux Tableaux 5.0-3 à 5.0-7, quels que soient les essais effectués en cours de production ou lors d'une inspection finale.

L'Article 8 définit les conditions d'application des méthodes d'essai utilisées pour vérifier que les fixations de différentes formes et de différentes dimensions sont conformes aux caractéristiques définies dans le Tableau 5.0-3 et dans les Tableaux 5.0-4 à 5.0-7.

Note 1 : Même si les propriétés du matériau des fixations satisfont à toutes les exigences applicables spécifiées des Tableaux 5.0-2 et 5.0-3, certaines fixations présentent une capacité de charge réduite du fait de leur forme ou de leurs dimensions (voir paragraphes "Capacité de charge des fixations", "Essai de résistance à la traction sur vis à capacité de charge réduite du fait de la forme de leur tête" et "Essai de résistance à la traction sur vis et goujons à tige très réduite (élégie)").

Note 2 : Bien qu'un grand nombre de classes de qualité soient définies dans la présente partie de l'ISO 898, cela ne signifie pas que toutes les classes conviennent à toutes les fixations. Des informations complémentaires sur l'application des classes de qualité spécifiques figurent dans les normes de produit concernées. Pour les fixations non normalisées, il est conseillé de suivre aussi étroitement que possible le choix déjà fait pour les fixations normalisées analogues.

5.0-3 - **Caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetées**

N°	Caractéristiques mécaniques ou physiques		Classes de qualité									
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 du 16 mm[a]	8.8 d > 16 mm[b]	9.8 du 16 mm	10.9	12.9/12.9
1	Résistance à la traction R_m MPA	nom.c	400		500		600	800		900	1000	1200
		min	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
2	Limite inférieure d'écoulement R_{el}^d MPa	nom.c	240	----	300	----	----	----	----	----	----	----
		min	240	----	300	----	----	----	----	----	----	----
3	Limite conventionnelle d'élasticité à 0.2% $R_{p0.2}$ MPa	nom.c	----	----	----	----	----	640	640	720	900	1080
		min	----	----	----	----	----	640	660	720	940	1100
4	Limite conventionnelle d'élasticité à 0.0048 *d* sur produits entiers R_{pf} MPa	nom.c	----	320	----	400	400	----	----	----	----	----
		min	----	340[e]	----	420[e]	480[e]	----	----	----	----	----
5	Contrainte à la charge d'épreuve, S_p^f MPa	nom	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
	Rapport des contraintes à la charge d'épreuve/limite d'élasticité	$S_{pnom}/R_{el.min}$ ou S_{pnom}/R_{p02min} ou S_{pnom}/R_{pfmin}	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88
6	Allongement après rupture sur éprouvette A%	min	22	----	20	----	----	12	12	10	9	8

N°	Caractéristiques mécaniques ou physiques		Classes de qualité									
			4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/12.9
								du 16 mm[a]	d > 16 mm[b]	du 16 mm		
7	Striction après rupture sur éprouvette Z%	min	----					52		48	48	44
8	Allongement après rupture sur produits entiers A (voir également annexe C)	min	----	0.24	----	0.22	0.20	----	----	----	----	----
9	Solidité de tête		Pas de rupture									
10	Dureté Vickers, HV F 98N	min	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385
		max	220[g]				250	320	335	360	380	435
11	Dureté Brinell HBW F=30D[2]	min	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366
		max	209[g]				238	304	318	342	361	414
12	Dureté de Rockwell HRB	min	67	71	79	82	89	----				
		max	95.0[g]				99.5	----				
	Dureté de Rockwell HRC	min	----					22	23	28	32	39
		max	----					32	34	37	39	44
13	Dureté superficielle, HV 0.3	max	----					[h]			[h,i]	[h,j]
14	Hauteur de la zone non décarburée dans le filetage *E*,mm	min	----					½ H1			2/3H1	3/4H1
	Profondeur de décarburation totale dans le filetage *G*,mm	max	----					0.015				
15	Réduction de dureté après le deuxième revenu, HV	max	----					20				
16	Couple de rupture M_B Nm	min	----					Conformément à l'ISO 898-7				
17	Résilience K_v [k,l] J	min	----		27	----		27	27	27	27	[m]
18	Défauts de surface, conformément à		ISO 6157-1[n]									ISO 6157-3

[a] les valeurs ne s'appliquent pas à la boulonnerie de construction métallique
[b] Pour les boulons destinés à la construction métallique *J* > M12.
[c] Les valeurs nominales ne sont spécifiées que pour les besoins du système de désignation des classes de qualité. Voir chapitre "Système de désignation des classes de qualité".
[d] Lorsque la limite inférieure d'écoulement M_{eL} ne peut être déterminée, il est admis de mesurer la limite conventionnelle d'élasticité à 0.2% $Kp_{0.2}$
[e] Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, les valeurs $K_{pf\ min}$ sont à l'étude. Ces valeurs ne sont indiquées que pour le calcul du ratio des contraintes charge d'épreuve/limite d'élasticité, il ne s'agit pas de valeurs d'essai.
[f] Les charges d'épreuve figurent dans les tableaux 5.0-5 et 5.0-7
[g] La dureté déterminée à l'extrémité d'un élément de fixation doit être de 250 HV, 238 HB ou 99.5 HRB maximum
[h] La dureté superficielle de l'élément de fixation ne doit pas être supérieure de plus de 30 unités Vickers à la dureté mesurée à cœur, la détermination de la dureté superficielle et de la dureté à cœur étant effectuée à HV 0.3
[i] Toute augmentation de la dureté à la surface indiquant que la dureté superficielle dépasse 390 HV est inacceptable
[j] Toute augmentation de la dureté à la surface indiquant que la dureté superficielle dépasse 435 HV est inacceptable
[k] Les valeurs sont déterminées à une température d'essai de -20°C, voir paragraphe "Essai de résilience sur éprouvettes".
[l] S'applique à *d* > 16 mm
[m] La valeur de Kv est à l'étude
[n] Il est possible d'appliquer l'ISO 6157-3 au lieu de l'ISO 6157-1 par accord entre le fabriquant et le client.

5.0-4 - **Charges minimales de rupture - Filetage métrique ISO à pas gros**

Filetage [a] d	Section résistante nominale $A_{s.nom}$ [b] mm2	Classe de qualité								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
		Charge minimale de rupture $F_{m\,mn}$ (A_{snom} x $R_{m/mm}$) N								
M3	5.03	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3.5	6.78	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8.78	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14.2	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20.1	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28.9	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36.6	14 600[c]	15 400	18 300[c]	19 000	22 000	29 200[c]	32 900	38 100[c]	44 600
M10	58	23 200[c]	24 400	29 000[c]	30 200	34 800	46 400[c]	52 200	60 300[c]	70 800
M12	84.3	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400[d]	75 900	87 700	103 000
M14	115	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000[d]	104 000	120 000	140 000
M16	157	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000[d]	141 000	163 000	192 000
M18	192	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	----	200 000	234 000
M20	245	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	----	255 000	299 000
M22	303	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	----	315 000	370 000
M24	353	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	----	367 000	431 000
M27	459	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	----	477 000	560 000
M30	561	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	----	583 000	684 000
M33	694	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	----	722 000	847 000
M36	817	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	----	850 000	997 000
M39	976	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	----	1 020 000	1 200 000

[a] l'absence d'indication du pas dans la désignation d'un filetage signifie que le pas gros est spécifié
[b] Pour le calcul de A_{snom}, voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction Rm"
[c] Pour les éléments de fixation de tolérance de filetage 6az conformément à l'ISO 965-4 destinés à la galvanisation à chaud, les valeurs réduites conformes à celles de l'Annexe A de l'ISO 10684 : 2004 s'appliquent.
[d] Pour les boulons destinés à la construction métallique, les valeurs 70 000 N (pour M12), 95 500 N (pour M14) et 130 000 N (pour M16) s'appliquent respectivement.

5.0-5 - **Charges d'épreuve - Filetage métrique ISO à pas gros**

Filetage [a] d	Section résistante nominale $A_{s.nom}$ [b] mm2	Classe de qualité								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
		Charge d'épreuve F_p (A_{snom} x $S_{\wedge pnom}$) N								
M3	5.03	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 920	3 270	4 180	4 880
M3.5	6.78	1 530	2 100	1 900	2 580	2 980	3 940	4 410	5 630	6 580
M4	8.78	1 980	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M5	14.2	3 200	4 400	3 980	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M6	20.1	4 520	6 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M7	28.9	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M8	36.6	8 240[c]	11 400	10 200[c]	13 900	16 100	21 200[c]	23 800	30 400[c]	35 500
M10	58	13 000[c]	18 000	16 200[c]	22 000	25 500	33 700[c]	37 700	48 100[c]	56 300
M12	84.3	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900[d]	54 800	70 000	81 800
M14	115	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700[d]	74 800	95 500	112 000
M16	157	35 300	48 700	44 000	59 700	69 100	91 000[d]	102 000	130 000	152 000
M18	192	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115 000	----	159 000	186 000
M20	245	55 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	----	203 000	238 000
M22	303	68 200	93 900	84 800	115 000	133 000	182 000	----	252 000	294 000
M24	353	79 400	109 000	98 800	134 000	155 000	212 000	----	293 000	342 000
M27	459	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	----	381 000	445 000
M30	561	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	----	466 000	544 000
M33	694	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	----	576 000	673 000
M36	817	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	----	678 000	792 000
M39	976	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	----	810 000	947 000

[a] L'absence d'indication du pas dans la désignation d'un filetage signifie que le pas gros est spécifié
[b] Pour le calcul de A_{snom}, voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction Rm"
[c] Pour les éléments de fixation de tolérance de filetage 6az conformément à l'ISO 965-4 destinés à la galvanisation à chaud, les valeurs réduites conformes à celles de l'Annexe A de l'ISO 10684 : 2004 s'appliquent.
[d] Pour les boulons destinés à la construction métallique, les valeurs 50 700 N (pour M12), 68 800 N (pour M14) et 94 500 N (pour M16) s'appliquent respectivement.

5.0-6 - **Charges minimales de rupture - Filetage métrique ISO à pas fin**

Filetage [a] dxP	Section résistante nominale $A_{s.nom}$ [a] mm2	Classe de qualité								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
		Charge minimale de rupture $F_{m\,min}$ (A_{snom} x $R_{m/min}$) N								
M8 x 1	39.2	15 700	16 500	19 600	20 400	23 500	31 360	35 300	40 800	47 800
M10 x 1.25	61.2	24 500	25 700	30 600	31 800	36 700	49 000	55 100	63 600	74 700
M10 x 1	64.5	25 800	27 100	32 300	33 500	38 700	51 600	58 100	67 100	78 700
M12 x 1.5	88.1	35 200	37 000	44 100	45 800	52 900	70 500	79 300	91 600	107 000
M12 x 1.25	92.1	36 800	38 700	46 100	47 900	55 300	73 700	82 900	95 800	112 000
M14 x 1.5	125	50 000	52 500	62 500	65 000	75 000	100 000	112 000	130 000	152 000
M16 x 1.5	167	66 800	70 100	83 500	86 800	100 000	134 000	150 000	174 000	204 000
M18 x 1.5	216	86 400	90 700	108 000	112 000	130 000	179 000	----	225 000	264 000
M20 x 1.5	272	109 000	114 000	136 000	141 000	163 000	226 000	----	283 000	332 000
M22 x 1.5	333	133 000	140 000	166 000	173 000	200 000	276 000	----	346 000	406 000
M24 x 2	384	154 000	161 000	192 000	200 000	230 000	319 000	----	399 000	469 000
M27 x 2	496	198 000	208 000	248 000	258 000	298 000	412 000	----	516 000	605 000
M30 x 2	621	248 000	261 000	310 000	323 000	373 000	515 000	----	646 000	758 000
M33 x 2	761	304 000	320 000	380 000	396 000	457 000	632 000	----	791 000	928 000
M36 x 3	865	346 000	363 000	432 000	450 000	519 000	718 000	----	900 000	1 055 000
M39 x 3	1 030	412 000	433 000	515 000	536 000	618 000	855 000	----	1 070 000	1 260 000

[a] Pour le calcul de $A_{snom,}$ voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction Rm"

5.0-7 - **Charges d'épreuve - Filetage métrique ISO à pas fin**

Filetage [a] dxP	Section résistante nominale $A_{s.nom}$ [a] mm2	Classe de qualité								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
		Charge dépreuve F_p (A_{snom} x $S_{p/nom}$) N								
M8 x 1	39.2	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M10 x 1.25	61.2	13 800	19 000	17 100	23 300	26 900	35 500	39 800	50 800	59 400
M10 x 1	64.5	14 500	20 000	20 000	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M12 x 1.5	88.1	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M12 x 1.25	92.1	20 700	28 600	25 800	35 000	40 500	53 400	59 900	76 400	89 300
M14 x 1.5	125	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M16 x 1.5	167	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M18 x 1.5	216	48 600	67 000	60 500	82 100	95 000	130 000	----	179 000	210 000
M20 x 1.5	272	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	----	226 000	264 000
M22 x 1.5	333	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	----	276 000	323 000
M24 x 2	384	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	----	319 000	372 000
M27 x 2	496	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	----	412 000	481 000
M30 x 2	621	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	----	515 000	602 000
M33 x 2	761	171 000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	----	632 000	738 000
M36 x 3	865	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	----	718 000	839 000
M39 x 3	1 030	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	----	855 000	999 000

[a] Pour le calcul de $A_{snom,}$ voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction Rm"

La résistance au cisaillement

La norme ISO 898-1 ne définit pas le cisaillement, mais une norme française le fait : NF E25-015 voir chapitre 5.53 page 186.

Conditions d'application des méthodes d'essai

Généralités

Les essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des fixations spécifiées dans le Tableau 5.0-3 sont regroupés en deux catégories principales, FF et MP. Le groupe FF est utilisé pour les essais sur les fixations finies. Le groupe MP est utilisé pour les essais du matériau des fixations. Les deux groupes sont respectivement divisés en séries d'essais FF1, FF2, FF3, FF4, et MP1, MP2 pour les différentes sortes de fixations.

Cependant, il n'est pas possible de vérifier toutes les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées dans le Tableau 5.0-3 pour toutes les fixations quelles que soient leur forme ou dimensions, et ce principalement du fait de limites dimensionnelles et/ou de capacité de charge.

Capacité de charge des fixations

Fixations à capacité de charge intégrale

Une fixation à capacité de charge intégrale est une fixation finie, normalisée ou non, pour laquelle, lorsqu'elle est soumise à l'essai de traction conformément aux séries d'essais FF1, FF2 ou MP2,

- la rupture se produit
  - dans la partie filetée libre, pour les fixations avec $d_s > d_2$, ou
  - dans la partie filetée libre ou dans la partie lisse (tige), pour les fixations avec $d_s \simeq d_2$, et
- la charge de rupture minimale $F_{m,min}$ est conforme au Tableau 5.0-4 ou 5.0-6.

Fixations à capacité de charge réduite du fait de leur géométrie

Une fixation à capacité de charge réduite est une fixation finie, normalisée ou non, dont les propriétés du matériau sont conformes aux exigences prévues par sa classe de qualité telles que définies dans la présente partie de l'ISO 898 mais qui, du fait de sa géométrie, ne satisfait pas aux exigences d'essais des séries d'essais FF1, FF2 ou MP2 en termes de capacité de charge.

La rupture d'une fixation à capacité de charge réduite ne se produit généralement pas dans la partie filetée libre lorsqu'elle est soumise à l'essai de traction de la série d'essais FF3 ou FF4.

La capacité de charge réduite des fixations par rapport à la charge de rupture dans le filetage est due aux deux raisons principales suivantes, d'ordre géométrique :

- une conception de la tête, applicable aux vis :
  - à tête basse et/ou réduite avec ou sans entraînement externe, ou
  - à tête cylindrique basse et/ou réduite à entraînement interne, ou
  - à tête fraisée à entraînement interne;
- une conception de la partie lisse (tige), applicable aux fixations spécifiquement conçues pour des applications ne nécessitant ou ne prévoyant pas une capacité de charge intégrale conformément à la présente partie de l'ISO 898, par exemple vis à tige très réduite (élégi).

Contrôle/essai effectué par le fabricant

Les fixations fabriquées conformément à la présente partie de l'ISO 898 doivent être en mesure de satisfaire à toutes les exigences applicables des Tableaux 5.0-3 à 5.0-7, en utilisant les méthodes d'essai «réalisables».

La présente partie de l'ISO 898 n'impose pas au fabricant les essais qui doivent être effectués sur chaque lot de fabrication. Il est de la responsabilité du fabricant d'appliquer les méthodes appropriées de son choix, telles que contrôle en cours de fabrication ou contrôle final, afin de s'assurer que le lot de fabrication est bien conforme à l'ensemble des exigences applicables.

En cas de litige, les méthodes d'essais spécifiées dans le chapitre «Méthodes d'essai» doivent s'appliquer.

Contrôle/essai effectué par le fournisseur

Le fournisseur peut contrôler les fixations qu'il fournit en utilisant les méthodes de son choix pourvu que les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées dans les Tableaux 5.0-3 à 5.0-7 soient respectées.

En cas de litige, les méthodes d'essais spécifiées dans le chapitre «Méthodes d'essai» doivent s'appliquer.

Contrôle/essai effectué par le client

Le client peut contrôler les fixations livrées au moyen des méthodes d'essais données dans le chapitre «Méthodes d'essai», en choisissant les essais applicables dans les séries d'essais appropriés tels que définis au paragraphe «Essais réalisables par groupe de fixations et éprouvettes ».

En cas de litige, les méthodes d'essais spécifiées dans le chapitre «Méthodes d'essai» doivent s'appliquer.

Essais réalisables par groupe de fixations et éprouvettes

Généralités

Les conditions d'application des séries d'essais FF1 à FF4 et MP1 à MP2 sont spécifiées dans la partie "Méthodes d'essai" de ce chapitre.

Les séries d'essais FF1 à FF4 s'appliquent aux essais des fixations finies :

- **FF1** : essais pour la détermination des caractéristiques des vis finies, à tête normale et à tige normale ou réduite (capacité de charge intégrale), $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- **FF2** : essais pour la détermination des caractéristiques des goujons finis à tige normale ou réduite, et des tiges filetées finies (à capacité de charge intégrale), $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- **FF3** : essais pour la détermination des caractéristiques des vis finies avec $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$ et à capacité de charge réduite, en raison
  - d'une tête basse et/ou réduite avec ou sans entraînement externe, ou
  - d'une tête cylindrique basse et/ou réduite à entraînement interne, ou
  - d'une tête fraisée à entraînement interne ;

- **FF4** : essais pour la détermination des caractéristiques des vis, goujons et tiges filetées finis spécifiquement conçus pour des applications ne nécessitant ou ne prévoyant pas une capacité de charge intégrale conformément à la présente partie de l'ISO 898, par exemple fixations à tige très réduite (élégie), $d_s < d_2$ (capacité de charge réduite).

  Les séries d'essais MP1 et MP2 s'appliquent aux essais des propriétés des matériaux des fixations, et/ou pour la mise au point des procédés de fabrication. Les séries d'essais FF1 à FF4 peuvent également être utilisées à cet effet.
- **MP1** : essais pour la détermination des propriétés des matériaux des fixations et/ou pour la mise au point des procédés de fabrication utilisant des éprouvettes.
- **MP2** : essais pour la détermination des propriétés des matériaux des fixations à capacité de charge intégrale et/ou pour la mise au point des procédés de fabrication, $d_s \simeq d_2$ ou $ds > d_2$.

Fourniture de résultats d'essai

Lorsque, pour une commande spécifique, le client demande un rapport contenant des résultats d'essai, ces derniers doivent être établis en utilisant les méthodes d'essai spécifiées au chapitre «Méthodes d'essai».

Tout essai particulier spécifié par le client doit faire l'objet d'un accord au moment de la commande.

Méthodes d'essai

Essai de résistance à la traction avec cale biaise sur vis finies (goujons et tiges filetées exclus)

Généralités

Cet essai de traction a pour objet de déterminer simultanément :
- la résistance à la traction sur vis finies, $R_{m;}$
- l'intégrité de la zone de raccordement sous tête (raccordement tête-tige ou tête-partie filetée)

Limites d'application

Cet essai s'applique aux vis avec ou sans embase de caractéristiques suivantes :
- face d'appui plane ou striée;
- tête plus résistante que la section dans la partie filetée;
- tête plus résistante que la (les) partie(s) lisse(s) (tige);
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) $d_s > d_2$ ou $d_s \approx d_2$;
- longueur nominale $l \geq 2{,}5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2{,}0d$;
- boulonnerie de construction métallique avec $b < 2d$;
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- toutes classes de qualité.

Appareillage

La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les dispositifs d'essais modifiant l'effet de l'angle de la cale biaise, α, spécifié à la Figure 5.0-9 et dans le Tableau 5.0-11 ne doivent pas être utilisés.

Dispositif d'essai

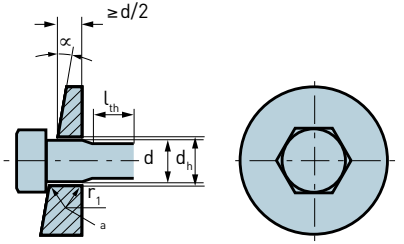
Les dispositifs d'amarrage, la cale biaise et les adaptateurs filetés doivent être conformes aux spécifications suivantes :
- dureté: 45 HRC min;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur à intérieur fileté: conforme au Tableau 5.0-8;
- diamètre du trou de passage d_h: conforme au Tableau 5.0-10;
- cale biaise conforme à la Figure 5.0-9 et aux Tableaux 5.0-10 et 5.0-11.

5.0-8 - **Classes de tolérance de filetage des adaptateurs à intérieur fileté**

Finition/ revêtement de la fixation	Tolérance de filetage	
	Classe de tolérance de filetage de la fixation avant tout revêtement	Classe de tolérance de filetage de l'adaptateur à intérieur fileté
Brut	6h ou 6g	6H
Avec revêtement électrolytique selon l'ISO 4042	6g ou 6e ou 6f	6H
Avec revêtement de zinc lamellaire selon l'ISO 10683	6g ou 6e ou 6f	6H
Galvanisé à chaud selon l'ISO 10684 et destiné à être assemblé avec des écrous de classe de tolérance de filetage		
— 6H	6az	6H
— 6AZ	6g ou 6h	6AZ
— 6AX	6g ou 6h	6AX

Le dispositif d'essai doit être suffisamment rigide afin que la flexion se produise au raccordement sous tête ou dans le filetage.

5.0-9 - **Essai de traction avec cale biaise sur vis finies**



[a] Rayon ou chanfrein à 45°.

5.0-10 - **Diamètre du trou de passage et rayon de la cale biaise**
(Dimensions en millimètres)

Diamètre nominal de filetage d	d_h [ab]		r_1 [c]	Diamètre nominal de filetage d	d_h [ab]		r_1 [c]
	min.	max.			min.	max.	
3	3,4	3,58	0,7	**16**	17,5	17,77	1,3
3,5	3,9	4,08	0,7	**18**	20	20,33	1,3
4	4,5	4,68	0,7	**20**	22	22,33	1,6
5	5,5	5,68	0,7	**22**	24	24,33	1,6
6	6,6	6,82	0,7	**24**	26	26,33	1,6
7	7,6	7,82	0,8	**27**	30	30,33	1,6
8	9	9,22	0,8	**30**	33	33,39	1,6
10	11	11,27	0,8	**33**	36	36,39	1,6
12	13,5	13,77	0,8	**36**	39	39,39	1,6
14	15,5	15,77	1,3	**39**	42	42,39	1,6

[a] Série moyenne conformément à l'ISO 273.

[b] Pour les vis à tête ronde et collet carré, le trou doit être adapté pour accepter le collet carré.

[c] Pour les produits de grade C, il convient d'utiliser un rayon r_1 calculé conformément à la formule suivante :

$$r_1 = r_{max} + 0{,}2 \quad \text{où} \quad r_{max} = \frac{d_{a,max} - d_{s,min}}{2}$$

5.0-11 - **Angle de cale α pour l'essai de traction avec cale biaise**

Diamètre nominal de filetage d mm	Classes de qualité pour :			
	vis partiellement filetées avec longueur de la partie lisse $l_s \geq 2d$		vis entièrement filetées, et vis partiellement filetées avec longueur de la partie lisse $l_s < 2d$	
	4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 9.8, 10.9	12.9/12.9	4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 9.8, 10.9	12.9/12.9
	α ± 30'			
3 ≤ d ≤ 20	10°	6°	6°	4°
20 < d ≤ 39	6°	4°	4°	4°

Mode opératoire

La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La cale biaise spécifiée précédemment doit être placée sous la tête de la vis conformément à la Figure 5.0-9. La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge, l_{th}, doit être au moins égale à 1d.
Pour la boulonnerie de construction métallique ayant une longueur filetée écourtée, l'essai de traction avec cale biaise peut être effectué avec une longueur filetée libre, l_{th}, inférieure à 1d.
L'essai de résistance à la traction avec cale biaise doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 25 mm/min.
L'essai de traction doit être poursuivi jusqu'à la rupture.
Mesurer la charge de rupture F_m.

Pour les vis finies dont le diamètre extérieur de la face d'appui est supérieur à 1,7d et qui ne satisfont pas à l'essai de résistance à la traction avec cale biaise, la tête peut être usinée à 1,7d et l'essai recommencé avec l'angle de cale biaise spécifié dans le Tableau 5.0-11.
En outre, pour les vis finies dont le diamètre extérieur de la face d'appui est supérieur à 1,9d, l'angle de la cale biaise peut être réduit de 10° à 6°.

Résultats d'essai

Détermination de la résistance à la traction R_m

Méthode
La résistance à la traction, R_m, est calculée sur la base de la section résistante nominale, $A_{s,nom}$, et de la charge maximale de rupture, F_m, mesurée au cours de l'essai :

$$R_m = \frac{F_m}{A_{s,nom}}$$

avec

$$A_{s,nom} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$$

- où
- d_2 est le diamètre sur flancs de base du filetage conformément à l'ISO 724;
- d_3 est le diamètre intérieur du filetage extérieur;
- $d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$;
- d_1 est le diamètre intérieur de base du filetage extérieur conformément à l'ISO 724;
- H est la hauteur du triangle générateur du filetage conformément à l'ISO 68-1.

Les valeurs de la section résistante nominale $A_{s,nom}$ figurent dans les Tableaux 5.0-4 et 5.0-6.

Exigences
Pour les vis avec $d_s > d_2$ et les vis entièrement filetées, la rupture doit se produire dans la partie filetée libre.
Pour les fixations avec $d_s \simeq d_2$, la rupture doit se produire dans la partie filetée libre ou dans la partie lisse (tige).
R_m doit satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3. Les valeurs de la charge minimale de rupture, $F_{m,min}$, doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans les Tableaux 5.0-4 et 5.0-6.
Note : Dans le cas des petits diamètres, il existe une différence croissante entre la zone de contrainte nominale par rapport à la zone de contrainte réelle. Lorsque la dureté est utilisée pour le contrôle/essai en cours de fabrication, en particulier pour les plus petits diamètres, il peut être nécessaire d'augmenter la dureté au-dessus de la valeur minimale spécifiée dans le Tableau 5.0-3 afin d'atteindre la valeur minimale de charge de rupture.

Détermination de l'intégrité de la zone de raccordement sous tête (raccordement tête-tige ou tête-partie filetée) - Exigences
La rupture ne doit pas se produire dans la tête.
Pour les vis partiellement filetées, la rupture ne doit pas se produire dans la zone de raccordement entre la tête et la partie lisse (tige).
Pour les vis entièrement filetées, la rupture peut s'étendre dans le raccordement entre la tête et le filetage ou dans la tête, avant séparation, à condition que l'origine de la défaillance soit située dans la partie filetée libre.

Essai de résistance à la traction sur vis, goujons et tiges filetées finis pour la détermination de la résistance à la traction, R_m

Généralités
Cet essai de traction a pour objet de déterminer la résistance à la traction R_m sur produits finis.
Cet essai peut être combiné avec l'essai défini dans le paragraphe suivant (« Essai de résistance à la traction sur vis, goujons et tiges filetées entiers pour la détermination de l'allongement après rupture et de la limite conventionnelle d'élasticité ») .

Limites d'application
Cet essai s'applique aux vis, goujons et tiges filetées de caractéristiques suivantes :
- vis à tête plus résistante que la section dans la partie filetée;
- vis à tête plus résistante que la(les) partie(s) lisse(s) (tige);
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- vis de longueur nominale $l \geq 2{,}5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2{,}0d$;
- vis de construction métallique avec $b < 2d$;
- goujons et tiges filetées de longueur totale $lt \geq 3{,}0d$;
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- toutes classes de qualité.

Appareillage
La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignant.

Dispositif d'essai
Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes:
- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage, dh, conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-8.

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La vis soumise à essai doit être montée dans les adaptateurs conformément à la Figure 5.0-12 a) ou b). Le goujon et la tige filetée soumis à essai doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-12 c) ou d). La longueur des filets en prise doit être au moins égale à 1d.
La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge, l_{th}, doit être au moins égale à 1d. Cependant, lorsque cet essai est combiné à l'essai spécifié au paragraphe suivant, la longueur de la partie filetée libre soumise à la charge, l_{th}, doit être égale à 1,2d.
Pour la boulonnerie de construction métallique ayant une longueur filetée écourtée, l'essai de traction peut être effectué avec une longueur de filetage libre l_{th} inférieure à 1d.
L'essai de résistance à la traction doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 25 mm/min.
L'essai de traction doit être poursuivi jusqu'à la rupture.
Mesurer la charge de rupture, F_m.

Résultats d'essai

Méthode
Pour les calculs, voir paragraphe « Détermination de la résistance à la traction Rm ».
Exigences
Pour les fixations avec $d_s > d_2$, la rupture doit se produire dans la partie filetée libre.
Pour les fixations avec $d_s \simeq d_2$, la rupture doit se produire dans la partie filetée libre ou dans la partie lisse (tige).
Pour les vis entièrement filetées, la rupture peut s'étendre dans le raccordement entre la tête et le filetage ou dans la tête, avant séparation, à condition que l'origine de la défaillance soit située dans la partie filetée libre.
R_m doit satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3. Les valeurs de la charge minimale de rupture, $F_{m,min}$ doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans les Tableaux 5.0-4 et 5.0-6.

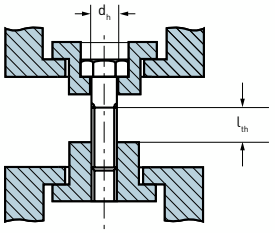


Figure a - Exemple de dispositif d'essai pour vis partiellement filetées

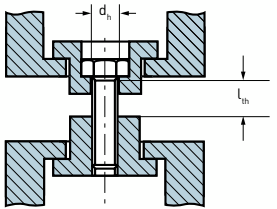


Figure b - Exemple de dispositif d'essai pour vis entièrement filetées

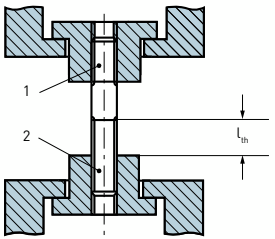


Figure c - Exemple de dispositif d'essai pour goujons

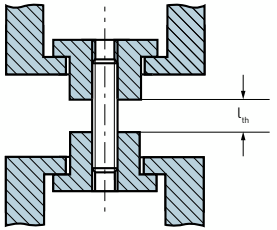


Figure d - Exemple de dispositif d'essai pour tiges filetées

Légende
1 - extrémité côté implantation
2 - extrémité côté écrou
d_h - diamètre du trou de passage
l_{th} - longueur de la partie filetée libre de la fixation dans le dispositif d'essai

5.0-12 - **Exemples de dispositifs pour l'essai de traction des fixations entières**

Note : Dans le cas des petits diamètres, il existe une différence croissante entre la zone de contrainte nominale par rapport à la zone de contrainte réelle. Lorsque la dureté est utilisée pour le contrôle en cours de fabrication, en particulier pour les plus petits diamètres, il peut être nécessaire d'augmenter la dureté au-dessus de la valeur minimale spécifiée dans le Tableau 5.0-3 afin d'atteindre la valeur minimale de charge de rupture.

Essai de résistance à la traction sur vis, goujons et tiges filetées entiers pour la détermination de l'allongement après rupture, Af, et de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, R_{pf}

Généralités

Cet essai de traction a pour objet de déterminer simultanément :
- l'allongement après rupture, A_f, sur produits entiers;
- la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, R_{pf}, sur produits entiers.

Cet essai peut être combiné avec l'essai défini précédemment.

Limites d'application

Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- vis à tête plus résistante que la section dans la partie filetée;
- vis à tête plus résistante que toute partie lisse (tige);
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) $d_s > d$ ou $d_s \simeq d$;
- vis de longueur nominale $l \geq 2{,}7d$;
- longueur du filetage $b \geq 2{,}2d$;
- goujons et tiges filetées de longueur totale $lt \geq 3{,}2d$;
- $3\ mm \leq d \leq 39\ mm$;
- toutes classes de qualité.

Appareillage

La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignants.

Dispositif d'essai

Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes :
- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage, d_h, conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté : conforme au Tableau 5.0-8.

Le dispositif d'essai doit être suffisamment rigide pour éviter des déformations susceptibles d'influencer la détermination de la charge à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, F_{pf}, et l'allongement après rupture, A_f.

Mode opératoire

La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La vis soumise à essai doit être montée dans les adaptateurs conformément à la Figure 5.0-12 a) ou b). Les goujons et tiges filetées soumis à essai doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-12 c) ou d). La longueur des filets en prise doit être au moins égale à 1d.
La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge, l_{th}, doit être égale à 1,2d.
Note : Pour obtenir l_{th} = 1,2d en pratique, le mode opératoire suivant est proposé : d'abord, visser l'adaptateur fileté jusqu'à ce qu'il soit en butée sur le cône de raccordement du filetage; ensuite, dévisser l'adaptateur en effectuant le nombre de tours requis correspondant à l_{th} = 1,2d.
L'essai de résistance à la traction doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 10 mm/min jusqu'à la charge correspondant à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, F_{pf}, et 25 mm/min au-delà.
La charge, F, doit être mesurée de manière continue jusqu'à la rupture, soit directement au moyen d'un dispositif électronique approprié (par exemple microprocesseur), ou sur la courbe charge-déplacement (voir l'ISO 6892-1); la courbe peut être tracée automatiquement ou de manière graphique.
Pour que les mesurages graphiques soient suffisamment précis, l'échelle de la courbe doit être telle que la pente correspondant à l'allongement élastique (partie rectiligne de la courbe) s'inscrive entre 30° et 45° par rapport à l'axe de la charge.

Résultats d'essai

Détermination de l'allongement après rupture, A_f

Méthode

L'allongement plastique ΔL_p est mesuré directement sur la courbe charge-déplacement, tracée électroniquement ou de manière graphique (voir Figure 5.0-13).

La pente de la partie de courbe correspondant à l'allongement élastique (partie rectiligne de la courbe) doit être déterminée. Une droite parallèle à la pente dans la phase élastique, passant par le point de rupture et ayant un point d'intersection avec l'axe de déplacement du dispositif d'amarrage doit être tracée (voir Figure 5.0-13). L'allongement plastique ΔL_p est déterminé sur l'axe de déplacement du dispositif d'amarrage conformément à la Figure 5.0-13.
En cas de doute, la pente de la courbe charge-déplacement correspondant à l'allongement élastique doit être déterminée en traçant une droite coupant la

courbe en deux points correspondant à 0,4 F_p et 0,7 F_p, où Fp est la charge d'épreuve spécifiée dans les Tableaux 5.0-5 et 5.0-7.
L'allongement après rupture sur produits entiers est calculé en utilisant la Formule (3) :

$$A_f = \frac{L_p}{1{,}2_d}$$

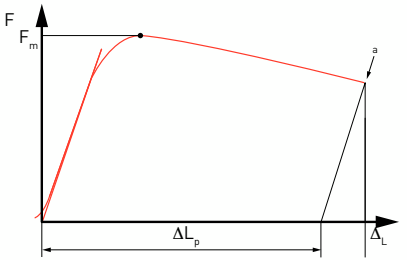
Exigences
Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, Af doit satisfaire à l'exigence spécifiée dans le Tableau 5.0-3.

Détermination de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d,R_{pf}

Méthode
R_{pf} doit être déterminé directement sur la courbe charge-déplacement (voir Figure 5.0-14).
Une droite parallèle à la pente dans la phase élastique (partie rectiligne de la courbe) doit être tracée à une distance égale à 0,0048d sur l'axe de déplacement du dispositif d'amarrage; le point d'intersection entre cette droite et la courbe correspond à la charge F_{pf}.
Note : 0,0048d = 0,4 % de 1,2d.
En cas de doute, la pente de la courbe charge-allongement correspondant à l'allongement élastique doit être déterminée en traçant une droite coupant la courbe en deux points correspondant à 0,4F_p et 0,7F_p, où F_p est la charge d'épreuve figurant dans les Tableaux 5.0-5 et 5.0-7.
La limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, R_{pf}, est calculée à l'aide de la Formule :

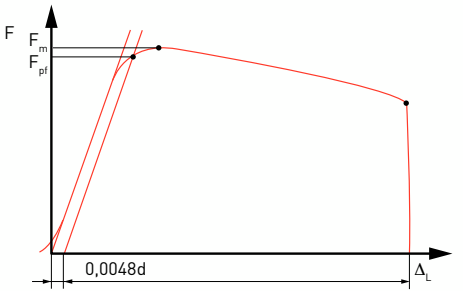
$$R_{pf} = \frac{F_{pf}}{A_{s,nom}}$$

Exigences
Aucune exigence n'est spécifiée.
Note 1
Les valeurs de R_{pf} sont à l'étude. Voir Tableau 5.0-3 (n° 4 et note de bas de tableau e) pour information.
Note 2
Les valeurs de limite d'élasticité obtenues à partir d'essais effectués sur produits entiers peuvent varier par rapport à celles obtenues sur éprouvettes du fait des méthodes de fabrication et de l'effet des dimensions.



[a] Point de rupture.

5.0-13 - **Courbe charge-déplacement pour la détermination de l'allongement après rupture, A_f**



5.0-14 - **Courbe charge-déplacement pour la détermination de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d,R_{pf}**

Essai de résistance à la traction sur vis à capacité de charge réduite du fait de la forme de leur tête

Généralités
Cet essai de traction a pour objet de déterminer la charge de traction des vis à capacité de charge réduite, c'est à dire dont la rupture n'est pas prévue dans la partie filetée libre du fait de la forme de la tête (voir paragraphe « Capacité de charge des fixations »).

Limites d'application
Cet essai s'applique aux vis de caractéristiques suivantes :
- la rupture n'est pas prévue dans la partie filetée libre du fait de la forme de la tête;
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) (tige) $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- longueur nominale $l \geq 2{,}5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2{,}0d$;
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- toutes classes de qualité.

Appareillage
La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignant.

Dispositif d'essai
Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes:
- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage dh conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-8.

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La vis soumise à essai doit être montée dans les adaptateurs conformément à la Figure 5.0-12 a) ou b).
La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge l_{th}, doit être au moins égale à 1d.
L'essai de résistance à la traction doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 25 mm/min.
L'essai de traction doit être poursuivi jusqu'à la rupture.
La charge de rupture, Fm, doit être mesurée.

Résultats d'essai - Exigences
La charge de rupture à la traction, F_m, doit être égale ou supérieure à la charge minimale de rupture spécifiée dans la norme de produit pertinente, ou toute autre spécification qui s'applique.

Essai de résistance à la traction sur vis et goujons à tige très réduite (élégie)

Généralités
Cet essai de traction a pour objet de déterminer la résistance à la traction, R_m, des fixations à tige très réduite (élégie) (voir paragraphe "Capacité de charge des fixations").

Limites d'application
Cet essai s'applique aux vis et goujons de caractéristiques suivantes :
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) (tige) $d_s < d_2$;
- longueur de la tige très réduite (élégie) $\geq 3d_s$ (voir L_c à la Figure 5.0-16);
- longueur du filetage $b \geq 1d$;
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- classes de qualité 4.6, 5.6, 8.8, 9.8, 10.9 et 12.9/12.9.

Appareillage
La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignants.

Dispositif d'essai
Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes :
- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage, d_h, conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-8.

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La vis soumise à essai doit être montée dans l'adaptateur conforme à la Figure 5.0-12 a). Le goujon et la tige filetée doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-12 c). La longueur des filets en prise doit être au moins égale à 1d.
L'essai de résistance à la traction doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage

tournant librement, ne doit pas dépasser 25 mm/min.
L'essai de traction doit être poursuivi jusqu'à la rupture.
La charge de rupture, $F_{m,}$ doit être mesurée.

Résultats d'essai

Méthode
La résistance à la traction, $R_{m,}$ est calculée sur la base de l'aire de la section de la tige très réduite (élégi), $A_{ds,}$ et de la charge maximale de rupture, $F_{m,}$ mesurée au cours de l'essai :

$$R_m = \frac{F_m}{A_{ds}}$$

avec $$A_{ds} = \frac{\pi}{4} d_s^2$$

Exigences
La rupture doit se produire dans la tige très réduite (élégi).
R_m doit satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3.

Essai de charge d'épreuve sur vis, goujons et tiges filetées finis

Généralités
L'essai de charge d'épreuve consiste en deux opérations principales, à savoir :
- application d'une charge d'épreuve spécifiée, en traction (voir Figure 5.0-15), et
- mesurage de l'allongement permanent, s'il se produit, dû à la charge d'épreuve.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux vis, goujons et tiges filetées de caractéristiques suivantes :
- vis à tête plus résistante que la section dans la partie filetée;
- vis à tête plus résistante que la (les) partie(s) lisse(s) (tige);
- diamètre de la (des) partie(s) lisse(s) $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- vis de longueur nominale $l \geq 2{,}5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2{,}0d$;
- goujons et tiges filetées de longueur totale $l_t \geq 3{,}0d$;
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- toutes classes de qualité.

Appareillage
La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignant.

Dispositif d'essai
Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes :
- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage, d_h, conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-8.

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La fixation doit être préparée de façon appropriée à chaque extrémité, par exemple comme indiqué à la Figure 5.0-15 (voir détail X). Pour les mesurages de longueur, la fixation doit être placée dans un appareil de mesurage muni de touches sphériques, ou toute autre dispositif approprié. Des gants ou des pinces doivent être utilisés pour minimiser les erreurs de mesurage dues à l'influence de la température. La longueur totale de la fixation l_0 doit être mesurée avant application de la charge.
La vis soumise à essai doit être montée dans les adaptateurs conformément à la Figure 5.0-15 a) ou b). Pour le goujon et la tige filetée, deux adaptateurs filetés doivent être utilisés conformément à la Figure 5.0-15 c) ou d). La longueur des filets en prise doit être au moins égale à 1d.
La partie filetée libre soumise à la charge, l_{th}, doit être égale à 1d.
Note : Pour obtenir l_{th} = 1d en pratique, le mode opératoire suivant est proposé : visser d'abord l'adaptateur fileté jusqu'à ce qu'il soit en butée sur le cône de raccordement du filetage; dévisser ensuite l'adaptateur en effectuant le nombre de tours requis correspondant à l_{th} = 1d.
La charge d'épreuve des Tableaux 5.0-5 et 5.0-7 doit être appliquée axialement sur la fixation.
La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 3 mm/min. La charge d'épreuve une fois atteinte doit être maintenue durant 15 s.
Après relâchement de la charge, la longueur totale de la fixation, l_1, doit être mesurée.

Résultats d'essai - Exigences

La fixation doit avoir la même longueur totale l_1 après relâchement de la charge que la longueur l_0 avant l'application de la charge, dans la tolérance de ±12,5 µm autorisée pour tenir compte des erreurs de mesurage.

Certaines variables, telles que la rectitude de la fixation, l'alignement du filetage et les incertitudes de mesurage peuvent avoir une incidence sur l'allongement apparent de la fixation lors de la première application de la charge d'épreuve. Dans ce cas, la fixation doit être à nouveau soumise à essai conformément au mode opératoire précédent en utilisant une charge de 3 % supérieure à la charge d'épreuve des Tableaux 5.0-5 et 5.0-7.

La longueur totale l_2 après le relâchement de la deuxième charge doit être la même que la longueur totale l_1 après le relâchement de la première charge, dans la tolérance de ±12,5 µm autorisée pour tenir compte des erreurs de mesurage.

Essai de résistance à la traction sur éprouvettes

Généralités

Cet essai de traction a pour objet de déterminer

- la résistance à la traction, R_m,
- la limite inférieure d'écoulement, R_{eL}, ou la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$,
- l'allongement après rupture, A, exprimé en pourcentage, et
- la striction après rupture, Z, exprimée en pourcentage.

Limites d'application

Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :

- éprouvettes usinées dans des vis :
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- longueur du filetage b ≥ 1d;
- longueur nominale l ≥ $6d_0$ + 2r + d (conformément à la Figure 5.0-16) pour déterminer A ;
- longueur nominale l ≥ $4d_0$ + 2r + d (conformément à la Figure 5.0-16) pour déterminer Z ;
- éprouvettes usinées dans des goujons et tiges filetées :
- 3 mm ≤ d ≤ 39 mm;
- longueur du filetage b ≥ 1d;
- longueur du filetage de l'extrémité du goujon côté implantation bm ≥ 1d;
- longueur totale l_t ≥ $6d_0$ + 2r + 2d (conformément à la Figure 5.0-16) pour déterminer A;
- longueur totale l_t ≥ $4d_0$+ 2r + 2d (conformément à la Figure 5.0-16) pour déterminer Z;

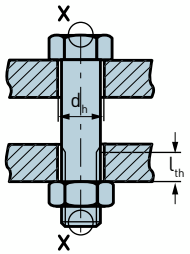


Figure a - Exemple de dispositif d'essai pour les vis partiellement filetées

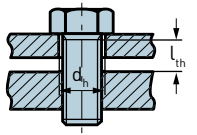


Figure b - Exemple de dispositif d'essai pour les vis entièrement filetées

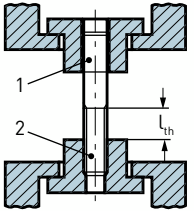


Figure c - Exemple de dispositif d'essai pour les goujons

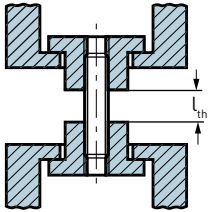


Figure d - Exemple de dispositif d'essai pour les tiges filetées

Légende

1 - extrémité côté implantation
2 - extrémité côté écrou
d_h - diamètre du trou de passage
l_{th} - longueur de la partie filetée libre de la fixation dans le dispositif d'essai

Un exemple de contact «sphère-cône» entre les touches de mesurage et les trous de centrage aux extrémités de la fixation figure dans le détail X. Toute autre méthode appropriée peut être utilisée.

5.0-15 - **Exemples de dispositif d'essai pour la charge d'épreuve**

- classes de qualité 4.6, 5.6, 8.8, 9.8, 10.9 et 12.9/12.9.

Note : Les éprouvettes peuvent également être réalisées à partir de vis de capacité de charge réduite du fait de leur géométrie, à condition que la tête soit plus résistante que l'aire de la section S_0 de l'éprouvette, ainsi que pour les fixations de diamètre de la partie lisse (tige) $d_s < d_2$ (voir paragraphe « Capacité de charge des fixations).

Les fixations de classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8 (obtenues par écrouissage) doivent être soumises à l'essai de traction sur produits entiers (voir paragraphe « Essai de résistance à la traction sur vis, goujons et tiges filetées entiers pour la détermination de l'allongement après rupture et de la limite conventionnelle d'élasticité »)

Appareillage

La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les poussées transversales sur la fixation doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage auto-alignant.

Dispositif d'essai

Les dispositifs d'amarrage et les adaptateurs doivent être conformes aux spécifications suivantes :

- dureté 45 HRC min;
- diamètre du trou de passage d_h conforme au Tableau 5.0-10;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-8.

Éprouvettes usinées

L'éprouvette doit être usinée à partir de la fixation en l'état de livraison. L'éprouvette conforme à la Figure 5.0-16 doit être utilisée pour l'essai de traction.

Le diamètre de l'éprouvette doit être $d_0 < d_{3,min}$, mais avec $d_0 \geq 3$ mm dans toute la mesure du possible.

Lors de l'usinage de l'éprouvette pour les fixations trempées et revenues de diamètre nominal d > 16 mm, la réduction de section ne doit pas dépasser 25 % du diamètre initial d (environ 44 % de la section initiale). Pour les éprouvettes usinées à partir de goujons et tiges filetées, les deux extrémités doivent avoir une longueur de filetage au moins égale à 1 d.

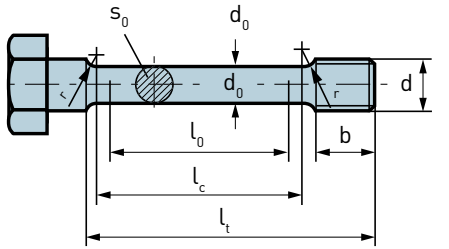
Mode opératoire

L'essai de traction doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 10 mm/min jusqu'à la charge correspondant à la limite inférieure d'écoulement, R_{eL}, ou jusqu'à la charge correspondant à la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2}$, et 25 mm/min au-delà.

L'essai de traction doit être poursuivi jusqu'à la rupture.

La charge de rupture, F_m, doit être mesurée.

5.0-16 - **Éprouvette pour essai de traction**



Légende

d diamètre nominal de filetage
d_0 diamètre de l'éprouvette ($d_0 < d3,min$, mais avec $d_0 \geq 3$ mm dans toute la mesure du possible)
b longueur du filetage ($b \geq d$)
L_0 longueur initiale entre repères de l'éprouvette - pour la détermination de l'allongement, $L_0 = 5d_0$ ou $(5,65\sqrt{S_0})$ — pour la détermination de la striction, $L_0 \geq 3d_0$
L_c longueur de la partie calibrée de l'éprouvette ($L_0 + d_0$)
L_t longueur totale de l'éprouvette ($L_c + 2r + b$)
S_0 aire de la section initiale de l'éprouvette avant l'essai de traction
r rayon de raccordement ($r \geq 4$ mm)

Résultats d'essai

Méthode

Les caractéristiques suivantes doivent être déterminées conformément à l'ISO 6892-1 :

- résistance à la traction, R_m

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

- limite inférieure d'écoulement, R_{eL}, ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2;}$
- allongement après rupture exprimé en pourcentage, à condition que L_o soit au moins égale à $5d_0$:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

- où
- L_u est la longueur ultime entre repères de l'éprouvette (voir l'ISO 6892-1) ;
- striction après rupture exprimée en pourcentage, à condition que L_o soit au moins égale à $3d_0$:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$$

- où
- S_u est l'aire de la section de l'éprouvette après rupture.

Exigences
Les caractéristiques suivantes doivent satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3 :
- la résistance minimale à la traction, $R_{m,min;}$
- la limite inférieure d'écoulement, R_{eL}, ou la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, $R_{p0,2;}$
- l'allongement après rupture, A, exprimé en pourcentage;
- la striction après rupture, Z, exprimée en pourcentage.

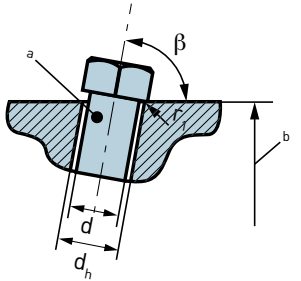
Essai de solidité de la tête

Généralités
L'essai de solidité de la tête a pour objet de vérifier l'intégrité de la zone de raccordement sous tête (raccordement tête-tige ou tête-partie filetée), en rabattant la tête de la fixation sur un bloc-support selon un angle spécifié.
Note : Cet essai est en général utilisé lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer l'essai de résistance à la traction avec cale biaise à cause de la longueur trop courte de la fixation.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux vis de caractéristiques suivantes :
- tête plus résistante que la section dans la partie filetée ;
- longueur nominale $l \geq 1,5d$;
- $d \leq 10$ mm ;
- toutes classes de qualité.

Dispositif d'essai
Le bloc-support de la Figure 5.0-17 doit être conforme aux spécifications suivantes :
- dureté 45 HRC min ;
- diamètre du trou de passage, d_h, et rayon, r_1, conformes au Tableau 5.0-10 ;
- épaisseur 2d minimum ;
- angle, β, conforme au Tableau 5.0-18.

5.0-17 - **Dispositif d'essai de solidité de la tête**



Légende
d l ≥ 1,5d.
b Épaisseur minimale du bloc-support : 2d.

5.0-18 - **Angle du bloc-support β pour l'essai de solidité de la tête**

Classe de qualité	4.6	5.6	4.8	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9
β	60°		80°						

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à l'essai en l'état de livraison.
L'essai de solidité de la tête doit être effectué avec un dispositif conformément à la Figure 5.0-17.
Le bloc doit être solidement fixé. Un marteau doit être utilisé pour frapper la tête de la vis de plusieurs coups de sorte que la tête se rabatte selon un angle de 90° - β. Les valeurs de l'angle β sont spécifiées dans le Tableau 5.0-18.
L'examen doit être effectué avec un grossissement d'au moins huit fois sans dépasser 10 fois.

Résultats d'essai - Exigences
La vis ne doit présenter aucune amorce de rupture visible dans la zone de raccordement entre la tête et la partie lisse (tige) ou entre la tête et le filetage.
Pour les vis entièrement filetées, l'exigence est satisfaite même si une amorce de rupture apparaît dans le premier filet, à condition que la tête ne casse pas.

Essai de dureté

Généralités
L'essai de dureté a pour objet
- pour toutes les fixations qui ne peuvent pas être soumises à un essai de traction, de déterminer la dureté de la fixation;
- pour les fixations qui peuvent être soumises à un essai de traction, de déterminer la dureté de la fixation afin de vérifier que la dureté maximale n'est pas dépassée.

Note : Il peut ne pas y avoir de rapport direct entre la dureté et la résistance à la traction. Les valeurs maximales de dureté ont été choisies pour des raisons autres que celles liées à la résistance théorique maximale (par exemple pour éviter la fragilisation).

La dureté peut être déterminée soit sur une coupe transversale dans la partie filetée, soit sur une surface appropriée.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- toutes dimensions;
- toutes classes de qualité.

Méthodes d'essai
La dureté peut être déterminée en utilisant l'essai de dureté Vickers, Brinell ou Rockwell.
- Essai de dureté Vickers L'essai de dureté Vickers doit être effectué conformément à l'ISO 6507-1.
- Essai de dureté Brinell L'essai de dureté Brinell doit être effectué conformément à l'ISO 6506-1.
- Essai de dureté Rockwell L'essai de dureté Rockwell doit être effectué conformément à l'ISO 6508-1.

Mode opératoire

Généralités
Les fixations utilisées pour les essais de dureté doivent être en l'état de livraison.

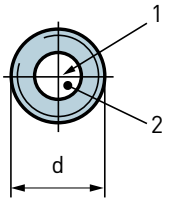
Détermination de la dureté sur une coupe transversale dans la partie filetée

Note : Le terme «dureté à cœur» est couramment utilisé pour décrire la dureté déterminée par cette méthode d'essai.

Une coupe transversale doit être effectuée à une distance de l'extrémité du filetage égale à 1d, et la surface doit être préparée de manière appropriée.

Les points de mesure de dureté doivent être effectués dans la zone comprise entre l'axe et le mi-rayon (voir Figure 5.0-19).

5.0-19 - **Zone de mi-rayon pour la détermination de la dureté**



Légende
1 axe de la fixation
2 zone de mi-rayon (rayon de 0,25d)

Détermination de la dureté en surface
La dureté doit être déterminée sur les surfaces plates de la tête ou à l'extrémité de la fixation ou sur la partie lisse, après enlèvement de tout revêtement et préparation appropriée de l'échantillon d'essai.
Cette méthode peut être utilisée pour les contrôles de routine.

Charge d'essai pour la détermination de la dureté
L'essai de dureté Vickers doit être effectué avec une charge minimale de 98 N.
L'essai de dureté Brinell doit être effectué avec une charge égale à $30D^2$, exprimée en newtons.

Exigences
Pour les fixations qui ne peuvent pas être soumises à un essai de traction, et pour la boulonnerie de construction métallique de longueur filetée écourtée soumise à l'essai de traction mais avec une partie filetée libre $l_{th} < 1d$, la dureté doit être dans la plage de dureté spécifiée dans le Tableau 5.0-3.
Pour les fixations qui peuvent être soumises à un essai de traction avec une partie filetée libre $l_{th} \geq 1d$, pour les fixations à tige très réduite (élégie), et pour les éprouvettes, la dureté ne doit pas dépasser les valeurs de dureté maximale spécifiées dans le Tableau 5.0-3.
Pour les fixations de classes de qualité 4.6, 4.8, 5.6 et 5.8 et 6.8, la dureté déterminée à l'extrémité de la fixation conformément au paragraphe « Détermination de la dureté en surface » ne doit pas dépasser les valeurs maximales de dureté spécifiées dans le Tableau 5.0-3.
Pour les fixations trempées et revenues, si la différence entre les valeurs de dureté déterminées dans la zone à mi-rayon (voir Figure 5.0-19) excède 30 HV,

la conformité à l'exigence relative à la teneur de 90 % de martensite doit être vérifiée (voir Tableau 5.0-2).

Pour les fixations obtenues par écrouissage de classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, la dureté déterminée conformément au paragraphe « Détermination de la dureté sur une coupe transversale dans la partie filetée » doit être dans la plage de dureté spécifiée dans le Tableau 5.0-3.

En cas de litige, l'essai spécifié au paragraphe « Détermination de la dureté sur une coupe transversale dans la partie filetée » et utilisant la dureté Vickers doit être la méthode d'essai de référence.

Essai de décarburation

Généralités

L'essai de décarburation a pour objet de détecter si la surface des fixations trempées et revenues est décarburée, et de déterminer la profondeur de la zone de décarburation totale (voir Figure 5.0-20).

Note : Une perte de teneur en carbone (décarburation) au-delà des limites spécifiée dans le Tableau 5.0-3 peut réduire la résistance du filetage et peut générer une défaillance.

La décarburation doit être vérifiée par l'une des deux méthodes suivantes :

- méthode par examen microscopique
- méthode par contrôle de la dureté

La méthode par examen microscopique est utilisée pour déterminer la profondeur de la zone de décarburation totale, G, et la présence de décarburation ferritique, si elles existent, et la hauteur de la zone du métal de base, E (voir Figure 5.0-20).

La méthode par contrôle de la dureté est utilisée pour déterminer si l'exigence relative à la hauteur minimale de la zone du métal de base, E, est satisfaite, et pour détecter la décarburation par micro-dureté (voir Figure 5.0-22).

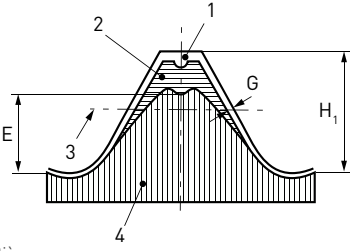
Méthode par examen microscopique

Limites d'application

Cette méthode s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :

- toutes dimensions;
- classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

5.0-20 - **Zones de décarburation**



Légende

d décarburation totale
2 décarburation partielle ou décarburation ferritique
3 ligne primitive
4 métal de base
E hauteur de la zone non décarburée dans le filetage
G profondeur de décarburation totale dans le filetage
H_1 hauteur du filetage extérieur dans la condition du maximum de matière

Préparation de l'échantillon d'essai

Les échantillons d'essai doivent être préparés après que toutes les opérations de traitement thermique aient été effectuées sur les fixations, et après enlèvement de tout revêtement éventuel.

Les échantillons d'essai doivent être réalisés par coupe longitudinale passant par l'axe du filetage, à une distance de l'extrémité du filetage égale à environ un diamètre nominal (1d). L'éprouvette doit être insérée dans un support plastique (enrobage) ou éventuellement dans des mordaches. La surface doit ensuite être meulée et polie conformément aux bonnes pratiques métallographiques.

Note : Une attaque par une solution de nital à 3 % (concentré d'acide nitrique dans de l'éthanol) est généralement pratiquée pour faire apparaître les changements de microstructure provoqués par la décarburation.

Mode opératoire

L'échantillon d'essai doit être examiné au microscope. Sauf accord contraire, un grossissement ×100 doit être utilisé pour l'examen.

Lorsque le microscope est du type à écran en verre dépoli, l'étendue de la décarburation peut être mesurée directement à l'aide d'une échelle graduée. Lorsqu'un oculaire est utilisé pour le mesurage, il convient qu'il soit d'un type approprié et qu'il comporte un réticule ou une échelle graduée.

Exigences

La profondeur maximale de décarburation totale G, si elle existe, doit être conforme aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3. La hauteur de la zone non décarburée dans le filetage E doit être conforme aux exigences spécifiées

5.0-21 - **Valeurs de la hauteur du filetage extérieur dans la condition du maximum de matière, H1, et de la hauteur minimale de la zone non décarburée dans le filetage, E_{min}** Dimensions en millimètres

Pas du filetage P [a]			**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**1**	**1,25**	**1,5**	**1,75**	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**
		H_1	0,307	0,368	0,429	0,491	0,613	0,767	0,92	1,074	1,227	1,534	1,840 0,920	2,147	2,454
Classe de qualité	8.8, 9.8	E min [b]	0,154	0,184	0,215	0,245	0,307	0,384	0,46	0,537	0,614	0,767		1,074	1,227
	10.9		0,205	0,245	0,286	0,327	0,409	0,511	0,613	0,716	0,818	1,023	1,227	1,431	1,636
	12.9/12.9		0,23	0,276	0,322	0,368	0,46	0,575	0,69	0,806	0,92	1,151	1,38	1,61	1,841

[a] Pour P < 1,25 mm, utiliser uniquement la méthode microscopique
[b] calculé sur la base de la spécification du tableau 5.0-3, N°14

dans le Tableau 5.0-21, et il ne doit pas y avoir de décarburation présente dans la zone du métal de base (zone 4) conformément à la Figure 5.0-20.

Il convient d'éviter la présence de décarburation ferritique en zone 2, telle que définie à la Figure 5.0-20. Cependant, cela ne doit pas être une cause de rejet, à condition que les exigences de dureté conformément au paragraphe « Méthode par contrôle de la dureté/Exigences » soient satisfaites.

Méthode par contrôle de la dureté

Limites d'application

Cette méthode s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- filetages de pas P ≥ 1,25 mm;
- classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

Préparation de l'échantillon d'essai

L'échantillon d'essai doit être préparé de manière identique à la méthode par examen microscopique, cependant l'attaque par solution chimique et l'enlèvement du revêtement ne sont pas nécessaires.

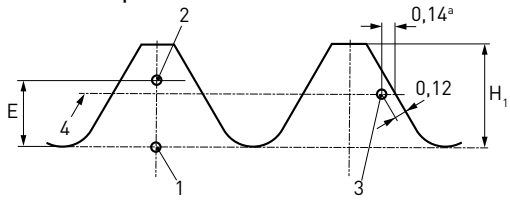
Mode opératoire

Les points de mesure de dureté Vickers doivent être effectués aux points 1 et 2 conformément à la Figure 5.0-22. La charge d'essai doit être de 2,942 N (essai de dureté Vickers HV 0,3).

Exigences

La valeur de la dureté Vickers au point 2, HV(2), doit être égale ou supérieure à celle déterminée au point 1, HV(1), moins 30 unités Vickers. La hauteur de la zone non décarburée, E, doit satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-21.

5.0-22 - **Détermination de la dureté pour l'essai de décarburation et de carburation**



Pas de décarburation lorsque HV(2) ≥ HV(1) - 30
Pas de carburation lorsque HV(3) ≤ HV(1) + 30

Légende
E hauteur de la zone de non-décarburation dans le filetage, mm
H_1 hauteur du filetage extérieur dans les conditions du maximum de matière, mm
1, 2, 3 points de mesure (1 étant le point de référence)
4 ligne primitive
[a] La valeur de 0,14 mm est donnée uniquement à titre d'information pour faciliter le positionnement du point le long de la ligne primitive.

Note : Il n'est pas possible de détecter la décarburation totale jusqu'à la valeur maximale définie dans le Tableau 5.0-3 par la méthode de contrôle de dureté.

Essai de carburation

Généralités

L'essai de carburation a pour objet de déterminer que la surface d'une fixation trempée et revenue n'a pas été carburée au cours du traitement thermique. La différence entre la dureté du métal de base et la dureté superficielle est décisive pour l'évaluation de la condition de carburation à la surface.

De plus, la dureté superficielle ne doit pas dépasser la valeur maximale spécifiée pour les classes de qualité 10.9 et 12.9/12.9.
Note : La carburation est préjudiciable dans la mesure où l'augmentation de la dureté superficielle peut générer une fragilisation ou réduire la résistance à la fatigue. Il est nécessaire de distinguer soigneusement une augmentation de dureté due à la carburation, par rapport à une augmentation de dureté due au traitement thermique ou à un écrouissage de la surface, comme par exemple pour les filets roulés après traitement thermique.
La carburation doit être détectée par l'une des deux méthodes suivantes :
- essai de dureté sur une coupe longitudinale;
- essai de dureté superficielle.

En cas de litige et lorsque P ≥ 1,25 mm, l'essai de dureté sur une coupe longitudinale doit être la méthode d'essai de référence.

Méthode par contrôle de la dureté sur une coupe longitudinale

Limites d'application
Cette méthode s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- filetages de pas P ≥ 1,25;
- classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

Préparation de l'échantillon d'essai
L'échantillon d'essai doit être préparé de manière identique à la méthode par examen microscopique, cependant l'attaque par solution chimique et l'enlèvement du revêtement ne sont pas nécessaires.

Mode opératoire
Les points de mesure de dureté Vickers doivent être effectués aux points 1 et 3 conformément à la Figure 5.0-22. La charge d'essai doit être de 2,942 N (essai de dureté Vickers HV 0,3).
Lorsque l'échantillon d'essai a été utilisé pour l'essai, la dureté au point 3 doit être déterminée sur la ligne primitive du filet adjacent au filet sur lequel ont déjà été effectuées les déterminations aux points 1 et 2.

Exigences
La valeur de dureté Vickers au point 3, HV(3), doit être inférieure ou égale à la valeur déterminée au point 1, HV(1), plus 30 unités Vickers. Une augmentation de plus de 30 unités Vickers indique une carburation. En complément à cette exigence, la dureté superficielle ne doit pas dépasser 390 HV 0,3 pour la classe de qualité 10.9 et 435 HV 0,3 pour la classe de qualité 12.9/12.9 comme spécifié dans le Tableau 5.0-3.

Méthode par contrôle de la dureté superficielle

Limites d'application
Cette méthode s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- toutes dimensions;
- classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

Préparation de l'échantillon d'essai
Une surface plane appropriée sur la tête ou l'extrémité de la fixation doit être préparée par un meulage ou polissage minimal afin d'assurer la reproductibilité des mesures tout en conservant les caractéristiques d'origine de la surface du matériau.
Une coupe transversale doit être effectuée à une distance de l'extrémité du filetage égale à 1d, et la surface doit être préparée de manière appropriée.

Mode opératoire
La dureté superficielle doit être déterminée sur la surface préparée conformément au mode opératoire de l'essai de dureté.
La dureté du métal de base doit être déterminée sur la coupe transversale (positionnement et préparation de la coupe transversale).
La charge d'essai doit être de 2,942 N (essai de dureté Vickers HV 0,3) pour les deux déterminations.

Exigences
La valeur de dureté déterminée en surface doit être inférieure ou égale à celle de la dureté du métal de base plus 30 unités Vickers. Une augmentation de plus de 30 unités Vickers indique une carburation.
En complément à cette exigence, la dureté superficielle ne doit pas dépasser 390 HV 0,3 pour la classe de qualité 10.9 et 435 HV 0,3 pour la classe de qualité 12.9/12.9 comme spécifié dans le Tableau 5.0-3.

Essai de deuxième revenu

Généralités
Cet essai a pour objet de vérifier que la température minimale de revenu a été atteinte au cours du procédé de traitement thermique.

Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :

- toutes dimensions;
- classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

Mode opératoire
La dureté Vickers doit être déterminée conformément au mode opératoire de l'essai de dureté en effectuant trois points de mesure sur la même fixation.
Cette fixation doit être soumise à un deuxième revenu, en la maintenant pendant 30 min à une température inférieure de 10 °C à la température minimale de revenu spécifiée dans le Tableau 5.0-2. Après ce deuxième revenu, trois nouveaux points de mesure de dureté Vickers doivent être effectués sur la même fixation et dans la même zone que pour la première détermination.

Exigences
La moyenne des trois points de mesure de dureté effectués avant le deuxième revenu doit être comparée à la moyenne des trois points de mesure effectués après le deuxième revenu. La réduction de dureté après le deuxième revenu, si elle existe, doit être inférieure à 20 unités Vickers.

Essai de torsion

Généralités
L'essai de torsion a pour objet de déterminer le couple de rupture, $M_{B,}$ des vis.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- vis à tête plus résistante que la section dans la partie filetée;
- diamètre de la partie lisse (tige) $d_s > d_2$ ou $d_s \simeq d_2$;
- longueur du filetage b ≥ 1 d + 2P;
- 1,6 mm ≤ d ≤ 10 mm;
- classes de qualité 4.6 à 12.9/12.9.

Note : L'ISO 898-7 ne spécifie pas de valeur pour les classes de qualité 4.6 à 6.8.

Appareillage et dispositif d'essai
L'appareillage et le dispositif d'essai sont spécifiés dans l'ISO 898-7.

Mode opératoire
La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.
La vis doit être maintenue dans le dispositif d'essai conformément à l'ISO 898-7, sur une longueur filetée au moins égale à 1d. La longueur filetée libre l_{th} doit être au moins égale à 2P du côté de la tête, longueur de filets entièrement formés à partir du raccordement sous tête ou du raccordement filetage/partie lisse. Le couple doit être appliqué progressivement et de manière continue.
Note : Une vérification des calculs de base a montré une inversion entre la longueur de la partie filetée libre et la longueur de filets en prise dans l'ISO 898-7:1992.

Résultats d'essai

Méthode
La méthode est spécifiée dans l'ISO 898-7.

Exigences
Les exigences sont spécifiées dans l'ISO 898-7.
En cas de litige, les spécifications suivantes s'appliquent :
- pour les vis qui ne peuvent pas être soumises à un essai de traction, l'essai de dureté conformément à la page 149 doit être l'essai de référence;
- pour les vis qui peuvent être soumises à un essai de traction, l'essai de traction doit être l'essai de référence.

Essai de résilience sur éprouvettes

Généralités
L'essai de résilience a pour objet de vérifier la résistance au choc (ténacité) du matériau de la fixation sous une charge dynamique, à une température basse spécifiée. L'essai n'est effectué que s'il est exigé dans une norme de produit ou par accord entre le fabricant et le client.

Limites d'application
Cet essai s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- éprouvettes usinées dans des vis, goujons et tiges filetées;
- d ≥ 16 mm;
- longueur totale des vis (y compris la partie pleine de la tête) ≥ 55 mm;
- goujons et tiges filetées de longueur totale lt ≥ 55 mm;
- classes de qualité 5.6, 8.8, 9.8, 10.9 et 12.9/12.9.

Appareillage et dispositif d'essai
L'appareillage et le dispositif d'essais sont spécifiés dans l'ISO 148-1.

Éprouvette
L'éprouvette doit être usinée à partir de la fixation en l'état de livraison.

L'éprouvette doit être conforme à l'ISO 148-1 (essai de résilience Charpy avec entaille en V). Elle doit être prélevée dans le sens de la longueur, aussi près que possible de la surface de la fixation, et être située dans la partie filetée dans toute la mesure du possible. La face non entaillée de l'éprouvette doit être celle qui est la plus proche de la surface de la fixation.

Mode opératoire
L'éprouvette doit être maintenue à une température stabilisée de –20°C. L'essai de résilience doit être effectué conformément à l'ISO 148-1.

Exigences
Lorsque l'essai est effectué à une température de –20°C, la résilience doit satisfaire à l'exigence spécifiée dans le Tableau 5.0-3.
Note : D'autres températures d'essai et d'autres valeurs de résilience peuvent être spécifiées dans des normes de produits particulières, ou par accord entre le fabricant et le client.

Contrôle des défauts de surface

Les défauts de surface doivent être contrôlés sur les fixations en l'état de livraison.
Pour les fixations de classes de qualité 4.6 à 10.9, le contrôle des défauts de surface doit être effectué conformément à l'ISO 6157-1. Par accord entre le fabricant et le client, l'ISO 6157-3 peut s'appliquer.
Pour les fixations de la classe de qualité 12.9/12.9, le contrôle des défauts de surface doit être effectué conformément à l'ISO 6157-3.
Dans le cadre de la série d'essais MP1 (voir Chapitre « Conditions d'application des méthodes d'essai »), le contrôle des défauts de surface s'applique avant usinage.

MARQUAGE

Généralités
Les fixations fabriquées conformément aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 doivent être désignées conformément au système de désignation spécifié au chapitre «Système de désignation des classes de qualité», et doivent être marquées conformément aux paragraphes suivants, selon le cas. Cependant, le système de désignation spécifié au chapitre «Système de désignation des classes de qualité», et les dispositions de marquage conformes aux paragraphes suivants ne doivent être utilisés que si toutes les exigences applicables de la présente partie de l'ISO 898 sont satisfaites.
La hauteur du marquage en relief sur le dessus de la tête ne doit pas être incluse dans la dimension de hauteur de tête, sauf spécification contraire dans la norme de produit.

Marque d'identification du fabricant
La marque d'identification du fabricant doit être effectuée lors du procédé de fabrication sur toutes les fixations marquées d'un symbole de classe de qualité. La marque d'identification du fabricant est également recommandée pour les fixations qui ne sont pas marquées du symbole de la classe de qualité.
Un distributeur qui marque des fixations avec sa propre marque d'identification doit être considéré comme fabricant.

Marquage et identification des fixations à capacité de charge intégrale

Généralités
Les fixations à capacité de charge intégrale fabriquées conformément aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 doivent être marquées conformément aux paragraphes suivants.
Il convient de laisser à l'initiative du fabricant le choix des variantes ou options de marquage définies dans les paragraphes correspondants.

Symboles de marquage des classes de qualité
Les symboles de marquage sont spécifiés dans le Tableau 5.0-23.

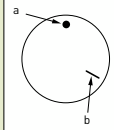
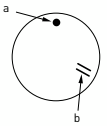
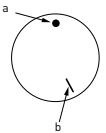
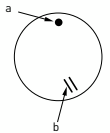
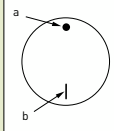
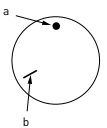
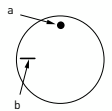
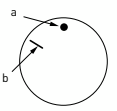
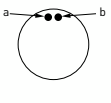
5.0-23 - **Symboles de marquage des fixations à capacité de charge intégrale**

Classe de qualité	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	12.9
Symbole de marquage [a]	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	12.9

[a] Le point du symbole de marquage peut-être omis.

Dans le cas de vis de petites dimensions ou lorsque la forme de la tête ne permet pas le marquage conformément au Tableau 5.0-23, les symboles de marquage horaire conformes au Tableau 5.0-24 peuvent être utilisés.

5.0-24 - **Système de marquage horaire des vis à capacité de charge intégrale**

Classes de qualité	4.6	4.8	5.6	5.8	
Symboles de marquage					
Classes de qualité	**6.8**	**8.8**	**9.8**	**10.9**	**12.9**
Symboles de marquage					

[a] La position de la douzième heure (repère de référence) doit être marquée soit par la marque d'identification du fabricant, soit par un point.
[b] La classe de qualité est indiquée par un tiret ou un double tiret et, dans le cas de la classe de qualité 12.9, par un point.

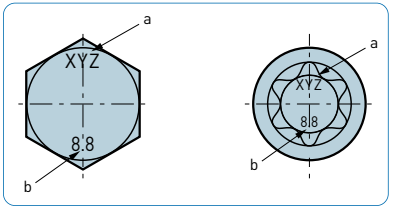
Identification

Vis à tête hexagonale et vis à six lobes externes

Les vis à tête hexagonale et les vis à six lobes externes (y compris les vis à embase) doivent être marquées de la marque d'identification du fabricant et du symbole de marquage de la classe de qualité spécifié dans le Tableau 5.0-23.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal d ≥ 5 mm.

Le marquage doit de préférence être effectué sur le dessus de la tête, en creux ou en relief, ou sur le côté de la tête en creux (voir Figure 5.0-25). Dans le cas de vis à embase, le marquage doit être fait sur l'embase si le procédé de fabrication ne le permet pas sur le dessus de la tête.



5.0-25
Exemples de marquage de vis à tête hexagonale et de vis à six lobes externes

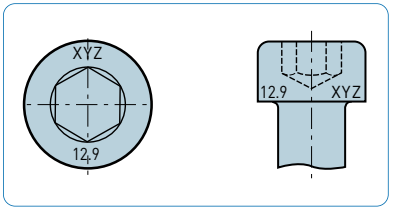
[a] Marque d'identification du fabricant.
[b] Classe de qualité.

Vis à tête cylindrique à six pans creux et vis à tête cylindrique à six lobes internes

Les vis à tête cylindrique à six pans creux et les vis à tête cylindrique à six lobes internes autre que cylindrique basse doivent être marquées de la marque d'identification du fabricant et du symbole de marquage de la classe de qualité spécifié dans le Tableau 5.0-23.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal d ≥ 5 mm.

Le marquage doit de préférence être effectué sur le côté de la tête en creux, ou sur le dessus de la tête en creux ou en relief (voir Figure 5.0-26).



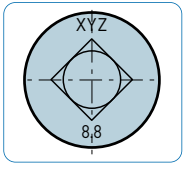
5.0-26
Exemples de marquage de vis à tête cylindrique à six pans creux

Vis à tête ronde et collet carré

Les vis à tête ronde et collet carré doivent être marquées de la marque d'identification du fabricant et du symbole de marquage de la classe de qualité spécifié dans le Tableau 5.0-23.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal d ≥ 5 mm.

Le marquage doit être effectué sur la tête, en creux ou en relief (voir Figure 5.0-27).



5.0-27
Exemple de marquage de vis à tête ronde et collet carré

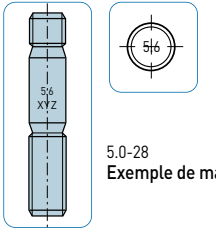
Goujons

Les goujons doivent être marqués de la marque d'identification du fabricant et du symbole de marquage de la classe de qualité spécifié dans le Tableau 5.0-23 ou du symbole de marquage alternatif défini dans le Tableau 5.0-29.

Le marquage est obligatoire pour les goujons de classes de qualité 5.6, 8.8, 9.8, 10.9 et 12.9/12.9 et de diamètre nominal d ≥ 5 mm.

Le marquage doit être effectué sur la partie lisse (tige) du goujon. Si cela n'est pas possible, le marquage de la classe de qualité doit être effectué à l'extrémité du goujon côté écrou, et la marque d'identification du fabricant peut être omise (voir Figure 5.0-28).

Pour les goujons à ajustement serré, le marquage de la classe de qualité doit être fait en bout du côté écrou, et la marque d'identification du fabricant peut être omise.



5.0-28
Exemple de marquage des goujons

5.0-29 - **Variantes de symbole de marquage pour les goujons**

Classes de qualité	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9
Symbole de marquage	—	○[a]	+	□[a]	△[a]

Il est permis d'indenter uniquement le contour ou bien toute la surface du symbole.

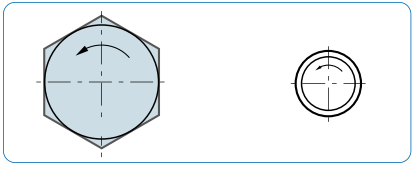
Autres sortes de vis

Si le client l'exige, le même système de marquage que celui spécifié dans les paragraphes précédents celui-ci doit être utilisé pour les autres sortes de vis et pour les fixations particulières.

Le marquage n'est pas courant pour les vis à tête fraisée, à tête fraisée bombée, à tête cylindrique basse, à tête cylindrique bombée large ou autres formes de tête similaires avec un entraînement par fente(s), par empreinte ou autre entraînement interne.

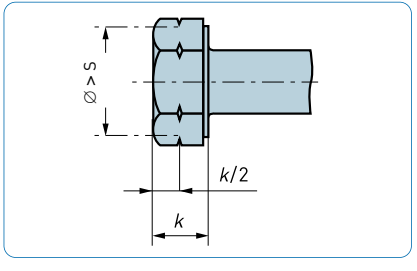
Marquage des vis à filetage à gauche

Les vis à filetage à gauche et de diamètre nominal d ≥ 5 mm doivent être marquées du symbole spécifié à la Figure 5.0-30, soit sur le dessus de la tête, soit à l'extrémité de la fixation.



5.0-30
Marquage des vis avec filetage à gauche

Pour le filetage à gauche, une variante de marquage peut être utilisée pour les vis à tête hexagonale comme spécifié à la Figure 5.0-31.



s surplat
k hauteur de tête

5.0-31
Variante de marquage des vis avec filetage à gauche

Marquage et identification des fixations à capacité de charge réduite

Généralités

Les fixations à capacité de charge réduite (voir paragraphe sur « Fixations à capacité de charge réduite du fait de leur géométrie ») fabriquées conformément aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 doivent être marquées conformément aux paragraphes « identification » et « marquage des vis à filetage à gauche », à l'exception du symbole de marquage de la classe de qualité qui doit être précédé du caractère «0» conformément au Tableau 5.0-32.

Les symboles de marquage conformes aux Tableaux 5.0-23 et 5.0-24 ne doivent pas être utilisés pour les fixations à capacité de charge réduite.

Lorsque la capacité de charge réduite s'applique aux fixations conformes à une norme de produits, les symboles de marquage conformes au Tableau 5.0-32 doivent s'appliquer à toutes les dimensions spécifiées dans la norme de produits, même si certaines dimensions pourraient satisfaire à toutes les exigences de capacité de charge intégrale.

Symboles de marquage pour les fixations à capacité de charge réduite

Les symboles de marquage doivent être conformes au Tableau 5.0-32.

5.0-32 - **Symboles de marquage pour les fixations à capacité de charge réduite**

Classes de qualité	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9	12.9
Symbole de marquage[a]	04.6	04.8	05.6	05.8	06.8	08.8	09.8	010.9	012.9	012.9

[a] Le point du symbole de marquage peut être omis.

Marquage des conditionnements

Tous les conditionnements pour tous les types de fixation et quelles que soient leurs dimensions doivent être marqués (par exemple au moyen d'un étiquetage). Le marquage doit comporter l'identification du fabricant et/ou du distributeur, et le symbole de marquage de la classe de qualité conformément au Tableau 5.0-23 ou au Tableau 5.0-32, ainsi que le numéro de lot de fabrication tel que défini dans l'ISO 16426.

Annexe A - (informative)

Tableau A1 - **Relation entre la résistance à la traction et l'allongement après rupture**

Résistance nominale à la traction $R_{m,nom,}$ MPa		400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
	$A_{f,min}$ / A_{min}										
Allongement minimal après rupture[a] $A_{f,min}$ ou A_{min}	0,37 / **22**		**4.6**								
	0,33 / **20**			**5.6**							
	0,24		**4.8**								
	0,22			**5.8**							
	0,20[b] / **12**[c]				**6.8**		**8.8**				
	- / **10**							**9.8**			
	0,13 / **9**								**10.9**		
	- / **8**									**12.9/12.9**	

a Les valeurs de $A_{f,min}$ et A_{min} imprimées en gras sont normatives (voir tableau 3)
b S'applique uniquement à la classe de qualité 6.8
c S'applique uniquement à la classe de qualité 8.8

Annexe B - (informative)

Influence des températures élevées sur les caractéristiques mécaniques des fixations.

Les températures élevées peuvent être la cause de modifications des caractéristiques mécaniques et des caractéristiques fonctionnelles.

Jusqu'à des températures typiques de service de 150 °C, aucun changement préjudiciable des caractéristiques mécaniques n'est observé. À des températures supérieures à 150 °C et jusqu'à une température maximale de 300 °C, il convient de vérifier les caractéristiques fonctionnelles des fixations en procédant à une étude approfondie.

Avec l'augmentation de la température, il est possible d'observer :

- une réduction de la limite apparente d'élasticité ou de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % ou de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d sur fixations finies, et
- une réduction de la résistance à la traction.

Une utilisation continue des fixations à des températures de service élevées peut générer une relaxation des contraintes et, plus la température augmente, plus la relaxation est importante. La relaxation des contraintes est associée à une perte de la force de serrage.

Les fixations obtenues par écrouissage (classes de qualité 4.8, 5.8, 6.8) sont plus sensibles à la relaxation des contraintes que les fixations trempées et revenues, ou que les fixations ayant subi un traitement de relaxation des contraintes.

Il convient de prendre des précautions lorsque des aciers contenant du plomb sont utilisés pour les fixations soumises à des températures élevées. Pour ces fixations, il convient de tenir compte du risque de fragilisation par métal fondu (LME) lorsque la température de service est dans la plage de températures du point de fusion du plomb.

Des informations relatives au choix et à l'utilisation des aciers destinés à être utilisés à des températures élevées figurent, par exemple, dans l'EN 10269 et l'ASTM F2281.

Annexe C - (informative)

Allongement après rupture sur produits entiers, Af

Le Tableau 5.0-3 spécifie les valeurs minimales d'allongement après rupture des vis, goujons et tiges filetées entiers (Af,min) uniquement pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8. Les valeurs pour les autres classes de qualité sont données dans le Tableau C.1 pour information. Ces valeurs sont encore à l'étude.

Tableau C1 - **Allongement après rupture sur produits entiers A_f**

Classe de qualité	4.6	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
$A_{f,min}$	0,37	0,33	0,20	-	0,13	-

5.1 Écrous en acier carbone et en acier allié

NF EN ISO 898-2 : écrous de classes de qualité spécifiées (octobre 2022)

Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques mécaniques et physiques des écrous en acier non allié ou acier allié, lorsqu'ils sont soumis à essai dans la plage de température ambiante de 10 °C à 35 °C.

Le présent document s'applique aux écrous :

- à filetage métrique ISO (voir l'ISO 68-1),
- de combinaisons diamètre/pas selon l'ISO 261 et l'ISO 262,
- de diamètres de filetage M5 à M39 pour le pas gros, et M8×1 à M39×3 pour le pas fin,
- de tolérances de filetage selon l'ISO 965-1, l'ISO 965-2 ou l'ISO 965-5,
- de classes de qualité spécifiées 04, 05, 5, 6, 8, 10 et 12, incluant la charge d'épreuve,
- de trois styles d'écrou différents (voir ci-contre) : écrous normaux (style 1), écrous hauts (style 2) et écrous bas (style 0),
- de diamètre extérieur minimal ou de surplat minimal $s \geq 1{,}45D$,
- conçus pour être utilisés avec des vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité conformes à l'ISO 898-1 (voir l'Annexe B), et
- destinés à être utilisés pour des applications dans la plage de –50 °C à +150 °C, ou jusqu'à +300 °C.

Avertissement : les écrous conformes aux exigences du présent document sont soumis à essai dans la plage de température ambiante de 10 °C à 35 °C et sont utilisés pour des applications dans la plage de –50 °C à +150 °C; cependant, ces écrous sont également utilisés en dehors de cette plage et jusqu'à +300 °C pour des applications spécifiques. Il est possible qu'ils ne conservent pas les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées à des températures plus basses et/ou plus élevées. Par conséquent, il est de la responsabilité de l'utilisateur de déterminer les choix appropriés en fonction des conditions d'environnement de l'assemblage pour une application donnée.

Pour les spécifications supplémentaires applicables aux écrous galvanisés à chaud, voir l'ISO 10684.

Pour les écrous conçus pour des applications particulières, voir l'ISO/TR 16224.

Le présent document ne spécifie pas d'exigence pour des caractéristiques fonctionnelles telles que :

- les caractéristiques d'autofreinage (voir l'ISO 2320),
- les caractéristiques de couple/tension (voir l'ISO 16047 pour la méthode d'essai),
- la soudabilité, ou
- la résistance à la corrosion.

Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent.

D	diamètre nominal de filetage de l'écrou (diamètre extérieur de base du filetage intérieur), mm
d_h	diamètre du trou de passage dans le dispositif d'amarrage, mm
F	force, N
F_P	charge d'épreuve, N
h	épaisseur du dispositif d'amarrage, mm
m	hauteur de l'écrou, mm
$m_{th,design}$	hauteur théorique de filetage résultant de la conception de l'écrou, mm
P	pas du filetage, mm
s	surplat, mm

Styles d'écrou

Le présent document spécifie trois styles pour les écrous.

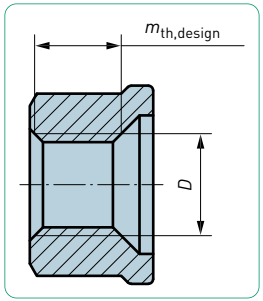
Pour les écrous hexagonaux standards sans embase et sans dispositif d'autofreinage, les limites suivantes s'appliquent :

- style 1 : écrou normal de hauteur minimale $0{,}80D \leq m_{min} < 0{,}89D$, voir le Tableau B.1;
- style 2 : écrou haut de hauteur minimale $m_{min} \geq 0{,}89D$, voir le Tableau B.1;
- style 0 : écrou bas de hauteur minimale $0{,}45D \leq m_{min} < 0{,}80D$.

Pour les autres écrous standards (par exemple écrous à embase, écrous autofreinés, écrous nonhexagonaux, etc.), le style doit être défini dans la norme de produit en lien avec les caractéristiques mécaniques.

Pour les écrous sur plan, le style doit être défini conformément à la hauteur théorique minimale de filetage, $m_{th,design}$, en lien avec les caractéristiques mécaniques. $m_{th,design}$ est spécifié à la Figure 5.1-1 et au Tableau 5.1-2. $m_{th,design}$ est la distance entre l'intersection du chanfrein de l'écrou (ou des chanfreins le cas échéant) ou de la (des) face(s) d'appui de l'écrou, avec le cylindre théorique représentant le diamètre nominal de filetage D.

5.1-1 - **Hauteur théorique de filetage, $m_{th,design}$**



5.1-2 - **Hauteur théorique de filetage pour les écrous sur plan**

Écrous normaux (style 1)	$0{,}73D \leq m_{th,design,min} < 0{,}83D$
Écrous hauts (style 2)	$m_{th,design,min} \geq 0{,}83D$
Écrous bas (style 0)	$0{,}40D \leq m_{th,design,min} < 0{,}73D$

NOTE 1 : les limites pour $m_{th,design,min}$ sont calculées en tenant compte des dimensions les plus critiques pour les écrous, c'est-à-dire la hauteur minimale m_{min}, le diamètre maximal du chanfrein intérieur $d_{a,max}$, l'angle minimal du chanfrein intérieur (90° pour les écrous normaux et hauts, 110° pour les écrous bas) et deux chanfreins (un à chaque face d'appui).
NOTE 2 : les valeurs spécifiées dans ce tableau sont basées sur les ratios minimaux calculés pour les écrous hexagonaux standards de diamètres 12 mm à 39 mm.

Classes de qualité

Écrous normaux (style 1) et écrous hauts (style 2)

Les classes de qualité des écrous normaux (style 1) et des écrous hauts (style 2) sont composées d'un nombre. Il correspond au nombre situé à gauche de la classe de qualité maximale appropriée des vis, goujons et tiges filetées avec laquelle il peut être conjugué, qui correspond à 1/100 de la résistance nominale à la traction de la vis associée en mégapascals.

Exemple : un écrou de classe de qualité 10 est un écrou normal ou haut à associer avec une vis de classe de qualité jusqu'à 10.9 inclus.

Écrous bas (style 0)

Les classes de qualité des écrous bas (style 0) sont composées de deux éléments, spécifiés de la manière suivante:

a) le premier élément «zéro» indique la capacité de charge réduite des écrous bas, afin d'alerter sur le fait que ces écrous ne sont pas conçus pour éviter le mode de défaillance par arrachement des filets en cas de surcharge;

b) le second élément correspond à environ 1/100 de la contrainte nominale à la charge d'épreuve, S_P, en mégapascals (MPa).

Exemple : un écrou de classe de qualité 05 est un écrou bas avec une contrainte nominale à la charge d'épreuve de 500 MPa.

Conception des assemblages vis/écrou

Des explications sur les principes de conception des écrous et sur la capacité de charge des assemblages vissés sont données dans l'Annexe A. Des informations sur la contrainte nominale à la charge d'épreuve S_p sont données dans l'Annexe B.

Les écrous normaux (style 1) et les écrous hauts (style 2) doivent être conjugués avec des fixations à filetage extérieur conformément au Tableau 5.1-3. Cependant, un écrou de classe de qualité supérieure peut remplacer un écrou de classe de qualité inférieure, sauf pour les écrous autofreinés où seuls les écrous et les fixations à filetage extérieur de classes de qualité correspondantes doivent être combinés.

5.1-3 – **Combinaison des classes de qualité des écrous normaux (style 1) et écrous hauts (style 2) avec les vis, goujons et tiges filetées**

Classe de qualité de l'écrou	Classe de qualité maximale de la vis, goujon et tige filetée conjugués
5	5.8
6	6.8
8	8.8
10	10.9
12	12.9/12.9

Traitement thermique

Les écrous doivent être fabriqués conformément aux exigences spécifiées dans les Tableaux 5.1-4 et 5.1-5 pour les états de traitement thermique suivants :
- non trempé et revenu (NQT, *Non-Quenched and Tempered*),
- trempé et revenu (QT, *Quenched and Tempered*).

Seuls les écrous suivants sont autorisés à être fabriqués dans l'un ou l'autre état (NQT ou QT) au choix du fabricant, et dans les deux cas ces écrous doivent satisfaire à toutes les exigences applicables pour l'état de traitement thermique qui s'applique :

a) Pour les écrous à pas gros et conformément au Tableau 5.1-4 :
- écrous normaux (style 1) de classe de qualité 8 avec D ≤ M16,
- écrous hauts (style 2) de classe de qualité 8.

b) Pour les écrous à pas fin et conformément au Tableau 5.1-5 :
- écrous normaux (style 1) de classe de qualité 6 avec $D \leq 16$ mm,
- écrous hauts (style 2) de classe de qualité 8 avec $D \leq 16$ mm.

Composition chimique

La composition chimique doit être évaluée conformément aux Normes internationales adéquates. En cas de litige, l'analyse produit doit être conforme aux limites spécifiées dans le Tableau 5.1-4 ou 5.1-5.

Pour les écrous destinés à être galvanisés à chaud, les exigences supplémentaires spécifiées dans l'ISO 10684 doivent s'appliquer.

5.1-4 – **Limites de composition chimique des aciers pour les écrous à pas gros**

Traitement thermique	Classe de qualité	Hauteur d'écrou	Filetage	Analyse coulée [a,b] %					Température de revenu
			D	C		Mn	P	S	°C
				min.	max.	min.	max.	max.	min.
Non trempé et revenu (NQT) [c]	04 [d]	Style 0	M5 ≤ *D* ≤ M39	0,06	0,58	0,25	0,060	0,150	—
	5 [d]	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M39						
	6 [d]	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M39						
	8	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16 [e]						
		Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39 [e]						
Trempé et revenu (QT) [f]	05	Style 0	M5 ≤ *D* ≤ M39	0,15	0,58	0,45	0,048	0,058	380
	8	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M39						
		Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39						
	10	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M39						
		Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39						
	12	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16	0,18					410
		Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39	0,15					380

a En cas de litige, l'analyse produit doit s'appliquer.
b Des éléments d'alliage peuvent être ajoutés à condition que les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées en page 162 soient respectées.
c La structure de l'acier des écrous NQT ne doit pas être une microstructure de trempe.
d Ces écrous peuvent être fabriqués avec un acier de décolletage contenant du soufre, du phosphore et du plomb, avec les teneurs suivantes : S ≤ 0,350 %; P ≤ 0,110 %; Pb ≤ 0,350 %.
e Ces écrous peuvent être trempés et revenus au choix du fabricant, et dans ce cas toutes les exigences pour les écrous QT doivent s'appliquer.
f La microstructure des écrous QT doit présenter approximativement 90 % de martensite.

5.1-5 – **Limites de composition chimique des aciers pour les écrous à pas fin**

Traitement thermique	Classe de qualité	Hauteur d'écrou	Filetage	Analyse coulée [a,b] %					Température de revenu
			D	C		Mn	P	S	°C
				min.	max.	min.	max.	max.	min.
Non trempé et revenu (NQT) [c]	04 [d]	Style 0	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	0,06	0,58	0,25	0,060	0,150	—
	6 [d]	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm [e]						
	8	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm [e]						
Trempé et revenu (QT) [f]	05	Style 0	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	0,15	0,58	0,45	0,048	0,058	380
	6	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm						
	8	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm						
		Style 1	16 mm < *D* ≤ 39 mm	0,18					410
		Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	0,15					380
	10	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm						
		Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm						
	12	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	0,18					410

a En cas de litige, l'analyse produit doit s'appliquer.
b Des éléments d'alliage peuvent être ajoutés à condition que les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées en page 162 soient respectées.
c La structure de l'acier des écrous NQT ne doit pas être une microstructure de trempe.
d Ces écrous peuvent être fabriqués avec un acier de décolletage contenant du soufre, du phosphore et du plomb, avec les teneurs suivantes : S ≤ 0,350 %; P ≤ 0,110 %; Pb ≤ 0,350 %.
e Ces écrous peuvent être trempés et revenus au choix du fabricant, et dans ce cas toutes les exigences pour les écrous QT doivent s'appliquer.
f La microstructure des écrous QT doit présenter approximativement 90 % de martensite.

Caractéristiques mécaniques et physiques

Lorsqu'ils sont soumis à essai à température ambiante avec les méthodes spécifiées en page 164, les écrous de classe de qualité spécifiée doivent satisfaire aux exigences mécaniques et physiques, quels que soient les essais réalisés en cours de fabrication ou en contrôle final.

5.1-6 – **Charges d'épreuve des écrous à pas gros**

Filetage *D*	Pas *P*	Charge d'épreuve, F_P (N)						
		Classe de qualité						
		04 [a]	05 [a]	5	6	8	10	12
M5	0,8	5 400	7 100	8 250	9 500	12 140	14 800	16 300
M6	1	7 640	10 000	11 700	13 500	17 200	20 900	23 100
M7	1	11 000	14 500	16 800	19 400	24 700	30 100	33 200
M8 [b]	1,25	13 900	18 300	21 600	24 900	31 800	38 100	42 500
M10 [b]	1,5	22 000	29 000	34 200	39 400	50 500	60 300	67 300
M12	1,75	32 000	42 200	51 400	59 000	74 200	88 500	100 300
M14	2	43 700	57 500	70 200	80 500	101 200	120 800	136 900
M16	2	59 700	78 500	95 800	109 900	138 200	164 900	186 800
M18	2,5	73 000	96 000	121 000	138 200	176 600	203 500	230 400
M20	2,5	93 100	122 500	154 400	176 400	225 400	259 700	294 000
M22	2,5	115 100	151 500	190 900	218 200	278 800	321 200	363 600
M24	3	134 100	176 500	222 400	254 200	324 800	374 200	423 600
M27	3	174 400	229 500	289 200	348 800	452 100	486 500	550 800
M30	3,5	213 200	280 500	353 400	426 400	552 600	594 700	673 200
M33	3,5	263 700	347 000	437 200	527 400	683 600	735 600	832 800
M36	4	310 500	408 500	514 700	620 900	804 700	866 000	980 400
M39	4	370 900	488 000	614 900	741 800	961 400	1 035 000	1 171 000

a Lorsque des écrous bas sont utilisés, l'application doit prendre en compte la charge d'arrachement des filets qui est inférieure à la charge d'épreuve d'un écrou à capacité de charge intégrale (voir l'Annexe B).
b Les écrous galvanisés à chaud de classe de tolérance de filetage 6H doivent satisfaire aux exigences de ce Tableau. Pour les écrous galvanisés à chaud de classes de tolérance de filetage 6AX et 6AZ conformes à l'ISO 965-5, les charges d'épreuve inférieures spécifiées dans l'ISO 10684 pour M8 et M10 doivent s'appliquer.

Charge d'épreuve

Lorsqu'ils sont soumis à essai comme indiqué en page 164, les écrous de classe de qualité spécifiée doivent satisfaire aux exigences de charge d'épreuve spécifiées dans le Tableau 5.1-6 ou 5.1-7.

5.1-7 – **Charges d'épreuve des écrous à pas fin**

Filetage *D*x*P*	Charge d'épreuve, F_P (N)					
	Classe de qualité					
	04 [a]	05 [a]	6	8	10	12
M8×1	14 900	19 600	30 200	37 400	43 100	47 000
M10×1,25	23 300	30 600	47 100	58 400	67 300	73 400
M10×1	24 500	32 200	49 700	61 600	71 000	77 400
M12×1,5	33 500	44 000	68 700	84 100	97 800	105 700
M12×1,25	35 000	46 000	71 800	88 000	102 200	110 500
M14×1,5	47 500	62 500	97 500	119 400	138 800	150 000
M16×1,5	63 500	83 500	130 300	159 500	185 400	200 400
M18×2	77 500	102 000	177 500	210 100	220 300	248 100
M18×1,5	81 700	107 500	187 000	221 500	232 200	262 800
M20×2	98 000	129 000	224 500	265 700	278 600	313 500
M20×1,5	103 400	136 000	236 600	280 200	293 800	329 900
M22×2	120 800	159 000	276 700	327 500	343 400	386 500
M22×1,5	126 500	166 500	289 700	343 000	359 600	404 700
M24×2	145 900	192 000	334 100	395 500	414 700	467 100
M27×2	188 500	248 000	431 500	510 900	535 700	609 800
M30×2	236 000	310 500	540 300	639 600	670 700	764 100
M33×2	289 200	380 500	662 100	783 800	821 900	935 800
M36×3	328 700	432 500	804 400	942 800	934 200	1 063 900
M39×3	391 400	515 000	957 900	1 123 000	1 112 000	1 265 000

a Lorsque des écrous bas sont utilisés, l'application doit prendre en compte la charge d'arrachement des filets qui est inférieure à la charge d'épreuve d'un écrou à capacité de charge intégrale (voir l'Annexe B).

Dureté

Lorsqu'ils sont soumis à essai, voir page 165, les écrous de classe de qualité spécifiée doivent satisfaire aux exigences de dureté, comme suit :

- pour les écrous NQT, la dureté minimale est donnée uniquement à titre indicatif, mais l'exigence de dureté maximale du Tableau 5.1-8 ou 5.1-10 doit s'appliquer;
- pour les écrous QT, les exigences de dureté minimale et de dureté maximale du Tableau 5.1-9 ou 5.1-11 doivent s'appliquer; la différence de dureté déterminée à cœur et dans le filetage ne doit pas être supérieure à 30 HV.

5.1-8 – **Dureté pour les écrous non trempés et revenus (NQT) à pas gros**

Classe de qualité	Style	Filetage *D*	Dureté Vickers HV		Dureté Brinell convertie [a] HB ou HBW		Dureté Rockwell convertie [a]	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
04	Style 0	M5 ≤ *D* ≤ M39	188	334	179	318	88,8 HRB	33,9 HRC
5	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16	130		124		71,2 HRB	
		M16 < *D* ≤ M39	146		139		77,9 HRB	
6	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16	150		143		78,7 HRB	
		M16 < *D* ≤ M39	170		162		85,0 HRB	
8	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16 [b]	200		190		91,5 HRB	
	Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39 [b]						

[a] Les duretés Brinell et Rockwell sont converties à partir des valeurs de HV selon l'ISO 18265 (états des aciers non alliés et faiblement alliés).
[b] Ces écrous peuvent être trempés et revenus au choix du fabricant : dans ce cas, le Tableau 5.1-9 doit s'appliquer.

5.1-9 – **Dureté pour les écrous trempés et revenus (QT) à pas gros**

Classe de qualité	Style	Filetage *D*	Dureté Vickers HV		Dureté Brinell convertie [a] HB ou HBW		Dureté Rockwell convertie [a]	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
05	Style 0	M5 ≤ *D* ≤ M39	272	353	268	349	26,5 HRC	36,9 HRC
8	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16	200	334	195 [b]	330	92,7 HRB [b]	34,8 HRC
		M16 < *D* ≤ M39	233		228		98,9 HRB	
	Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39	200		195 [b]		92,7 HRB [b]	
10	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M39	272	353	268	349	26,5 HRC	36,9 HRC
	Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39	233		228		98,9 HRB	
12	Style 1	M5 ≤ *D* ≤ M16	308	368	304	363	31,6 HRC	38,5 HRC
	Style 2	M5 ≤ *D* ≤ M39	272	353	268	349	26,5 HRC	36,9 HRC

[a] Les duretés Brinell et Rockwell sont converties à partir des valeurs de HV selon l'ISO 18265 (état trempé et revenu).
[b] Valeur extrapolée (pas de conversion disponible dans l'ISO 18265 pour des valeurs inférieures à 210 HV).

5.1-10 – **Dureté pour les écrous non trempés et revenus (NQT) à pas fin**

Classe de qualité	Style	Filetage *D*	Dureté Vickers HV		Dureté Brinell convertie [a] HB ou HBW		Dureté Rockwell convertie [a]	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
04	Style 0	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	188	334	179	318	88,8 HRB	33,9 HRC
6	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm [b]	200		190		91,5 HRB	
8	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm [b]	223		212		95,4 HRB	

[a] Les duretés Brinell et Rockwell sont converties à partir des valeurs de HV selon l'ISO 18265 (états des aciers non alliés et faiblement alliés).
[b] Ces écrous peuvent être trempés et revenus au choix du fabricant: dans ce cas, le Tableau 5.1-11 doit s'appliquer.

5.1-11 – **Dureté pour les écrous trempés et revenus (QT) à pas fin**

Classe de qualité	Style	Filetage *D*	Dureté Vickers HV		Dureté Brinell convertie [a] HB ou HBW		Dureté Rockwell convertie [a]	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.
05	Style 0	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	272	353	268	349	26,5 HRC	36,9 HRC
6	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm	200	334	195 [b]	330	92,7 HRB [b]	34,8 HRC
		16 mm < *D* ≤ 39 mm	233	334	228	330	98,9 HRB	34,8 HRC
8	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm	262	334	258	330	24,9 HRC	34,8 HRC
		16 mm < *D* ≤ 39 mm	295	353	291	349	29,8 HRC	36,9 HRC
	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm	223	334	218	330	97,2 HRB	34,8 HRC
		16 mm < *D* ≤ 39 mm	244	334	239	330	21,9 HRC	34,8 HRC
10	Style 1	8 mm ≤ *D* ≤ 16 mm	320	380	316	375	33,1 HRC	39,6 HRC
	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	272	353	268	349	26,5 HRC	36,9 HRC
12	Style 2	8 mm ≤ *D* ≤ 39 mm	308	368	304	363	31,6 HRC	38,5 HRC

[a] Les duretés Brinell et Rockwell sont converties à partir des valeurs de HV selon l'ISO 18265 (état trempé et revenu).
[b] Valeur extrapolée (pas de conversion disponible dans l'ISO 18265 pour des valeurs inférieures à 210 HV).

Méthodes d'essai

Essai de charge d'épreuve

L'essai de charge d'épreuve consiste en deux opérations principales, c'est-à-dire :

a) l'application de la charge d'épreuve spécifiée au moyen d'un mandrin d'essai (voir Figure 5.1-12), et

b) le contrôle de l'endommagement éventuel du filetage de l'écrou provoqué par la charge d'épreuve.

Pour l'essai de charge d'épreuve des écrous autofreinés, le mode opératoire et les exigences complémentaires spécifiés dans l'ISO 2320 doivent s'appliquer.

Limites d'application

Cet essai s'applique aux écrous de toutes dimensions et pour toutes les classes de qualité.

Appareillage

La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1, de classe 1 ou plus précise. Les poussées transversales sur l'écrou doivent être évitées, par exemple au moyen de dispositifs d'amarrage autoalignants.

Dispositif d'essai

Le dispositif d'amarrage et le mandrin d'essai doivent être conformes aux exigences suivantes :

- dureté du dispositif d'amarrage : 45 HRC minimum,
- épaisseur du dispositif d'amarrage, h : 1D minimum,
- diamètre du trou de passage du dispositif d'amarrage, d_h, conformément au Tableau 5.1-13,
- mandrin trempé et revenu : dureté 45 HRC à 50 HRC,
- classe de tolérance de filetage du mandrin d'essai : 5h6g, et de plus la tolérance du diamètre extérieur doit être dans le quart inférieur de la tolérance du 6g; les dimensions du filetage du mandrin d'essai doivent être telles que spécifiées à l'Annexe A.

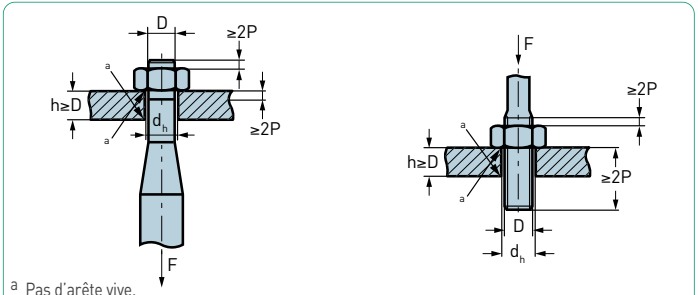
Mode opératoire

L'écrou doit être soumis à essai en l'état de livraison.

Le filetage du mandrin d'essai doit être contrôlé avant et après chaque essai. Si le filetage du mandrin d'essai a été endommagé pendant l'essai, le résultat de l'essai doit être écarté et un nouvel essai doit être réalisé avec un mandrin conforme.

L'écrou doit être monté sur le mandrin d'essai conformément à la Figure 5.1-12.

5.1-12 - **Essai de charge d'épreuve**



5.1-13 - **Diamètre du trou de passage du dispositif d'amarrage** - Dimensions en millimètres

Filetage D	Diamètre du trou d_h [a]	
	min.	max.
5	5,030	5,105
6	6,030	6,105
7	7,040	7,130
8	8,040	8,130
10	10,040	10,130
12	12,050	12,160
14	14,050	14,160
16	16,050	16,160
18	18,050	18,160

Filetage D	Diamètre du trou d_h [a]	
	min.	max.
20	20,065	20,195
22	22,065	22,195
24	24,065	24,195
27	27,065	27,195
30	30,065	30,195
33	33,080	33,240
36	36,080	36,240
39	39,080	39,240
—	—	—

[a] $d_h = D$ avec une classe de tolérance D11 (voir l'ISO 286-2).

L'essai par traction axiale ou par compression axiale doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1.

La vitesse d'essai, telle que déterminée avec un dispositif d'amarrage tournant librement, ne doit pas dépasser 10 mm/min jusqu'à 50 % de la charge d'épreuve F_P et 3 mm/min au-delà.

La charge d'épreuve spécifiée dans le Tableau 5.1-6 pour les écrous à pas gros et dans le Tableau 5.1-7 pour les écrous à pas fin doit être appliquée, cependant tout dépassement de la valeur de charge d'épreuve doit être minimisé. La charge d'épreuve doit être maintenue pendant une durée de 15 s avant d'être relâchée. L'écrou doit être retiré à la main du mandrin d'essai. Il peut être nécessaire d'utiliser une clé manuelle pour amorcer la rotation de l'écrou, mais l'utilisation d'une telle clé n'est admise que sur un demi-tour.

Résultats d'essai et exigences

L'écrou doit résister à la charge d'épreuve spécifiée dans le Tableau 5.1-6 ou 5.1-7 sans défaillance, c'est-à-dire sans déformation plastique importante, arrachement des filets, fissuration ou rupture.

Les écrous sans dispositif d'autofreinage doivent pouvoir être dévissés à la main après relâchement de la charge d'épreuve (et, si nécessaire, après un demi-tour maximum avec une clé).

Le mode de défaillance et l'utilisation d'une clé doivent être documentés avec le résultat d'essai.

En cas de litige, l'essai de charge d'épreuve par traction axiale effectué conformément à la Figure 5.1-12 doit être la méthode de référence pour l'acceptation.

Essais de dureté

Les modes opératoires d'essai de dureté sont spécifiés ci-contre.

Les contrôles de routine optionnels peuvent être réalisés pour surveiller le procédé de fabrication des écrous.

En cas de litige, seuls les modes opératoires de dureté spécifiés ci-contre s'appliquent. Un récapitulatif des exigences de dureté pour les écrous est donné.

Limites d'application

Les essais de dureté s'appliquent aux écrous de toutes dimensions et pour toutes les classes de qualité.

Méthodes d'essai

La dureté doit être déterminée par un essai de dureté Vickers conformément à l'ISO 6507-1, un essai de dureté Brinell conformément à l'ISO 6506-1, ou un essai de dureté Rockwell conformément à l'ISO 6508-1.

Modes opératoires pour les contrôles de routine

Ces modes opératoires ne sont à utiliser que pour les contrôles de routine.

a) Dureté déterminée sur la surface d'appui

b) Détermination de la dureté sur la coupe transversale

Dureté déterminée dans le filetage

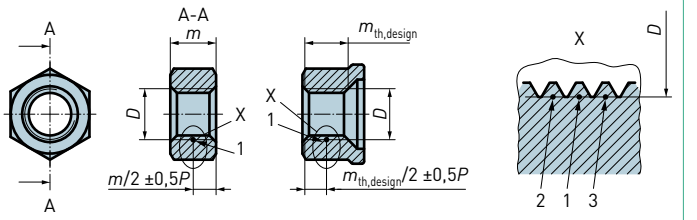
Diamètre extérieur du filetage de l'écrou *D* et à mi-hauteur du filetage de l'écrou (voir les points 1, 2 et 3 de la Figure 5.1-15).

La valeur de dureté dans le filetage doit être la moyenne de ces trois points.

5.1-14 - **Sélection de la force d'essai appropriée pour l'essai de dureté Vickers**

Pas du filetage de l'écrou mm	Symbole d'essai de dureté
0,8 à 1,75	HV 1
2 à 4	HV 5
NOTE : la sélection de la force d'essai Vickers est basée sur les dimensions du profil de base du filetage métrique ISO et sur l'exigence de dureté minimale pour les écrous.	

5.1-15 - **Détermination de la dureté dans le filetage**



Légende
1, 2, 3 Points de dureté
D Diamètre extérieur du filetage

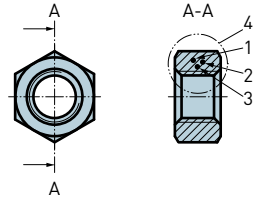
Dureté déterminée à cœur

Les écrous doivent être soumis à essai en l'état de livraison.

La dureté à cœur doit être déterminée sur une coupe axiale longitudinale et passant par le surangle conformément à la Figure 5.1-16. Cette coupe doit être réalisée avec un procédé adapté ne modifiant pas la dureté par échauffement excessif ou écrouissage, et la surface doit être préparée de manière appropriée.

L'essai de dureté doit être réalisé en HV 10.

5.1-16 - **Détermination de la dureté à cœur**



Légende
1, 2, 3 Position des points de dureté pour déterminer la dureté à cœur
4 Zone d'évaluation de la microstructure

Marquage et étiquetage

Exigences générales

Le marquage des écrous doit être réalisé au cours du processus de fabrication. Ils doivent de préférence être marqué sur le dessus de l'écrou (c'est-à-dire du côté opposé à la face d'appui), en creux ou en relief.

La hauteur du marquage en relief ne doit pas être incluse dans la dimension de hauteur d'écrou.

Les écrous peuvent également être marqués :
- sur l'embase pour les écrous à embase,
- en creux sur le côté,
- sur le chanfrein, et dans ce cas le marquage en relief ne doit pas dépasser de la surface d'appui de l'écrou,
- sur l'une des faces d'appui en creux, et dans ce cas cela ne doit pas affecter les caractéristiques fonctionnelles.

Le marquage des écrous comprend :
- le symbole de la classe de qualité, tel que spécifié ci-contre ou page 167, et
- la marque d'identification du fabricant.

Les écrous fabriqués conformément aux exigences du présent document doivent être désignés conformément au système de désignation spécifié en page 159, et doivent être marqués conformément au présent Article.

Le système de désignation ne doit être utilisé, et le marquage ne doit être apposé conformément au présent Article que lorsque toutes les exigences applicables du présent document :
- matériau, traitement thermique, composition chimique et microstructure de l'acier ; et
- caractéristiques mécaniques et physiques comme spécifiées en page 162, sont satisfaites, lorsque soumis à essai conformément aux méthodes d'essais, voir page 164.

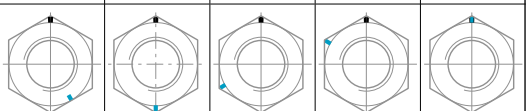
Pour les écrous galvanisés à chaud de classes de tolérance de filetage 6AX et 6AZ conformes à l'ISO 965-5, un marquage supplémentaire est spécifié dans l'ISO 10684.

Symboles de marquage des classes de qualité pour les écrous à capacité de charge intégrale

Les symboles de marquage des classes de qualité doivent être tels que spécifiés à la deuxième ligne du Tableau 5.1-17 pour les écrous à capacité de charge intégrale :
- écrous hexagonaux normaux (style 1) et écrous hexagonaux hauts (style 2), et
- autres écrous normalisés ou non, conformes au présent document (écrous à embase, écrous autofreinés, écrous sur plan, etc.) et avec une hauteur théorique de filetage $m_{th,design,min} \geq 0{,}73D$ (voir Tableau 5.1-2).

Dans le cas où la forme de l'écrou ne permet pas ce marquage, les symboles alternatifs par marquage horaire spécifiés au Tableau 5.1-17 troisième ligne, doivent être utilisés.

5.1-17 – **Symboles de marquage de la classe de qualité pour les écrous à capacité de charge intégrale (par exemple écrous normaux et écrous hauts)**

Classe de qualité	5	6	8	10	12
Symbole de marquage	5	6	8	10	12
Symbole alternatif par marquage horaire [a]					

[a] La position midi de référence doit être indiquée soit par la marque d'identification du fabricant, soit par un point.

Symboles de marquage des classes de qualité pour les écrous à capacité de charge réduite

Les symboles de marquage des classes de qualité (comprenant l'élément «0» en première position) doivent être tels que spécifiés dans le Tableau 5.1-18 pour les écrous à capacité de charge réduite :

- écrous bas (style 0), et
- autres écrous normalisés ou non, conformes au présent document et avec une hauteur théorique de filetage $0{,}40D \leq m_{th,design,min} < 0{,}73D$ (voir le Tableau 5.1-2).

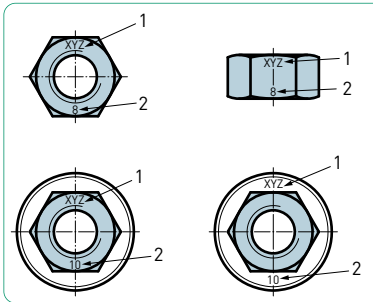
5.1-18 – **Symboles de marquage de la classe de qualité pour les écrous à capacité de charge réduite (par exemple écrous bas)**

Classe de qualité	04	05
Symbole de marquage	04	05

Marquage des écrous

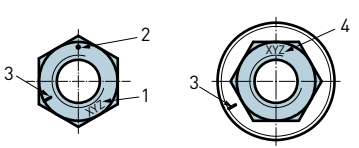
Tous les écrous conformes au présent document doivent être marqués du symbole de la classe de qualité, soit conformément à la page 166, soit conformément au premier paragraphe de la page 167, et de la marque d'identification du fabricant. Les écrous doivent de préférence être marqués sur le dessus de l'écrou (c'est-à-dire du côté opposé à la face d'appui). Des exemples sont donnés aux Figures 5.1-19 à 5.1-21.

5.1-19 - **Exemples de marquage d'écrous hexagonaux à capacité de charge intégrale**



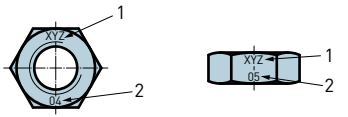
Légende
1 Marque d'identification du fabricant
2 Symbole de la classe de qualité (capacité de charge intégrale)

5.1-20 - **Exemples de marquage horaire d'écrous hexagonaux à capacité de charge intégrale**



Légende
1 Marque d'identification du fabricant
2 Position midi de référence marquée par un point
3 Symbole de la classe de qualité (capacité de charge intégrale)
4 Position midi de référence marquée par la marque d'identification du fabricant (à la place du point)

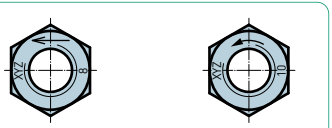
5.1-21 - **Exemples de marquage d'écrous hexagonaux à capacité de charge réduite**



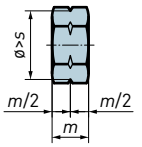
Légende
1 Marque d'identification du fabricant
2 Symbole de la classe de qualité (capacité de charge réduite)

Les écrous à filetage à gauche conformes au présent document doivent de plus être marqués avec une flèche vers la gauche (voir Figure 5.1-22). Celle-ci doit être située du même côté que le marquage de la classe de qualité, et de préférence sur la partie supérieure de l'écrou.

5.1-22 - **Exemples de marquage pour filetage à gauche**



5.1-23 - **Marquage alternatif par encoches pour filetage à gauche**



Légende
s surplat
m hauteur d'écrou

Le marquage alternatif par encoches pour filetage à gauche tel que spécifié à la Figure 5.1-23 peut également être utilisé pour les écrous hexagonaux.

Annexe A - (normative)

Dimensions du filetage du mandrin d'essai

Tableau A.1 – **Dimensions du filetage du mandrin d'essai pour la charge d'épreuve**
Filetage à pas gros - Dimensions en millimètres

Ecrou Filetage *D*	Mandrin (filetage à pas gros)			
	Diamètre extérieur de filetage du mandrin (quart inférieur de la classe de tolérance 6g)		Diamètre à flanc de filet du mandrin (classe tolérance 5h)	
	max.	min.	max.	min.
M5	4,864	4,826	4,480	4,405
M6	5,839	5,794	5,350	5,260
M7	6,839	6,794	6,350	6,260
M8	7,813	7,760	7,188	7,093
M10	9,791	9,732	9,026	8,920
M12	11,767	11,701	10,863	10,745
M14	13,752	13,682	12,701	12,576
M16	15,752	15,682	14,701	14,576
M18	17,707	17,623	16,376	16,244
M20	19,707	19,623	18,376	18,244
M22	21,707	21,623	20,376	20,244
M24	23,671	23,577	22,051	21,891
M27	26,671	26,577	25,051	24,891
M30	29,628	29,522	27,727	27,557
M33	32,628	32,522	30,727	30,557
M36	35,584	35,465	33,402	33,222
M39	38,584	38,465	36,402	36,222

Tableau A.2 – **Dimensions du filetage du mandrin d'essai pour la charge d'épreuve**
Filetage à pas fin - Dimensions en millimètres

Ecrou Filetage *D x P*	Mandrin (filetage à pas fin)			
	Diamètre extérieur de filetage du mandrin (quart inférieur de la classe de tolérance 6g)		Diamètre à flanc de filet du mandrin (classe tolérance 5h)	
	max.	min.	max.	min.
M8x1	7,839	7,794	7,350	7,260
M10x1,25	9,813	9,760	9,188	9,093
M10x1	9,839	9,794	9,350	9,260
M12x1,5	11,791	11,732	11,026	10,914
M12x1,25	11,813	11,760	11,188	11,082
M14x1,5	13,791	13,732	13,026	12,911
M16x1,5	15,791	15,732	15,026	14,914
M18x2	17,752	17,682	16,701	16,569
M18x1,5	17,791	17,732	17,026	16,914
M20x2	19,752	19,682	18,701	18,569
M20x1,5	19,791	19,732	19,026	18,914
M22x2	21,752	21,682	20,701	20,569
M22x1,5	21,791	21,732	21,026	20,914
M24x2	23,752	23,682	22,701	22,569
M27x2	26,752	26,682	25,701	25,569
M30x2	29,752	29,682	28,701	28,569
M33x2	32,752	32,682	31,701	31,569
M36x3	35,671	35,577	34,051	33,891
M39x3	38,671	38,577	37,051	36,891

Annexe B - (informative)

B.1 - Principes fondamentaux de conception des écrous

La conception des écrous spécifiés dans le présent document a été élaborée principalement pour les écrous normaux hexagonaux (style 1) et pour les écrous hauts hexagonaux (style 2) de grades A et B, voir Tableau B.1. Pour des informations techniques détaillées sur les principes de conception des écrous, voir l'ISO/TR 16224.

Une fixation à filetage extérieur de classe de qualité spécifiée conformément à l'ISO 898-1 assemblée avec un écrou normal ou haut de classe de qualité conjuguée conformément au Tableau 5.1-3 du présent document, est conçue pour être utilisées jusqu'à la limite d'élasticité de la fixation à filetage extérieur.

Le mode de défaillance d'un assemblage vis/écrou sous effort de traction correspond à la valeur la plus faible des trois charges suivantes :

a) charge d'arrachement des filets de l'écrou;

b) charge ultime de rupture en traction de la vis, du goujon ou de la tige filetée;

c) charge d'arrachement du filetage de la vis, du goujon ou de la tige filetée.

La rupture de la vis dans la partie filetée libre après allongement est le mode de défaillance prévu des assemblages vis/écrou en cas de surcharge.

Ces trois charges dépendent principalement de :

- la dureté, la hauteur d'écrou et la hauteur théorique de filetage, le diamètre, le pas et la classe de tolérance de filetage de l'écrou,
- la dureté, le diamètre, le pas et la classe de tolérance de filetage de la fixation à filetage extérieur,
- la longueur théorique du filetage en prise entre la fixation à filetage extérieur et l'écrou.

D'après la théorie d'Alexander, les écrous hexagonaux ont été classés en style 1 (écrous normaux) et en style 2 (écrous hauts) par rapport à leur hauteur, voir le Tableau B.1.

Les écrous bas (style 0) ont une capacité de charge réduite par rapport aux écrous normaux ou aux écrous hauts, et ils ne sont pas conçus pour éviter le mode de défaillance par arrachement des filets en cas de surcharge.

AVERTISSEMENT — Des écrous du marché dont la classe de qualité figure entre deux barres verticales (par exemple |8|) ne satisfont pas aux exigences du présent document.

Les barres verticales proviennent de l'ancienne DIN 267-4 qui a été annulée en 1994.

[1] La DIN 934 a été annulée en 1992 et remplacée par l'ISO 4032.

Tableau B.1 – **Hauteur minimale des écrous hexagonaux (sans embase et sans dispositif d'autofreinage)** - Dimensions en millimètres

Filetage D	Surplat s_{nom}	Hauteur minimale des écrous hexagonaux			
		Écrous normaux (style 1) $0{,}80D \le m_{min} < 0{,}89D$		Écrous hauts (style 2) $m_{min} \ge 0{,}89D$	
		m_{min}	m_{min}/D	m_{min}	m_{min}/D
5	8	4,40	0,88	4,80	0,96
6	10	4,90	0,82	5,40	0,90
7	11	6,14	0,88	6,84	0,98
8	13	6,44	0,81	7,14	0,90
10	16	8,04	0,80	8,94	0,89
12	18	10,37	0,86	11,57	0,96
14	21	12,10	0,86	13,40	0,96
16	24	14,10	0,88	15,70	0,98
18	27	15,10	0,84	16,90	0,94
20	30	16,90	0,85	19,00	0,95
22	34	18,10	0,82	20,50	0,93
24	36	20,20	0,84	22,60	0,94
27	41	22,50	0,83	25,40	0,94
30	46	24,30	0,81	27,30	0,91
33	50	27,40	0,83	30,90	0,94
36	55	29,40	0,82	33,10	0,92
39	60	31,80	0,82	35,90	0,92

B.2 - Écrous de diamètres D < 5 mm et D > 39 mm

Les écrous de diamètre D < 5 mm et les écrous de diamètre D > 39 mm figurant dans l'ISO 4032 ont une hauteur minimale m_{min} inférieure à $0{,}80D$. Ces hauteurs d'écrous proviennent de l'ancienne version de la DIN 934[1], et ils n'ont pas été recalculés jusqu'à maintenant : **ceci signifie que ces écrous nécessiteraient une dureté et/ou une hauteur minimale plus élevées pour correspondre à la théorie d'Alexander et pour satisfaire aux exigences du présent document.** Cependant, une augmentation de la dureté seule ne peut pas toujours compenser une hauteur insuffisante pour empêcher le mode de défaillance par arrachement des filets de l'écrou.

De ce fait, les caractéristiques mécaniques pour les écrous de diamètre D < 5 mm et pour les écrous de diamètre D > 39 mm ne sont pas spécifiées dans le présent document, et les classes de qualité ne peuvent pas être attribuées dans les normes de produits. En conséquence, il convient que les caractéristiques mécaniques et les essais associés à effectuer, ainsi que le marquage et l'étiquetage applicables, soient spécifiés par accord entre le client et le fournisseur.

Annexe C - (informative)

Contrainte à la charge d'épreuve, S_P

La contrainte à la charge d'épreuve S_P est rattachée aux valeurs de charge d'épreuve F_P et à la section résistante nominale de la vis A_s, telle que donnée par la Formule :

$$S_P = \frac{F_P}{A_{s,nom}}$$

La contrainte à la charge d'épreuve est donnée dans les Tableaux C.1 et C.2 à titre indicatif uniquement.

Les valeurs S_P des Tableaux C.1 et C.2 sont le résultat des calculs issus de l'ISO/TR 16224. Les résultats de ces calculs, qui ont été regroupés, sont à la base de la révision des valeurs de dureté et des valeurs de charge d'épreuve du présent document. Au cours de cette dernière révision, les valeurs de charge d'épreuve de l'ISO 898-2:1992 ont été mises à jour d'après les valeurs recalculées, uniquement si la différence entre les contraintes à la charge d'épreuve de 1992 et de 2022 était supérieure à 5 %. De ce fait, il y a une non-cohérence entre les valeurs normatives de charge d'épreuve du présent document et les valeurs correspondantes calculées S_P données dans les Tableaux C.1 et C.2.

Les valeurs de charge d'épreuve spécifiées dans les Tableaux 5.1-6 et 5.1-7 du présent document sont à respecter.

Tableau C.1 – **Contrainte à la charge d'épreuve, S_P — Filetage à pas gros**

Filetage D	Contrainte à la charge d'épreuve, S_P (MPa)						
	Classe de qualité						
	04	05	5	6	8	10	12
Résistance nominale à la traction $R_{m,nom}$ de la vis conjuguée (ISO 898-1)	—	—	500	600	800	1 000	1 200
M5 à M7	380	500	585	680	860	1 040	1 150
M8 à M10			605	705	885		1 180
M12 à M16			610	710	895	1 050	1 195
M18 à M24			640	740	965	1 070	1 205
M27 à M39			660	760	985	1 095	1 220

Tableau C.2 – **Contrainte à la charge d'épreuve, S_P — Filetage à pas fin**

Filetage D (mm)	Contrainte à la charge d'épreuve, S_P (MPa)					
	Classe de qualité					
	04	05	6	8	10	12
Résistance nominale à la traction $R_{m,nom}$ de la vis conjuguée (ISO 898-1)	—	—	600	800	1 000	1 200
8 à 10	380	500	795	970	1 100	1 200
12 à 16			790		1 110	1 210
18 à 24			870	1 030	1 080	1 215
27 à 33				1 045		1 230
36 à 39			930	1 090		

Il convient que les valeurs de charge d'épreuve non spécifiées dans le Tableau 5.1-6 out 5.1-7 soient calculées à partir des données exactes de As (voir ci-après), puis que ces valeurs soient arrondies seulement à la fin aux 10 N supérieurs jusqu'à 100 000 N, et aux 100 N supérieurs au-delà.

Conformément à l'ISO 898-1, la section résistante nominale A_s est calculée par les Formules suivantes :

$$A_{s,nom} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2$$

où

d_2 est le diamètre sur flancs de base du filetage extérieur conformément à l'ISO 724

d_3 est le diamètre intérieur du filetage extérieur

$$d_{3,nom} = d_1 - \frac{H}{6}$$

avec

d_1 diamètre intérieur de base du filetage extérieur conformément à l'ISO 724

H hauteur du triangle générateur du filetage conformément à l'ISO 68-1

5.2 Vis, goujons et tiges filetées en acier inoxydable

(NF EN ISO 3506-1 – Janvier 2010, norme en cours de révision)

La norme ISO 3506 étant en évolution, de nouvelles nuances ont été intégrées et classées répondant aux nouvelles exigences du métier.

5.2-1 **Classification des aciers inoxydables par classe de résistance à la corrosion appelée CRC (Corrosion Resistance Classes ou Classe de résistance à la corrosion)**

Pour déterminer quel acier inoxydable est le mieux adapté il faut calculer le **CRF** (facteur de résistance à la corrosion) en s'appuyant sur l'Eurocode 3 (EN1993-1-4).

CRF = F1 + F2 + F3

5.2-2 **F1 : Risque d'exposition à des chlorures d'eau salée ou de sels de dégivrage**

Note	Classification
1	Environnement intérieur contrôlé
0	Faible risque d'exposition
- 3	Risque moyen d'exposition
- 7	Risque élevé d'exposition
-10	Risque très élevé d'exposition
-15	Risque extrêmement élevé d'exposition

5.2-3 **F2 : Risque d'exposition au dioxyde de soufre**

Note	Classification
0	Faible risque d'exposition
- 5	Risque moyen d'exposition
-10	Risque élevé d'exposition

5.2-4 **F3 : Condition de nettoyage ou exposition au lavage par la pluie**

Note	Classification
0	Entièrement exposé au nettoyage de la pluie
-2	Régime de nettoyage spécifique
-7	Aucun lavage par la pluie ou nettoyage

Une fois le CRF calculé, nous obtenons la **CRC** (Classe de Résistance à la Corrosion) et donc la matière vers laquelle s'orienter.

5.2-5

Corrosion Resistance Factor (CRF)	Corrosion Resistance Class (CRC)
CRF = 1	I
0 ≥ CRF > -7	II
-7 ≥ CRF > -15	III
-15 ≥ CRF ≥ -20	IV
CRF < -20	V

5.2-6

Classe de résistance à la corrosion selon EN 1993-1-4 : 2015 Eurocode 3					
	II	III	IV	V	
Nuance	1.4301 A2	1.4401 A4	1.4462 D6	1.4529 A8	Nuance selon ISO 3506
		1.4571 A5	1.4539 A8	1.4410 D8	

Domaine d'application

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux vis et goujons :
- de diamètre nominal de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus,
- à filetage métrique ISO triangulaire,
- de forme quelconque.

Elles ne s'appliquent pas aux vis possédant des caractéristiques spéciales (telles que la soudabilité).

Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons en acier austénitique

5.2-7 **Charge minimale de rupture – Filetage métrique ISO à pas gros**

Filetage d	Section résistante nominale $A_{s, nom.}$ mm²	Charge minimale de rupture F_m min. ($A_{s, nom.}$ x R_m min.) N[a]									
		Acier austénitique et duplex				Acier martensitique				Acier ferritique	
		50	70	80	100	50	70	80	110	45	60
M3	5,03	2 520	3 530	4 030	5 040	2 520	3 530	4 030	5 540	2 270	3 020
M3,5	6,78	3 390	4 750	5 430	6 780	3 390	4 750	5 430	7 460	3 050	4 070
M4	8,78	4 390	6 150	7 030	8 780	4 390	6 150	7 030	9 660	3 960	5 270
M5	14,2	7 100	9 930	11 350	14 190	7 100	9 930	11 350	15 610	6 390	8 510
M6	20,1	10 070	14 090	16 100	20 130	10 070	14 090	16 100	22 140	9 060	12 080
M7	28,9	14 430	20 210	23 090	28 860	14 430	20 210	23 090	31 750	12 990	17 320
M8	36,6	18 310	25 630	29 290	36 610	18 310	25 630	29 290	40 270	16 480	21 970
M10	58	29 000	40 600	46 400	57 990	29 000	40 600	46 400	63 790	26 100	34 800
M12	84,3	42 140	58 990	67 420	84 270	42 140	58 990	67 420	92 700	37 920	50 560
M14	115	57 720	80 810	92 360	115 500	57 720	80 810	92 360	127 000	51 950	69 270
M16	157	78 340	109 700	125 400	156 700	78 340	109 700	125 400	172 400	70 510	94 010
M18	192	96 240	134 800	154 000	192 500	96 240	134 800	154 000	211 800	86 620	115 500
M20	245	122 400	171 400	195 900	244 800	122 400	171 400	195 900	269 300	110 200	146 900
M22	303	151 700	212 400	242 800	303 400	151 700	212 400	242 800	333 800	136 600	182 100
M24	353	176 300	246 800	282 100	352 600	176 300	246 800	282 100	387 800	158 700	211 600
M27	459	229 800	321 600	367 600	459 500	229 800	321 600	367 600	505 400	—	—
M30	561	280 300	392 500	448 500	560 600	280 300	392 500	448 500	616 700	—	—
M33	694	346 800	485 500	554 900	693 600	346 800	485 500	554 900	763 000	—	—
M36	817	408 400	571 800	653 400	816 800	408 400	571 800	653 400	898 400	—	—
M39	976	487 900	683 100	780 700	975 800	487 900	683 100	780 700	1 073 400	—	—

Pour le calcul de de A_s nom

[a] La valeur de charge a été recalculée sur la base de A_s et arrondie à 10 Newtons jusqu'à 100 000 N et à 100 Newtons au-delà.

5.2-8 **Charge d'épreuve minimale à R_{pf} – Filetage métrique ISO à pas gros**

Filetage d	Section résistante nominale $A_{s, nom.}$ mm²	Charge d'épreuve minimale à 0,2 % F_{pf} ($A_{s, nom.}$ x R_{pf} min.) N [a]									
		Acier austénitique et duplex				Acier martensitique				Acier ferritique	
		50	70	80	100	50	70	80	110	45	60
M3	5,03	1 060	2 270	3 020	4 030	1 260	2 070	3 220	4 130	1 260	2 070
M3,5	6,78	1 430	3 050	4 070	5 430	1 700	2 780	4 340	5 560	1 700	2 780
M4	8,78	1 850	3 960	5 270	7 030	2 200	3 600	5 620	7 200	2 200	3 600
M5	14,2	2 980	6 390	8 510	11 350	3 550	5 820	9 080	11 630	3 550	5 820
M6	20,1	4 230	9 060	12 080	16 100	5 040	8 260	12 880	16 510	5 040	8 260
M7	28,9	6 070	12 990	17 320	23 090	7 220	11 840	18 480	23 670	7 220	11 840
M8	36,6	7 690	16 480	21 970	29 290	9 160	15 010	23 430	30 020	9 160	15 010
M10	58	12 180	26 100	34 800	46 400	14 500	23 780	37 120	47 560	14 500	23 780
M12	84,3	17 700	37 920	50 560	67 420	21 070	34 550	53 940	69 100	21 070	34 550
M14	115	24 250	51 950	69 270	92 360	28 860	47 340	73 890	94 670	28 860	47 340
M16	157	32 910	70 510	94 010	125 400	39 170	64 240	100 300	128 500	39 170	64 240
M18	192	40 420	86 620	115 500	154 000	48 120	78 920	123 200	157 900	48 120	78 920
M20	245	51 410	110 200	146 900	195 900	61 200	100 400	156 700	200 800	61 200	100 400
M22	303	63 720	136 600	182 100	242 800	75 850	124 400	194 200	248 800	75 850	124 400
M24	353	74 030	158 700	211 600	282 100	88 130	144 600	225 700	289 100	88 130	144 600
M27	459	96 480	206 800	275 700	367 600	114 900	188 400	294 100	376 800	—	—
M30	561	117 800	252 300	336 400	448 500	140 200	229 900	358 800	459 700	—	—
M33	694	145 700	312 100	416 200	554 900	173 400	284 400	443 900	568 800	—	—
M36	817	171 600	367 600	490 100	653 400	204 200	334 900	522 800	669 800	—	—
M39	976	205 000	439 100	585 500	780 700	244 000	400 100	624 500	800 200	—	—

Pour le calcul de de A_s nom

[a] La valeur de charge a été recalculée sur la base de A_s et arrondie à 10 Newtons jusqu'à 100 000 N et à 100 Newtons au-delà.

5.2-9

Groupe	Nuance	Classe de qualité	Limite de diamètre de filetage	Résistance à la traction $R_{m\,min}$ [1] N/mm²	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% $R_{p\,0,2\,min}$ [2] N/mm²	Allongement après rupture A_{min} [2] mm²
Austénitique	A1 A2	50	39	500	210	0,6 d
	A3 A4	70	≤ 24 [3]	700	450	0,4 d
	A5	80	≤ 24 [3]	800	600	0,3 d

1. La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistante.
2. A déterminer conformément au § 6.2.4 de la norme ISO 3506-1 1997 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée : d
3. Les caractéristiques mécaniques des éléments de fixation dont le diamètre nominal d est supérieur à 24 mm doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et être marquées de la nuance et classe de qualité selon ce tableau 5.2-9.

Couple de rupture minimal M_{Bmin} des vis en acier austénitique M1,6 à M16 (filetage à pas gros)

5.2-10

Filetage	Couple de rupture M_{Bmin} (Nm) Classe de qualité		
	50	70	80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,8
M 4	2,7	3,8	4,3
M 5	5,5	7,8	8,8
M 6	9,3	13	15
M 8	23	32	37
M 10	46	65	74
M 12	80	110	130
M 16	210	290	330

Les valeurs minimales des couples de rupture des éléments de fixation en acier martensitique ou ferritique doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

La résistance au cisaillement

La norme ISO 3506-1 ne définit pas le cisaillement, mais une norme française le fait : NF E25-015, voir chapitre 5.53 page 186.

Caractéristiques mécaniques à hautes et basses températures

Limite inférieure d'écoulement ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% à températures élevées : les valeurs données dans les tableaux 5.2-11 et 5.2-12 sont pour information. Il convient que les utilisateurs comprennent que, par la chimie actuelle, les charges auxquelles sont soumis les éléments de fixation assemblés et l'environnement peuvent subir une variation significative. Si les charges fluctuent et que des périodes de fonctionnement à températures élevées sont importantes ou qu'une possibilité d'accentuation de la corrosion est importante, il convient de consulter le fabricant.

5.2-11

Nuance d'acier	R_{eL} et $R_{p0,2\%}$ Température			
	+ 100°C	+ 200°C	+ 300°C	+ 400°C
A1 - A4	85	80	75	70
C1	95	90	80	65
C3	90	85	80	60

Note.
Pour classes de qualité 70 et 80 uniquement.

5.2-12

Nuance d'acier	Limites inférieures des températures opérationnelles en utilisation continue	
A2	– 200°C	
A4	Vis [1]	– 60°C
	Goujons	– 200°C

1. En liaison avec l'élément d'alliage Mo, la stabilité de l'austénite est réduite et la température de transition est portée vers des valeurs plus élevées si une forte proportion de déformation est appliquée à l'élément de fixation en cours de fabrication.

Caractéristiques mécaniques des vis sans tête

Essai de torsion des vis sans tête à six pans creux : les vis sans tête doivent être conformes aux exigences de couple de torsion selon le tableau 5.2-13.

Caractéristiques mécaniques des vis à tôle

Résistance à la torsion : les vis à tôle en acier inoxydable doivent avoir une résistance à la torsion telle que le couple nécessaire pour provoquer une défaillance soit égal ou supérieur aux valeurs minimales de couple données dans le tableau 5.2-14 pour la classe de qualité considérée.

5.2-13

Diamètre nominal de filetage (d) min	Longueur minimale de la vis testée (mm)				Couple d'essai min. (Nm) Classe de qualité	
	Bout plat	Bout pointu	Bout à téton	Bout à cuvette	12H	21H
1,6	2,5	3	3	2,5	0,03	0,05
2	4	4	4	3	0,06	0,1
2,5	4	4	5	4	0,18	0,3
3	4	5	6	5	0,25	0,42
4	5	6	8	6	0,8	1,4
5	6	8	8	6	1,7	2,8
6	8	8	10	8	3	5
8	10	10	12	10	7	12
10	12	12	16	12	14	24
12	16	16	20	16	25	42
16	20	20	25	20	63	105
20	25	25	30	25	126	210
24	30	30	35	30	200	332

Les longueurs minimales testées sont les longueurs situées sous les traits interrompus forts dans la norme du produit, c'est-à-dire les longueurs ayant la profondeur normale des six pans creux.

5.2-14

Filetage	Couple de rupture M_{Bmin} (Nm) Classe de qualité			
	20H	25H	30H	40H
ST 2,2	0,38	0,48	0,54	0,6
ST 2,6	0,64	0,8	0,9	1
ST 2,0	1	1,2	1,4	1,5
ST 3,3	1,3	1,6	1,8	2
ST 3,5	1,7	2,2	2,4	2,7
ST 3,9	2,3	2,9	3,3	3,6
ST 4,2	2,8	3,5	3,9	4,4
ST 4,8	4,4	5,5	6,2	6,9
ST 5,5	6,9	8,7	9,7	10,8
ST 6,3	11,4	14,2	15,9	17,7
ST 8	23,5	29,4	32,9	36,5

Capacité de formage du filetage : les vis à tôle en acier inoxydable doivent former un filetage correspondant, sans déformation de leur propre filetage, conformément aux prescriptions suivantes :

- la vis doit être vissée dans une plaque jusqu'à ce qu'un filet complet la traverse entièrement,
- pour des vis en acier austénitique ou ferritique la plaque doit être constituée d'un alliage d'aluminium d'une dureté comprise entre 80 HV 30 et 120 HV 30,
- pour des vis en acier martensitique, la plaque doit avoir une teneur en carbone ne dépassant pas 0,23% et une dureté comprise entre 125 HV 30 et 165 HV 30.

L'épaisseur des plaques et la dimension de l'avant-trou doivent être conformes aux valeurs données dans le tableau 5.2-15.

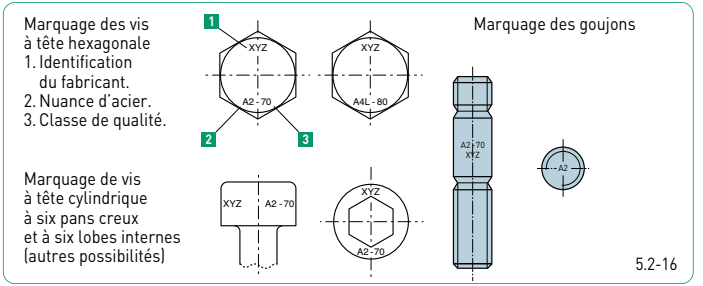
5.2-15

Filetage	Epaisseur de la plaque d'essai (mm)		Diamètre du trou (mm)	
	mini	maxi	mini	maxi
ST 2,2	1,17	1,30	1,905	1,955
ST 2,6	1,17	1,30	2,185	2,235
ST 2,0	1,17	1,30	2,415	2,465
ST 3,3	1,17	1,30	2,68	2,73
ST 3,5	1,85	2,06	2,92	2,97
ST 3,9	1,85	2,06	3,24	3,29
ST 4,2	1,85	2,06	3,43	3,48
ST 4,8	3,10	3,23	4,015	4,065
ST 5,5	3,10	3,23	4,735	4,785
ST 6,3	4,67	5,05	5,475	5,525
ST 8	4,67	5,05	6,885	6,935

Marquage

Vis et goujons (figure 5.2-16)
Toutes les vis à tête hexagonale et les vis à tête cylindrique à six pans creux ou à six lobes internes dont le diamètre nominal est d ≥ 5 mm doivent être clairement marquées. Le marquage doit inclure la nuance d'acier et la classe de qualité.
Les goujons de diamètre nominal de filetage d ≥ 6 mm doivent être clairement marqués. Le marquage doit être appliqué sur la partie non filetée du goujon et doit comporter la nuance et la classe de qualité de l'acier. S'il s'avère impossible de marquer la partie non filetée, seule la nuance d'acier est marquée à l'extrémité filetée du goujon.

Vis sans tête et vis à tôle
Le marquage n'est pas obligatoire.



5.2-16

5.3 Écrous en acier inoxydable résistant à la corrosion

NF EN ISO 3506-2 : écrous de grades et classes de qualité spécifiés (avril 2020)

Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques mécaniques et physiques des écrous, à filetage à pas gros et à filetage à pas fin, en aciers inoxydables résistant à la corrosion, lorsque soumis à essai à la température ambiante de 10 °C à 35 °C. Il spécifie les classes de qualité en fonction des grades d'aciers inoxydables austénitiques, martensitiques, ferritiques et duplex (austéno-ferritiques) pour les écrous.

L'ISO 3506-6 fournit des règles générales et des informations techniques supplémentaires sur les aciers inoxydables appropriés ainsi que leurs propriétés.

Les écrous conformes aux exigences du présent document sont évalués dans la plage de température ambiante spécifiée dans l'alinéa 1. Ils peuvent ne pas conserver les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées à des températures élevées et/ou basses.

NOTE 1 : les fixations conformes aux exigences du présent document sont utilisées sans restriction pour des applications dans la plage de –20 °C à +150 °C; cependant, les fixations conformes au présent document sont également utilisées pour des applications en dehors de cette plage, en températures négatives jusqu'à –196 °C et en températures élevées jusqu'à +300 °C. Pour d'avantage d'explications, voir l'ISO 3506-6.

En dehors de la plage de température de –20 °C à +150 °C , il est de la responsabilité de l'utilisateur de déterminer le choix approprié pour une application donnée en concertation avec un métallurgiste expérimenté en fixations et en prenant en considération plusieurs facteurs, par exemple la composition de l'acier inoxydable, la durée d'exposition à température élevée ou basse, l'effet de la température sur les caractéristiques mécaniques des fixations et des pièces assemblées, ainsi que l'environnement corrosif d'utilisation de l'assemblage vissé.

NOTE 2 : l'ISO 3506-5[1] est développé afin d'aider à la sélection des grades d'aciers inoxydables et des classes de qualité appropriées destinés à être utilisés à des températures jusqu'à +800 °C.

[1] En préparation.

Le présent document s'applique aux écrous :

- à filetage métrique ISO conforme à l'ISO 68-1;
- de combinaisons diamètre/pas, conformes à l'ISO 261 et à l'ISO 262;
- de filetage M5 à M39 pour les pas gros, et de filetage M8×1 à M39×3 pour les pas fins;
- de tolérances de filetage conformes à l'ISO 965-1 et à l'ISO 965-2;
- de classes de qualité spécifiées, comprenant la charge d'épreuve;
- de différents styles: écrous bas, écrous normaux et écrous hauts;
- de hauteur minimale d'écrou $m \geq 0{,}45D$;
- de diamètre extérieur minimal ou de surplat minimum $s \geq 1{,}45D$;
- de forme quelconque; et
- conçus pour être utilisés avec des vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité conformes à l'ISO 3506-1.

Les grades d'aciers inoxydables et classes de qualité peuvent être utilisés pour des dimensions en dehors des limites de diamètres du présent document (c'est-à-dire pour $D < 5$ mm ou $D > 39$ mm), à condition que toutes les exigences chimiques, mécaniques et physiques applicables soient satisfaites.

Le présent document ne spécifie pas d'exigence pour des caractéristiques fonctionnelles telles que :

- les caractéristiques de couple/tension;
- les caractéristiques d'autofreinage; ou
- la soudabilité.

5.3-1 – **Caractéristiques mécaniques des écrous — Grades austénitiques et duplex**

Grade d'acier inoxydable		Écrous normaux et écrous hauts (style 1 et style 2)		Écrous bas (style 0)	
		Désignation et symbole de la classe de qualité	Contrainte à la charge d'épreuve[a] S_p MPa	Désignation et symbole de la classe de qualité	Contrainte à la charge d'épreuve[b] S_p MPa
Austénitique	A1 A2 A3	50	500	025	250
		70	700	035	350
		80	800	040	400
	A4 A5	50	500	025	250
		70	700	035	350
		80	800	040	400
		100	1000	050	500
	A8	70	700	035	350
		80	800	040	400
		100	1000	050	500
Duplex	D2 D4 D6 D8	70	700	035	350
		80	800	040	400
		100	1000	050	500

[a] Les valeurs de charge d'épreuve des écrous normaux et des écrous hauts (capacité de charge intégrale) pour les filetages à pas gros et pour les filetages à pas fin.
[b] Les valeurs de charge d'épreuve des écrous bas (capacité de charge réduite) pour les filetages à pas gros et pour les filetages à pas fin.

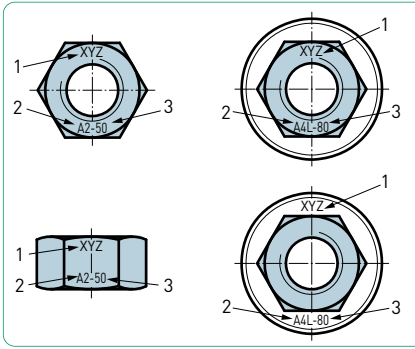
Marquage des écrous

Écrous hexagonaux

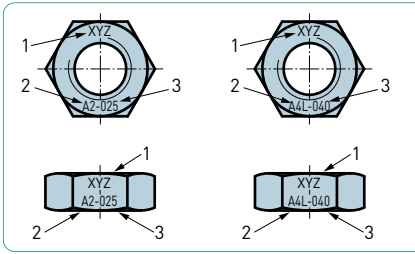
Tous les écrous hexagonaux de diamètre nominal de filetage $D \geq 5$ mm doivent être marqués pour tous les grades d'acier inoxydable et pour toutes les classes de qualité, avec le grade d'acier inoxydable, avec le symbole de la classe de qualité et avec la marque d'identification du fabricant.

Le marquage des écrous hexagonaux doit de préférence être réalisé sur le dessus de l'écrou, en creux ou en relief, ou en creux sur le côté de l'écrou (voir Figure 5.3-2). Pour les écrous à embase, le marquage doit être réalisé sur l'embase lorsque le procédé de fabrication ne permet pas le marquage sur le dessus de l'écrou.

5.3-2 - **Exemples de marquage d'écrous hexagonaux à capacité de charge intégrale**

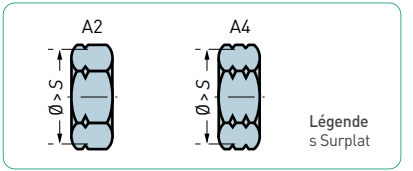


5.3-3 - **Exemples de marquage d'écrous hexagonaux à capacité de charge réduite**



Le marquage alternatif illustré à la Figure 5.3-4 peut être utilisé uniquement pour les grades d'acier inoxydable austénitiques A2 et A4; dans ce cas et lorsqu'aucune classe de qualité n'est indiquée, la classe de qualité 50 ou 025 s'applique.

5.3-4 - **Marquage alternatif par encoches (pour les grades A2 et A4 uniquement)**

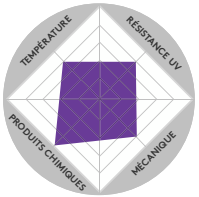


5.4 Fixations en matériau thermoplastique

Avant de choisir une fixation, vous devez connaître les caractéristiques de la matière utilisée.
Le guide pratique ci-après vous aidera à comprendre quelle matière correspond à votre application.

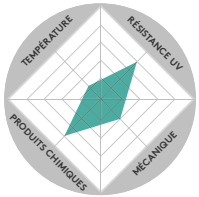
PEEK
POLYÉTHERÉTHERCÉTONE

180C/356F | UL94-V-O | 16 kV/mm



PVC
POLYCHLORURE DE VINYLE

55C/95F

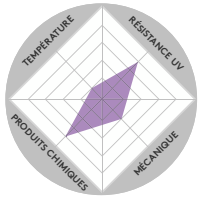


POM
POLYACÉTAL

85C/203F | UL94-HB | 35 kV/mm

PP
VOLANT POLYPROPYLÈNE

65C/149F | UL94-HB | 30 kV/mm



PC
POLYCARBONATE

115C/239F | UL 94-V-2 | 17 kV/mm

PPS
POLYSULFURE DE PHÉNYLÈNE

200C/392F | UL94-V-O | 15kV/mm

PVDF
POLYFLUORURE DE VINYLIDÈNE

150C/302F | UL94-V-O | 21 kV/mm

PA
POLYAMIDE

85C/149F | UL94-V2

TEMPÉRATURE D'UTILISATION | INFLAMMABILITÉ | RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

*Les valeurs ci-dessus sont indicatives et peuvent varier en fonction de la qualité du matériau. Veuillez nous demander des fiches techniques pour des mesures précises de pièces spécifiques.

Matière	Stabilité thermique	Solidité	Résistance mécanique	Résistance aux impacts	Résistance aux UV	Résistance aux acides/alcalins	Résistance aux intempéries	Résistance thermique	Résistance à la flamme
PA Nylon	Bonne	Bonne	Bonne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre
PP	Bonne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Bonne	Médiocre	Médiocre	Médiocre
PVDF	Bonne	Médiocre	Bonne	Médiocre	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Polycarbonate	Médiocre	Bonne	Médiocre	Bonne	Bonne	Médiocre	Bonne	Bonne	Médiocre
POM	Médiocre	Médiocre	Bonne	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Bonne	Médiocre
TPE	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre
PEEK	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Médiocre	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

Abréviations courantes des matières

ABS = Acrylonitrile-butadiène-styrène
Acétal/POM = Polyacétal (Delrin®)
CPVC = Chlorure de Polyvinyle chloré
EPDM = Éthylène propylènediène monomère
PEHD = Polyéthylène haute densité
HIPS = Polystyrène chocF
LCP = Polymère de cristal liquide
PEBD = Polyéthylène basse densité
Caoutchouc nitrile = Caoutchouc acrylonitrile
PA (Nylon) = Polyamide
PA-FV = Polyamide chargé de fibre de verre
PBT = Polybutylène téréphtalate
PC = Polycarbonate
PE = Polyéthylène
PEI = Polyétherimide
PP = Polypropylène
PPE/PS = alliage Polyphénylène-éther/polystyrène
PPE/SB = alliage Polyphénylène-éther/butadiène-styrène
PPS = Polysulfure de phénylène
PS = Polystyrène
PSU = Polysulfone
PU = Polyuréthane
PVC = Polychlorure de vinyle
PVDF = Polyfluorure de vinylidène
SEBS = Copolymère séquencé styrèneéthylène·butylène
SIR = Composé de moulage silicone
TPE = Élastomère thermoplastique
TPR = Caoutchouc thermoplastique

Avertissement : les caractéristiques mécaniques et physiques des matériaux thermoplastiques dépendent de façon très significative de leur formulation précise et sont par conséquent variables selon l'origine du matériau et le fabricant du produit. Les données ci-après ne sont donc qu'indicatives et ne sauraient entraîner la responsabilité de EMILE MAURIN à ce titre.

Propriétés		PA	PA-FV	PP	POM	PE-HD	PVDF
Mécaniques							
Densité	g/cm³	1,14	1,29 à 1,36	0,90 à 0,92	1,40 à 1,43	0,95	1,76
Reprise d'humidité	%	2,60	1,80	0,03 à 0,1	0,25 à 0,28	0,01 à 0,1	0,04
Module d'élasticité	MPa	1100 à 2000	5000 à 5300	1000 à 1300	3000	1100 à 1400	2300 à 3000
Allongement	%	4,5 à 20	4 à 5	-	8 à 25	-	8 à 10
Dureté	Shore D	-	-	73	83	70 à 79	78
Thermiques							
Température d'utilisation normale	°C	+ 70 à + 100	+ 100 à + 130	+ 100	+ 85 à + 95	+ 70 à + 80	+ 110 à + 130
Température d'utilisation en pointe	°C	+ 150 à + 170	+ 180 à + 200	+ 140	+ 140	+ 90	+ 150
Température d'utilisation minimum	°C	– 30	– 40	– 30	– 60 à – 40	– 50 à – 40	– 50 à – 40
Point de fusion	°C	+ 250	+ 255	+ 170	+ 165	+ 135	+ 170
Combustibilité	UL 94	V2	-	-	HB	HB	V0
Electriques							
Résistance transversale	ohm/cm	10^{12}	10^{15}	10^{17}	10^{15}	10^{17}	10^{14}

Le PA6-6 avec ou sans charge (fibre de verre, minéral, etc.) est la matière la plus communément utilisée pour les fixations standards, type vis et écrou hexagonaux. Ces bonnes caractéristiques mécaniques et son prix, sont un bon compromis pour des pièces de fixation.

Résistance au feu

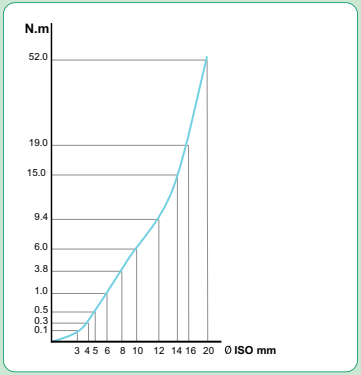
Classement UL® d'inflammabilité

Les classifications UL94 V0, V1, V2, et HB décrivent les niveaux d'ininflammabilité pour une résine donnée. Les résines classées V0 ont habituellement le niveau de résistance au feu le plus élevé suivi par V1, V2 et HB. Pour plus d'information sur les classements UL® d'inflammabilité et l'essai de combustion à la verticale, veuillez vous rendre sur www.ul.com.

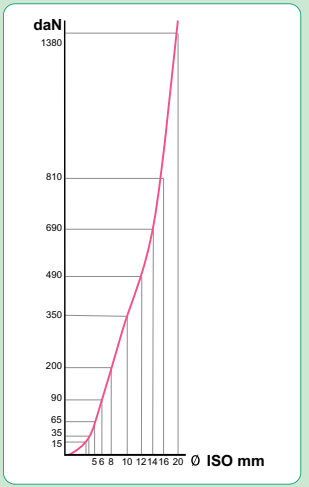
Températures d'utilisation des matières

Les plages de températures des matières affichées dans le tableau des propriétés sont fondées sur les fiches de données des fabricants respectifs de résine et/ou sur les valeurs RTI d'UL®. Les valeurs indiquées le sont à titre de référence uniquement pour aider à sélectionner la matière pour votre application. Étant donné que chaque fabricant emploie des méthodes différentes pour évaluer les performances de ses résines, les plages de températures indiquées ne peuvent pas nécessairement être utilisées pour comparer directement les matières.

5.4-1 **Courbe de couple de serrage PA 6-6**



5.4-2 **Courbe de résistance à la traction PA 6-6**



Résistance aux liquides (source : fabricants de matière première)

● Bonne résistance ● Résistance limitée ● Application déconseillée

Matière	Liquide																								Reprise d'humidité selon ASTM D 570
	Eau froide	Eau chaude	Acide dilué	Acide concentré	Acide oxydé	Acides fluorhydriques	Potasse diluée	Potasse concentrée	Bases inorganiques	Halogène sec	Hydrocarbures	Hydrocarbures chlorés	Alcools	Ester	Cétone	Ether	Aldéhyde	Acides aminés	Acides organiques	Hydrocarbures aromatiques	Essence	Huiles minérales	Graisses et huiles	Hydrocarbures chlorés non saturés	Essence de térébenthine	(%)
PE-HD	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	< 0,01
PE-LD	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	< 0,01
PP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,01 à 0,03
PIB	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	< 0,01
PMP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	0,01
PVC-U	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,04 à 0,4
PVC-P	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,15 à 0,75
PS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,03 à 0,1
SB	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,2 à 0,4
SAN	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,3
ABS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,2 à 0,45
PMMA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,2 à 0,4
AMMA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,15
PVK	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,2
POM	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,22 à 0,25
PFTE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0
PCTFE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0
PA6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	1,3 à 1,9
PA12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,25
PC	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,2
PET	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,3
PBT	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	0,1
PPE	●	●	●	●			●	●	●										●					●		0,06
PSU	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●				●	●	●	●			0,2 à 0,26
PI	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●	0,1 à 0,3
PF	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,12
MF	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●			0,1 à 0,7
UF	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●			0,4 à 0,8
UP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	0,03 à 0,6
SI	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●		●			●	●	●	●	●	●	●	0,2
EP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	0,05 à 0,5
PUR l.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●		0,7 à 0,9
PUR v.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●			●	●		●	●	●	●	0,1 à 0,2
PUR e.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●		0,7 à 0,9

Solution d'assemblage par adhésif

Recommandations sur les charges et l'utilisation des produits

A long terme, les charges maximum d'application du produit ne doivent généralement pas dépasser 0.25 psi. La surface de contact est critique pour l'adhérence, c'est pourquoi la quantité d'adhésif utilisé doit être optimisée en fonction de l'application. En général, la résistance à la traction de l'adhésif est supérieure à la résistance au pelage ou au cisaillement, c'est pourquoi le produit doit être conçu pour être chargé en traction dans la mesure du possible.

Conservation du polyamide et des adhésifs

Si les produits sont conservés dans des conditions de stockage idéales (emballages d'origine, non ouverts à 23°C (73°F) et à une humidité relative de 50 %), la durée de conservation est de 1 an à compter de la date d'expédition.

Températures

La température d'application idéale pour la plupart des adhésifs est de 21° à 38°C. Des températures d'applications plus basses doivent être évitées car l'adhésif sera trop ferme et insuffisamment « imprégné ».

Guide d'application

État de la surface : les surfaces de collage doivent être propres, uniformes, sèches et exemptes de condensation. Ne pas utiliser sur du tissu, du béton brut, de la peinture décollée ou sur des surfaces rugueuses et instables.

Préparation de la surface : pour un résultat optimal, nettoyez les surfaces à coller avec un solvant de nettoyage comme un mélange 50/50 d'alcool isopropylique et d'eau. Veillez à bien suivre les consignes d'utilisation du fabricant de solvant. Certaines surfaces peuvent nécessiter un durcisseur ou un apprêt pour obtenir l'adhérence souhaitée. Testez le produit sur votre application réelle.

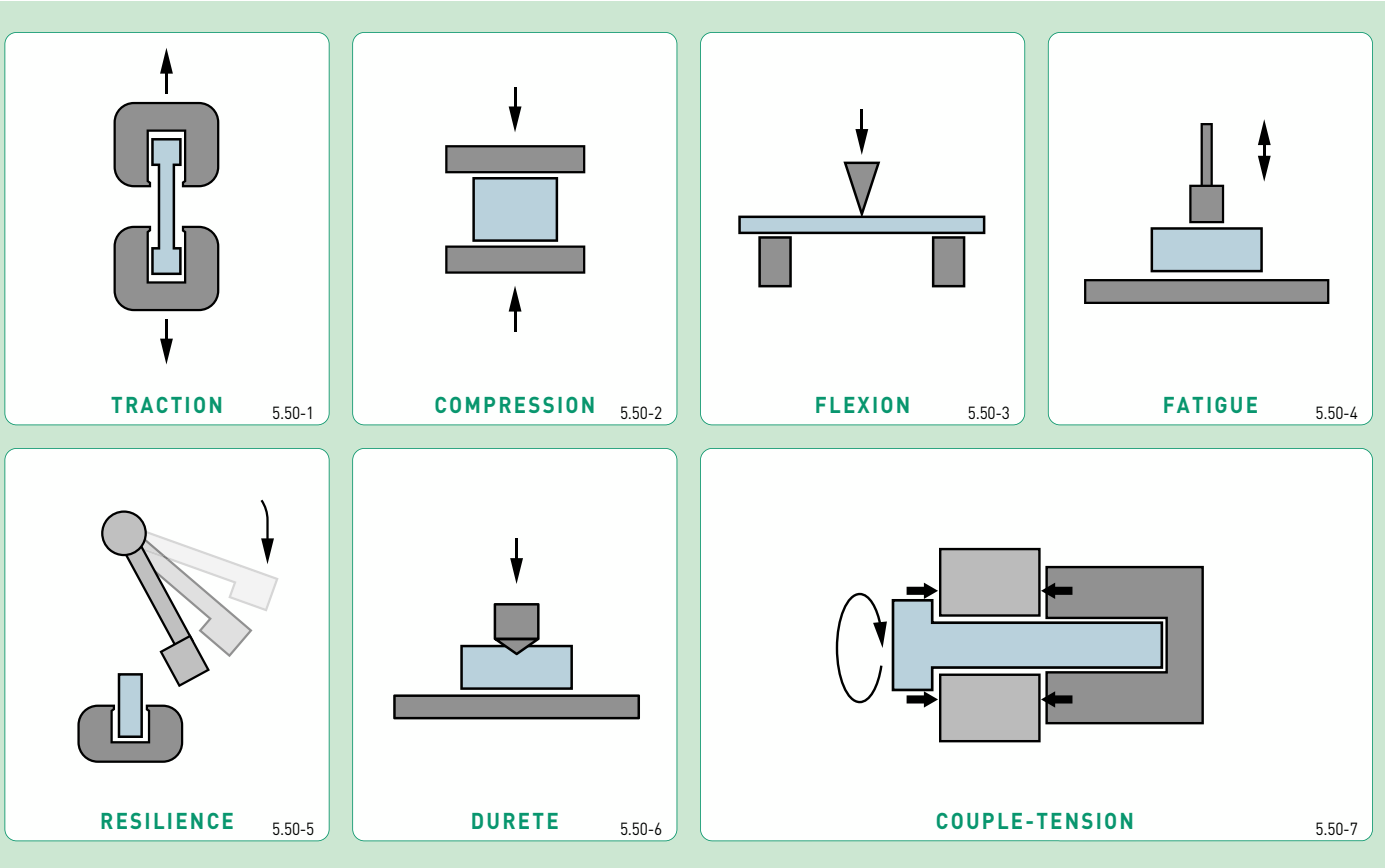
Pression d'application : enlevez la protection anti-adhésive en prenant bien soin de ne pas toucher la surface adhésive, avant de mettre rapidement et fermement le produit en place en l'aplanissant. Une pression ferme est nécessaire pour assurer un contact total et permettre à l'adhésif d'imprégner pleinement sur les surfaces de contact.

Durée de prise : la force de liaison est affectée par la surface du support, la température d'application et la durée. À température ambiante, la moitié environ de la force de liaison sera obtenue pendant la première demi-heure avec la majorité de la force obtenue dans les vingt-quatre heures. Par conséquent, si possible, attendez 24 heures avant d'appliquer la charge.

Adhésifs acryliques vs. caoutchouc : en général, les adhésifs caoutchouc offrent une adhérence initiale supérieure, tandis que les adhésifs acryliques conservent une meilleure tenue mécanique dans le temps. Il est préférable d'évaluer les performances du produit sur l'application réelle.

5.5 Essais mécaniques

5.50 Synoptique des principaux essais mécaniques



5.51 Essais de traction NF EN ISO 6892-1

L'essai de traction est le principal essai de laboratoire caractérisant les propriétés mécaniques instantanées d'un matériau.

On utilise des éprouvettes en forme d'haltères qui sont dimensionnées de façon à ce que l'allongement se fasse uniquement dans la zone centrale tout en permettant la fixation des extrémités dans les mors (fig. 5.51-1).

Cette zone centrale, de section uniforme plus faible que sur le reste de l'éprouvette, peut être de section cylindrique ou rectangulaire selon le matériau et la norme. Dans ce cas précis, déformations et contraintes se définissent simplement dans le sens de l'allongement.

$$\sigma = \frac{\text{Force appliquée à l'éprouvette (F)}}{\text{Section initiale de l'éprouvette dans la zone centrale (S)}}$$

$$\varepsilon = \frac{\text{Différence de longueur de l'éprouvette } (\Delta l)}{\text{Section initiale de l'éprouvette dans la zone d'allongement } (l_0)}$$

Cela permet de définir un essai qui caractérise véritablement le matériau, avec des valeurs indépendantes des dimensions de l'éprouvette. On exploite l'essai de traction en traçant la courbe $F = f(\Delta l)$. De façon schématique, on en déduit une courbe $\sigma = f(\varepsilon)$ (fig. 5.51-2).

On tire de cet essai des caractéristiques mécaniques très importantes :

- la résistance à la rupture R_m : c'est la contrainte maximale obtenue avant d'atteindre la rupture,
- la résistance à la limite élastique R_e (pour les vis on parle de R_{pf} ou R_p 0,2 %)
- l'allongement à la rupture A%,
- le module d'élasticité E, ou module de Young $E = \sigma / \varepsilon$, ce qui est valable uniquement dans le domaine élastique.

On distingue généralement deux phases, le domaine élastique OA, et le domaine plastique AB :

- dans le domaine élastique, les déformations sont réversibles, c'est-à-dire que l'éprouvette reprend sa longueur initiale lorsque la force appliquée est supprimée ($\sigma = 0$ et $\varepsilon = 0$). Les déformations maximales pour lesquelles existe un comportement élastique sont généralement faibles (pas plus de 1%) ;
- dans le domaine plastique, les déformations sont irréversibles, c'est-à-dire que l'éprouvette ne reprend plus sa longueur initiale lorsque la force appliquée est supprimée ($\sigma = 0$ et $\varepsilon = 0$). Il existe des matériaux, tels que le verre, sans déformation plastique jusqu'à la rupture. A l'opposé, des matériaux tels que l'or, certains matériaux plastiques, atteignent la rupture avec des déformations plastiques extrêmement élevées (plus de 1000%).

Dans le domaine élastique, la courbe prend l'aspect d'une droite, c'est-à-dire que σ est proportionnel à ε. Dans le domaine plastique, ce n'est plus le cas, et cela permet de définir en A la limite entre domaine élastique et domaine plastique, appelé limite d'élasticité, ou encore seuil d'écoulement.

Cependant, la transition définissant cette limite d'élasticité est parfois difficile à déterminer avec précision sur certaines courbes. Pour lever toute ambigüité, on définit une limite d'élasticité conventionnelle pour laquelle une déformation plastique fixée à l'avance est atteinte : ε est en principe fixé à 0,2% de la longueur étirable de l'éprouvette.

E et R_e sont modifiés quand la limite d'élasticité est conventionnelle. On note alors $E_{0,2}$ et $R_{p0,2}$.

Propriétés mécaniques statiques déduites d'un essai de traction

Résistance

La résistance est définie par R_m, qui est la contrainte maximale qu'un matériau peut supporter avant de rompre. Cependant, on peut également lui associer R_e, la contrainte atteinte à la limite élastique, c'est-à-dire la contrainte maximale qu'un matériau peut supporter avant de se déformer plastiquement de façon irréversible.

Rigidité

La rigidité est définie par le module d'élasticité E. Elle définit donc la capacité du matériau à se déformer de façon élastique et donc réversible. Plus le matériau est rigide, plus la force qu'il faut lui appliquer est importante, pour une déformation donnée.

La figure 5.51-3 présente quelques valeurs typiques par typologie de matériau.

Ductilité

La ductilité est définie par l'allongement à la rupture A%. C'est la propriété grâce à laquelle un matériau peut se déformer fortement de façon permanente avant de se rompre. Par opposition au matériau fragile (voir ci-dessous), un matériau ductile casse avec présence de déformation plastique.

Un matériau ductile présente de nombreux avantages :

- la transformation du matériau à l'état solide est facilitée. Cela implique une malléabilité du matériau, c'est-à-dire une aptitude de façonnage, de modelage, aisée ;
- une dégradation éventuelle du matériau pour une application donnée peut être détectée et contrôlée à temps, car la rupture n'est pas immédiate ;
- cela permet d'envisager un dimensionnement avec une marge de sécurité, surtout si les déformations permanentes sont jugées supportables.

Fragilité

Un matériau fragile se déforme jusqu'à la rupture, sans aucune déformation plastique, c'est-à-dire uniquement de façon élastique. C'est le cas de matériaux tels que le verre, les céramiques, mais aussi de certains matériaux plastiques (polystyrène,...). Un matériau fragile est non ductile.
Des matériaux tels que les aciers, qui sous des conditions normales d'utilisation ont un comportement ductile, peuvent avoir un comportement fragile quand ils sont soumis à de faibles températures et à de fortes vitesses de sollicitation (voir le paragraphe essais de tenue aux chocs).

Elasticité

Un matériau élastique est caractérisé par sa capacité à une forte déformation élastique. Cela peut concerner aussi bien un matériau fragile qu'un matériau ductile.

Ténacité

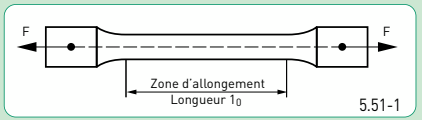
La ténacité est caractérisée par l'énergie nécessaire pour casser un matériau. Un matériau tenace a donc une bonne capacité d'allongement, et une bonne résistance à la rupture.
Sur un essai de traction, cette énergie est représentée par l'aire sous la courbe.
La ténacité se caractérise aussi par la résistance à la propagation de fissures. Sa mesure peut être obtenue de diverses façons :

- par des essais de résilience, caractérisant la tenue aux chocs (choc Charpy, choc Izod, essais Brinell, essais Rockwell),
- par des essais de traction, avec des vitesses de mise en charge faibles.

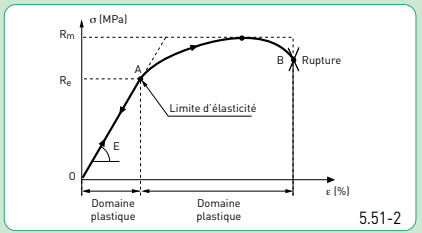
Essai de traction sur vis entière

La norme 898-1 reconnaît et priorise les essais sur vis entière.
«*Cet essai simple est à privilégier car il permet d'obtenir, en un seul essai et dans des conditions volontairement sévères, une image globale de l'aptitude de la fixation à sa fonction*» soit :

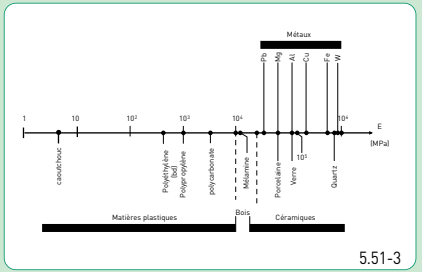
- la résistance à la traction sur vis finie R_m,
- la ductilité dans la zone de raccordement sous tête (dépendant essentiellement du matériau et du traitement thermique ou écrouissage),
- le bon fibrage dans la zone de raccordement.



5.51-1



5.51-2



5.51-3

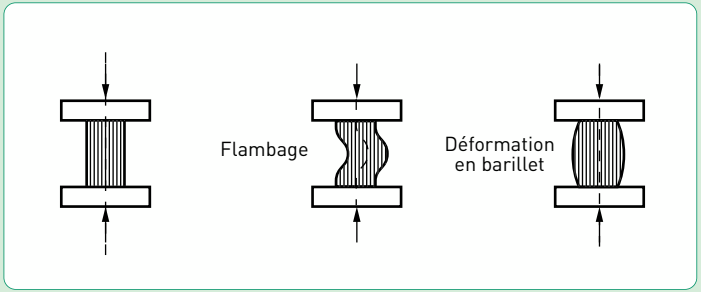
5.51-4 **Appareil d'essai de traction**

Essai de compression

Il s'agit d'un effet très simple car il suffit de soumettre une éprouvette de forme cylindrique à deux forces opposées entre deux plateaux d'une presse. L'éprouvette est de géométrie simple, facile à réaliser.
Mais il est souvent plus profitable de réaliser un essai de traction pour obtenir des résultats caractérisant de façon rigoureuse le matériau. En effet, deux difficultés majeures apparaissent lors de l'essai :

- le flambage : si l'éprouvette est trop haute par rapport à son diamètre, il y a risque d'apparition d'une instabilité de l'éprouvette (voir figure 5.52-1),
- le frottement éprouvette/plateau d'essai qui s'oppose à l'augmentation du diamètre de l'éprouvette, quand sa hauteur diminue : il en résulte des éprouvettes en forme de barillet (voir figure 5.52-1).

Par conséquent, l'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer les propriétés mécaniques des matériaux fragiles (bétons, céramiques) qui, du fait des défauts qu'ils comportent, résistent mal en traction. Ici, le type d'éprouvette est un avantage important : simplicité de sa réalisation, de sa géométrie.



5.52-1 **Déformation de l'éprouvette lors d'un essai de compression**

5.52-2 **Appareil de test de compression**

5.53 Essais de cisaillement

Un essai de cisaillement est défini dans la norme NF E25-015, qui définit l'essai et les valeurs attendues (voir tableaux ci-dessous) pour les fixations en acier au carbone et inoxydable.

Une machine de traction (conforme à la NF EN ISON 7500-1) doit être utilisée sans système auto-alignant, et avec un dispositif conforme au schéma ci-dessous.

5.53-2 **Résistance minimale au cisaillement des fixations en acier au carbone ou en acier allié**

Résistance minimale au cisaillement × section résistante minimale N.mm²	Classe de qualité							
	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9
						d ≤ 16[a] mm	d > 16[b] mm	
Dans le filetage F_{thc} min.	240 x $A_{s,\,nom.}$	252 x $A_{s,\,nom.}$	300 x $A_{s,\,nom.}$	312 x $A_{s,\,nom.}$	360 x $A_{s,\,nom.}$	480 x $A_{s,\,nom.}$	498 x $A_{s,\,nom.}$	624 x $A_{s,\,nom.}$
Dans la partie lisse F_{dsd} min.	240 x $A_{ds,\,nom.}$	252 x $A_{ds,\,nom.}$	300 x $A_{ds,\,nom.}$	312 x $A_{ds,\,nom.}$	360 x $A_{ds,\,nom.}$	480 x $A_{ds,\,nom.}$	498 x $A_{ds,\,nom.}$	—

[a] Pour la boulonnerie de construction métallique, ces valeurs s'appliquent uniquement pour les diamètres d < 12 mm.
[b] Pour la boulonnerie de construction métallique, ces valeurs s'appliquent pour les diamètres d ≥ 12 mm.
[c] La résistance au cisaillement dans le filetage est calculée comme suit : $F_{th\,min.} = S_{th} \times A_{s,\,nom.}$ avec $S_{th} = 0{,}6 \times R_m$ min.
[d] La résistance au cisaillement dans la partie lisse est calculée comme suit : $F_{ds\,min.} = S_{ds} \times A_{ds,\,nom.}$ avec $S_{ds} = 0{,}6 \times R_m$ min.

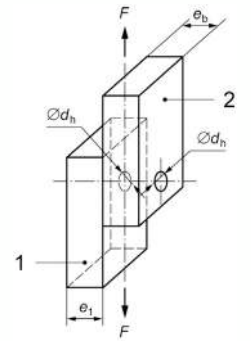
Les valeurs de $A_{s,\,nom.}$ doivent être conformes à celles de la NF EN ISO 898-1 rappelées en Annexe A.
$A_{ds,\,nom.}$ doit être calculée à partir des dimensions spécifiées dans la norme de produits ou spécification.

5.53-3 **Résistance minimale au cisaillement des fixations en acier inoxydable**

Résistance minimale au cisaillement × section résistante minimale N.mm²	Classe de qualité						
	45	50	60	70	80	100	110
Dans le filetage F_{tha} min.	270 x $A_{s,\,nom.}$	300 x $A_{s,\,nom.}$	360 x $A_{s,\,nom.}$	420 x $A_{s,\,nom.}$	480 x $A_{s,\,nom.}$	600 x $A_{s,\,nom.}$	660 x $A_{s,\,nom.}$
Dans la partie lisse F_{dsb} min.	270 x $A_{ds,\,nom.}$	300 x $A_{ds,\,nom.}$	360 x $A_{ds,\,nom.}$	420 x $A_{ds,\,nom.}$	480 x $A_{ds,\,nom.}$	600 x $A_{ds,\,nom.}$	660 x $A_{ds,\,nom.}$

[a] La résistance au cisaillement dans le filetage est calculée comme suit : $F_{th\,min.} = S_{th} \times A_{s,\,nom.}$ avec $S_{th} = 0{,}6 \times R_m$ min.
[b] La résistance au cisaillement dans la partie lisse est calculée comme suit : $F_{ds\,min.} = S_{ds} \times A_{ds,\,nom.}$ avec $S_{ds} = 0{,}6 \times R_m$ min.

Les valeurs de $A_{s,\,nom.}$ doivent être conformes à celles de la NF EN ISO 3506-1 rappelées en Annexe A.
$A_{ds,\,nom.}$ doit être calculée à partir des dimensions spécifiées dans la norme de produits ou spécification.



1. Plaque de cisaillement côté extrémité
2. Plaque de cisaillement côté tête de vis

5.53-1 **Schéma du dispositif pour l'essai de cisaillement**

5.53-4 **Fixations en acier au carbone ou en acier allié – Charges minimales de rupture au cisaillement dans le filetage (pas gros)**

Filetage d	Section résistance nominale dans le filetage $A_{s, nom.}$ mm²	Classe de qualité							
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9
		Charge minimale de rupture au cisaillement $F_{th, min.}$ ($A_{s, nom.}$ x $S_{th, min.}$) N							
M5	14,2	3 410	3 580	3 580	4 430	5 110	6 810		8 850
M6	20,1	4 830	5 080	5 080	6 280	7 250	9 660		12 560
M8	36,6	8 790	9 230	9 230	11 430	13 180	17 580		22 850
M10	58,0	13 920	14 620	14 620	18 100	20 880	27 840		36 190
M12	84,3	20 230	21 240	21 240	26 300	30 340	40 450	41 970 [a]	52 590
M14	115	27 710	29 100	29 100	36 020	41 560	55 420	57 490 [a]	72 040
M16	157	37 610	39 490	39 490	48 890	56 410	75 210	78 030 [a]	97 770
M18	192	46 200	48 510	48 510	60 060	69 300	95 860		120 200
M20	245	58 760	61 690	61 690	76 380	88 130	122 000		152 800
M22	303	72 820	76 460	76 460	94 670	109 300	151 100		189 400
M24	353	84 610	88 840	88 840	110 000	127 000	175 600		220 000
M27	459	110 300	115 800	115 800	143 400	165 400	228 800		286 700
M30	561	134 600	141 300	141 300	175 000	201 900	279 200		349 900
M33	694	166 500	174 800	174 800	216 400	249 700	345 400		432 800
M36	817	196 100	205 900	205 900	254 900	294 100	406 800		509 700
M39	976	234 200	245 900	245 900	304 500	351 300	486 000		608 900

[a] Pour les vis et boulons de construction métallique.

Les valeurs de $A_{s, nom.}$ sont données avec 3 chiffres significatifs, cependant les charges ont été calculées conformément au § 5.4.1 de NF E25-015 à partir des valeurs exactes des dimensions, puis arrondies à la fin au « 10 N » supérieur jusqu'à 100 000 N et au « 100 N » supérieur au-delà.

5.53-5 **Fixations en acier au carbone ou en acier allié – Charges minimales de rupture au cisaillement dans la partie lisse (tige normale)**

Filetage d	Section résistance nominale dans la partie lisse d_s (≈ d) $A_{ds, nom.}$ mm²	Classe de qualité						
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	
		Charge minimale de rupture au cisaillement $F_{ds, min.}$ ($A_{ds, nom.}$ x $S_{ds, min.}$) N						
M5	19,6	4 720	4 950	4 950	6 130	7 070	9 430	
M6	28,3	6 790	7 130	7 130	8 830	10 180	13 580	
M8	50,3	12 070	12 670	12 670	15 690	18 100	24 130	
M10	78,5	18 850	19 800	19 800	24 510	28 280	37 700	
M12	113	27 150	28 510	28 510	35 290	40 720	54 290	56 330 [a]
M14	154	36 950	38 800	38 800	48 030	55 420	73 900	76 670 [a]
M16	201	48 260	50 670	50 670	62 740	72 390	96 510	100 200 [a]
M18	254	61 080	64 130	64 130	79 400	91 610	126 800	
M20	314	75 400	79 170	79 170	98 020	113 100	156 500	
M22	380	91 240	95 800	95 800	118 700	136 900	189 400	
M24	452	108 600	114 100	114 100	141 200	162 900	225 300	
M27	573	137 500	144 300	144 300	178 700	206 200	285 200	
M30	707	169 700	178 200	178 200	220 600	254 500	352 100	
M33	855	205 300	215 600	215 600	266 900	308 000	426 000	
M36	1 018	244 300	256 600	256 600	317 600	366 500	507 000	
M39	1 195	286 800	301 100	301 100	372 800	430 100	595 000	

[a] Pour les vis et boulons de construction métallique.

Les charges ont été calculées conformément au § 5.4.1 de NF E25-015 à partir des valeurs exactes des dimensions, puis arrondies à la fin au « 10 N » supérieur jusqu'à 100 000 N et au « 100 N » supérieur au-delà.

5.53-6 **Fixations en acier inoxydable – Charges minimales de rupture au cisaillement dans le filetage (pas gros)**

Filetage d	Section résistance nominale dans le filetage $A_{s, nom.}$ mm²	Classe de qualité						
		45	50	60	70	80	100	110
		Charge minimale de rupture au cisaillement $F_{th, min.}$ ($A_{s, nom.}$ x $S_{th, min.}$) N						
M5	14,2	3 830	4 260	5 110	5 960	6 810	8 510	9 370
M6	20,1	5 440	6 040	7 250	8 460	9 660	12 080	13 290
M8	36,6	9 890	10 990	13 180	15 380	17 580	21 970	24 170
M10	58,0	15 660	17 400	20 880	24 360	27 840	34 800	38 280
M12	84,3	22 760	25 280	30 340	35 400	40 450	50 560	55 620
M14	115	31 170	34 640	41 560	48 490	55 420	69 270	76 190
M16	157	42 310	47 010	56 410	65 810	75 210	94 010	103 500
M18	192	51 970	57 750	69 300	80 840	92 390	115 500	127 100
M20	245	66 100	73 440	88 130	102 900	117 600	146 900	161 600
M22	303	81 920	91 020	109 300	127 500	145 700	182 100	200 300
M24	353	95 180	105 800	127 000	148 100	169 300	211 600	232 700
M27	459	124 100	137 900	165 400	193 000	220 600	275 700	303 300
M30	561	151 400	168 200	201 900	235 500	269 100	336 400	370 000
M33	694	187 300	208 100	249 700	291 300	333 000	416 200	457 800
M36	817	220 600	245 100	294 100	343 100	392 100	490 100	539 100
M39	976	263 500	292 800	351 300	409 900	468 400	585 500	644 000

Les valeurs de $A_{s, nom.}$ sont données avec 3 chiffres significatifs, cependant les charges ont été calculées conformément au § 5.4.1 de NF E25-015 à partir des valeurs exactes des dimensions, puis arrondies à la fin au « 10 N » supérieur jusqu'à 100 000 N et au « 100 N » supérieur au-delà.

5.53-7 **Fixations en acier inoxydable – Charges minimales de rupture au cisaillement dans la partie lisse (tige normale)**

Filetage d	Section résistance nominale dans la partie lisse d_s (≈ d) $A_{ds, nom.}$ mm²	Classe de qualité						
		45	50	60	70	80	100	110
		Charge minimale de rupture au cisaillement $F_{ds, min.}$ ($A_{ds, nom.}$ x $S_{ds, min.}$) N						
M5	19,6	5 310	5 900	7 070	8 250	9 430	11 790	12 960
M6	28,3	7 640	8 490	10 180	11 880	13 580	16 970	18 670
M8	50,3	13 580	15 080	18 100	21 120	24 130	30 160	33 180
M10	78,5	21 210	23 570	28 280	32 990	37 700	47 130	51 840
M12	113	30 540	33 930	40 720	47 510	54 290	67 860	74 650
M14	154	41 570	46 190	55 420	64 660	73 900	92 370	101 600
M16	201	54 290	60 320	72 390	84 450	96 510	120 700	132 800
M18	254	68 710	76 350	91 610	106 900	122 200	152 700	168 000
M20	314	84 830	94 250	113 100	132 000	150 800	188 500	207 400
M22	380	102 700	114 100	136 900	159 700	182 500	228 100	250 900
M24	452	122 200	135 800	162 900	190 100	217 200	271 500	298 600
M27	573	154 600	171 800	206 200	240 500	274 900	343 600	377 900
M30	707	190 900	212 100	254 500	296 900	339 300	424 200	466 600
M33	855	231 000	256 600	308 000	359 300	410 600	513 200	564 500
M36	1 018	274 900	305 400	366 500	427 600	488 600	610 800	671 800
M39	1 195	322 600	358 400	430 100	501 800	573 500	716 800	788 500

Les charges ont été calculées conformément au § 5.4.1 de NF E25-015 à partir des valeurs exactes des dimensions, puis arrondies à la fin au « 10 N » supérieur jusqu'à 100 000 N et au « 100 N » supérieur au-delà.

5.54 Essais de flexion

Comparativement à l'essai de traction, l'essai de flexion présente l'avantage d'utiliser des éprouvettes de conception simple, avec des barreaux de section rectangulaire, et entaille en V ou U. Cela permet, comme pour la compression, de tester des matériaux tels que les verres et les céramiques, difficiles à tester en traction.

Il présente aussi l'avantage d'être un essai souvent plus représentatif des conditions d'utilisation du matériau.

En contrepartie, cet essai ne permet pas d'atteindre la rupture des matériaux ductiles, car l'essai n'aurait plus de signification physique au-delà d'une certaine flèche d : les formules ne seraient plus exploitables (contraintes, allongements, etc.) du fait de la trop grande courbure atteinte par le matériau. De ce fait, on se limitera à des déformations élastiques, avant tout pour **tester la rigidité** et déterminer la limite élastique.

De plus, l'essai de flexion combine des efforts de traction, compression et cisaillement. Cela limite la validité de l'essai, et rend les formules dépendantes des dimensions de l'éprouvette (longueur L, largeur b, épaisseur h) en fonction de la portée D.

Ainsi, au niveau des deux principaux essais de flexion, **la flexion 3 points** et **la flexion 4 points**, on en déduit les formules suivantes :

3 points

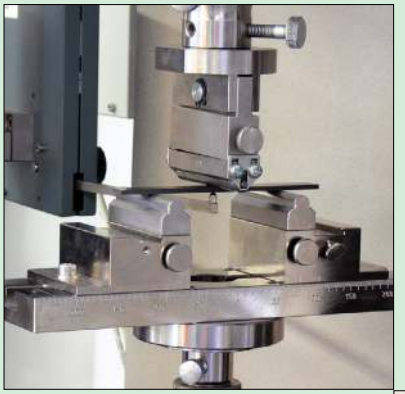
$$E = \frac{D^3}{4bh^3} \times \frac{F}{d}$$

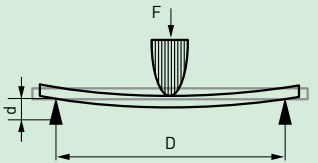
$$\sigma = \frac{3FD}{2bh^2}$$

4 points

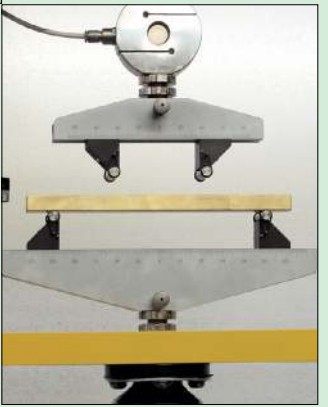
$$E = \frac{3D^3(L-D)}{bh^3} \times \frac{F}{d}$$

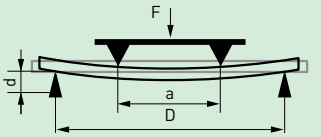
$$\sigma = \frac{3F(D-a)}{2bh^2}$$





5.54-1 **Flexion 3 points**





5.54-2 **Flexion 4 points**

5.55 Essais de fatigue NF ISO 3800

Principe

Un essai de fatigue est réalisé en comptant le nombre de cycles nécessaires jusqu'à la rupture de l'éprouvette, en fonction d'un cycle de charge donné, tout en conservant des déformations élastiques. En fait, les essais de fatigue sont très variables et très difficiles à réaliser, pour plusieurs raisons :

- ils sont très longs, c'est-à-dire qu'il faut réaliser un très grand nombre de cycles avant d'aboutir à une rupture éventuelle,
- ils ne peuvent véritablement simuler les cas tirés de la pratique, qui ont des cycles d'une grande complexité (courbe 5.55-1),
- la rupture éventuelle fait appel à la notion de probabilité, ce qui implique un grand nombre d'essais vérificatifs,
- un grand nombre de paramètres interviennent :
  · la température,
  · le degré d'agressivité chimique,
  · l'amplitude de variation des contraintes $\Delta\sigma$,
  · la contrainte moyenne σ...

Il existe un très grand nombre de modes de sollicitation, dont les plus fréquents sont la flexion plane, la flexion rotative, la torsion alternée, la traction compression/uniaxiale (figure 5.55-2).

Ainsi, un essai de fatigue se rencontre sous un grand nombre de variantes (figure 5.55-3).

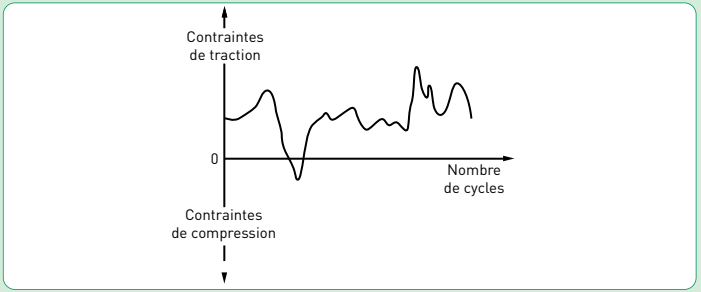
On note cependant que ce cycle est généralement fonction des contraintes σ imposées au matériau, et non pas des déformations s. Les contraintes sont plus faciles à contrôler (figure 5.55-4).

Résultats

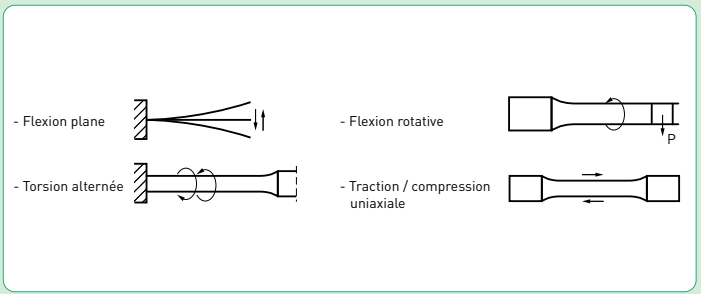
Les résultats sont matérialisés par les courbes de Wöhler (figure 5.55-4).
Pour obtenir ces courbes, des éprouvettes sont soumises à des efforts en flexion rotative, avec divers niveaux d'amplitude de contrainte. Le nombre de cycles requis pour entraîner la rupture de ces éprouvettes est recherché.

La rupture par fatigue est un phénomène statistique : les courbes 5.55-5 correspondent à une probabilité de 50% de rupture, pour un niveau donné d'amplitude de contrainte.

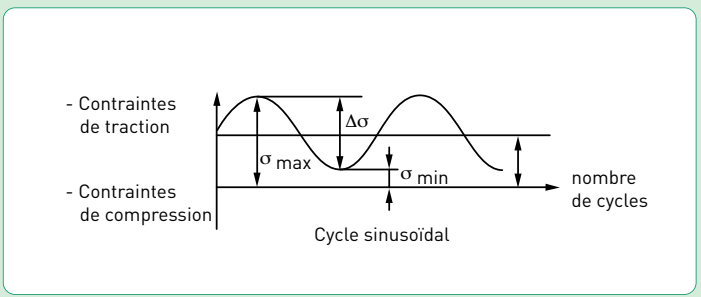
Pour une analyse complète, il faut donc souvent multiplier les essais de fatigue, à chaque niveau de contrainte, afin de déterminer les courbes d'équi-probabilité de rupture.



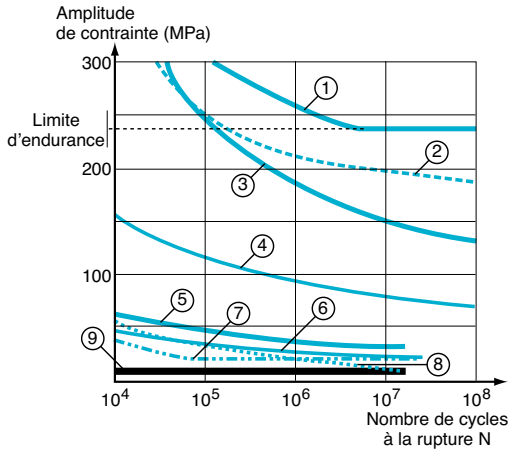
5.55-1 **Exemple de courbe de fatigue en situation réelle**



5.55-2 **Types de sollicitation pour essais de fatigue**



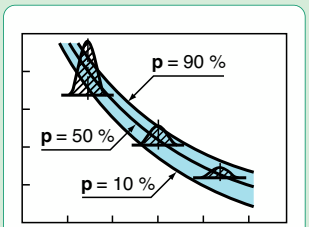
5.55-3 **Exemple de courbe d'essai de fatigue**



5.55-4 **Courbes de Wölher**

1- acier doux. 2- Al 7075 – T6*. 3- Al 2024 – T6*. 4- Aluminium. 5- Epoxyde; 6- Bois (pin). 7- PMMA. 8- Nylon. 9- Verre.

* Alliage d'aluminium norme ASTM / Etats-Unis



5.55-5 **Courbes de probabilité de rupture**

5.55-6 **Machine de test sur vis**

5.55-7 **Machine de traction avec extensomètre**

5.55-8 **Echantillons après un test de fatigue**

5.56 Essais de résilience - Essais de flexion par chocs NF EN ISO 148-1

Généralités

Ces essais sont assimilés à des essais de tenue aux chocs, et ont pour but de mettre en évidence la ténacité du matériau avec de fortes vitesses de sollicitation. Ce sont des essais de résilience.

La ténacité est caractérisée par l'énergie nécessaire K pour casser un matériau. La résilience KC du matériau est définie par la formule :

$$KC = \frac{K}{S}$$

S est la section résistante de l'éprouvette, c'est-à-dire celle qui est soumise aux plus fortes contraintes, lors du choc. On notera cependant qu'une valeur de résilience ne peut être validée que si l'éprouvette a cassé lors de l'essai. Dans le cas contraire, il faut prévoir une entaille sur l'éprouvette pour favoriser la rupture. Plus cette entaille est aiguë, plus on accentue le caractère fragile du matériau.

Dans les conditions de service, un matériau aura une grande tendance à casser avec les facteurs suivants :

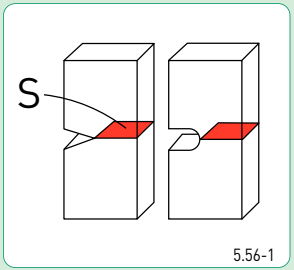
- les basses températures,
- les vitesses croissantes d'application des charges,
- les efforts anormaux (effort excentrés agissant dans des directions hors axe de symétrie).

Comme il est difficile de concevoir des essais avec des efforts anormaux, les essais de résilience sont des essais avec des vitesses de sollicitation (donc de déformation) élevées et/ou avec de faibles températures.

Essais sur barreaux, choc Charpy, choc Izod

Dans le cas des métaux, on utilise un mouton-pendule muni à son extrémité d'un couteau qui permet de développer une énergie donnée au moment du choc. Cette énergie est classiquement, dans le cas de la norme européenne, de 300 joules.

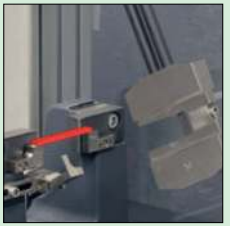
L'énergie absorbée est obtenue en comparant la différence d'énergie potentielle entre le départ du pendule et la fin de l'essai. La machine est munie d'index permettant de connaître la hauteur du pendule au départ ainsi que la position la plus haute que le pendule atteindra après la rupture de l'éprouvette.



5.56-1

5.56-2 **Essai Izod**

5.56-3 **Mouton 300/400J**


5.56-4 **Essai Charpy**

La graduation de la machine permet généralement d'obtenir directement une valeur en joule.

En fonction du matériau testé, le pendule sera choisi à partir de l'énergie cinétique E = M.g.L.h disponible :

- de 0,5 à 4 J ou 7,5 à 50 J : matières plastiques ;
- de 100 à 300 J : alliages légers, aciers avec de petites éprouvettes Charpy (distance entre appuis de 40 mm), masse du pendule de 8,6 kg à 22,5 kg ;
- 3000 J : aciers, fontes avec de grandes éprouvettes Charpy (distance entre appuis de 120 mm), masse du pendule 94 kg.

L'éprouvette est un barreau de section rectangulaire entaillé. Il existe trois grandes familles d'éprouvettes, dont chacune fait l'objet de normes très précises :

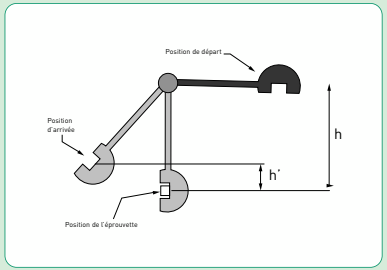
- Charpy U : flexion 3 points, avec entaille en U, résilience notée KCU,
- Charpy V : flexion 3 points, avec entaille en V, résilience notée KCV,
- Izod : éprouvette encastrée, entaille affleurante, en V, résilience Izod.

Un très grand nombre de dimensions sont possibles, en fonction de la taille de l'éprouvette, la profondeur, le type d'entaille... Cela rend difficile la comparaison des valeurs entre différents matériaux.

On notera cependant :

- que l'essai Izod est spécialement adapté pour les matières plastiques, car l'encastrement évite les grosses déformations n'aboutissant pas à la rupture,
- que l'essai Charpy U est facile à réaliser, car le rayon au fond de l'entaille est important, mais il manque de sensibilité (surtout pour les matériaux ductiles),
- que pour l'essai Charpy V, les exigences de précision d'entaille sont difficiles à atteindre, mais les résultats obtenus sont plus rigoureux et plus reproductibles.

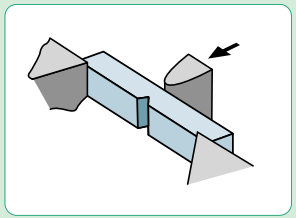
Malgré tout, les essais de résilience sur barreau nécessitent un grand nombre d'éprouvettes pour obtenir des résultats fiables, car la dispersion est très importante. Comme ce sont aussi des essais rapides à réaliser, ils doivent être considérés avant tout comme des essais de contrôle qualité.



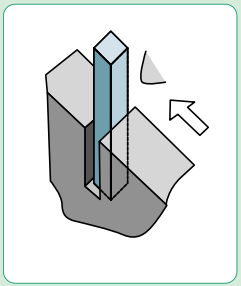
5.56-5 **Représentation du mouton-pendule et des hauteurs à prendre en compte pour le calcul de l'énergie absorbée**

$K = m.g.h - m.g.h'$

m : masse du mouton-pendule
g : accélération de la pesanteur (environ 9,81 $m.s^{-1}$)
h : hauteur du mouton-pendule à sa position de départ
h' : hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée



5.56-6 **Charpy**



5.56-7 **Izod**

5.57 Essais de dureté

Essais de dureté en ISO 14577

Généralités

La dureté d'un matériau est la résistance qu'il oppose à la pénétration d'un corps plus dur. Les essais de dureté sont particulièrement utilisés pour caractériser les matériaux métalliques, car ce sont des essais rapides à effectuer. Ils permettent ainsi de réaliser un contrôle qualité du matériau en ayant une première approche des caractéristiques mécaniques statistiques (résistance, rigidité,...) sans être obligé de réaliser un essai de traction, long et coûteux.
Il existe un grand nombre d'essais possibles, mais on relèvera surtout Brinell, Rockwell, Vickers, très complémentaires.
Les essais de dureté sont également très utilisés pour les matériaux plastiques (moins durs), mais avec d'autres essais que ceux mentionnés ci-dessus, Shore et Barcol, essentiellement. Ces essais ont l'avantage d'être encore plus rapides, mais la précision des mesures est moins bonne.
Quant aux verres et céramiques, ce sont des matériaux trop durs et trop fragiles pour être testés en dureté sous cette forme.
Les valeurs obtenues sont des valeurs comparatives.
Dans le cas des essais Brinell, Rockwell et Vickers, le symbole de dureté est respectivement HB, HR, HV.

Essais Rockwell

L'essai consiste à appliquer une bille d'acier ou un cône diamant dans le matériau à tester. La charge est appliquée en deux temps, avec une pré-charge F0 et une surcharge F1. Après enlèvement de la seule surcharge, on peut lire la profondeur de l'empreinte h, l'appareil étant équipé d'un comparateur. On en déduit la dureté Rockwell HR, mais ordinairement l'appareil est étalonné pour une lecture directe.

Il est appliqué sur le matériau testé une pré-charge assez faible (98 ou 29,4 N) qui sert d'origine de la mesure de la dureté, et qui subsiste au moment de la mesure de HR.

Les avantages :
- stabilisation de l'échantillon au cours de l'essai,
- minimisation de l'état d'écrouissage superficiel éventuel,
- possibilité de rendre éventuellement la taille de l'empreinte plus faible, sans que pour autant la qualité de l'état de surface puisse nuire à la mesure.

HR est une valeur conventionnelle et est égale à :
- 130 – h, dans le cas où l'essai est effectué à l'aide d'une bille,
- 100 – h, dans le cas où l'essai est effectué à l'aide d'un cône diamant.

Le cône diamant est encore appelé cône de Brasie et possède un angle au sommet de 120°.

Les diamètres de bille possibles sont 1,5875 mm, 3,175 mm et 6,35 mm.

Essais Vickers

L'essai consiste à appliquer dans le matériau un pénétrateur diamant en forme de pyramide à base carrée, d'angle au sommet 136°, sous l'action d'une charge F maintenue pendant 15 secondes, et à mesurer la diagonale d d'une empreinte après enlèvement de la charge. La dureté Vickers est proportionnelle au rapport F/S. Elle s'exprime par un nombre sans unité, HV, suivi de la valeur de la charge, par exemple : 255 HV 30.

$$HV = \frac{2F(\sin 136/2)}{g.d^2} = \frac{0{,}189F}{d^2}$$

F : force appliquée (N)
d : valeur moyenne des diagonales de l'empreinte (mm)
g : accélération terrestre (9,80665 $m.s^{-1}$)

L'intérêt de choisir une pyramide à base carrée comme pénétrateur est que contrairement à l'essai Rockwell ou Brinell, la dureté Vickers est quasiment indépendante de la charge appliquée. Cela permet d'établir une gamme de valeurs très large, allant des plastiques jusqu'aux aciers cémentés.
Pour pouvoir mesurer d, il faut un système optique, Il s'agit donc d'une manipulation relativement longue.
L'essai Vickers convient pour les matériaux homogènes de toute dureté, mais est particulièrement utilisé pour les matériaux les plus durs en couche très mince, car la profondeur de l'empreinte est encore plus petite que pour l'essai Rockwell : aciers cémentés, aciers nitrurés...
Il est important d'obtenir, lors de l'essai, d_1 et d_2 de même ordre de grandeur.

Essais Brinnel

L'essai consiste à appliquer dans le matériau un pénétrateur qui est une bille polie de forme sphérique en acier trempé ou en carbure de tungstène. Son diamètre peut être de 1, 2,5, 5 ou 10 mm. Après annulation de la charge, elle laisse dans le métal une empreinte circulaire permanente dont le diamètre d est mesuré.

L'essai doit se faire sous certaines conditions :
- la dureté du matériau doit être inférieure à celle de la bille (la solution est déconseillée avec plus de 229 HB),
- les dimensions et la position d'une empreinte font l'objet de valeurs normalisées qui dépendent du matériau testé :

- la profondeur ne doit pas être trop grande par rapport à l'épaisseur de la pièce (rapport 1/8 à 1/10),
- l'empreinte ne doit être ni trop proche d'une autre, ni trop proche du bord.

Une dureté Brinell est notée ainsi : valeur de la dureté devant le symbole HB, HBS ou HBW, puis conditions de l'essai, soit diamètre de la bille en mm, charge en daN, durée en secondes.

Exemple : 200 HB 5 / 750 / 15.
En fait, les 3 chiffres après HB sont facultatifs et ne devraient être notés que s'ils sont différents des valeurs normalisées préconisées.

$$HB = \frac{F\ (N)}{S\ (mm^2)}$$

F : force appliquée (N)
S : surface de l'empreinte (mm^2)

Autre formule, si la surface d'empreinte se calcule en fonction de la profondeur h ou du diamètre d :

$$HB = \frac{2F}{g.\pi.D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{0{,}102\,F}{Sdh}$$

F : force appliquée (N)
D : diamètre de la bille (mm)
d : diamètre de l'empreinte laissée par la bille (mm)
g : accélération terrestre (9,80665 $m.s^{-2}$)

Relation entre HB et R_m : $HB \simeq 3\,Rm$

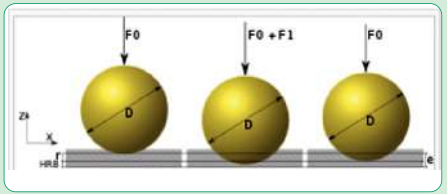
Essais Knoop

Ce test de dureté est effectué avec un pénétrateur est un diamant de forme pyramidal. L'avantage du pénétrateur Knoop est de donner une empreinte suffisamment grande pour une très faible charge, en sollicitant donc un volume très réduit de matière.

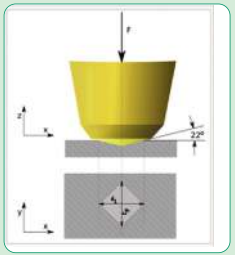
La dureté Knoop HK s'exprime comme la dureté Vickers par le rapport de la force appliquée F à la surface projetée A de l'empreinte.

Cette méthode permet de résoudre de nombreux problèmes tels que la mesure de la dureté des couches minces (décarburation, traitements superficiels comme que la carbonitruration), l'évaluation de l'écrouissage local, l'exploration d'alliages à phases multiples.

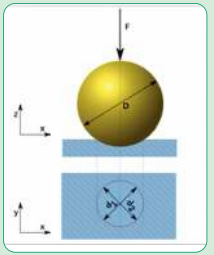
Grandeur mesurée : dureté Knoop HK.



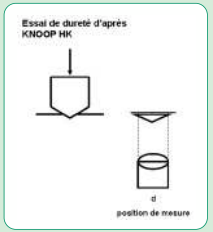
5.57-1 **Essai Rockwell**



5.57-2 **Essai Vickers**



5.57-3 **Essai Vickers**



5.57-4 **Essai Knoop**

Avantages :
- essai particulièrement adapté aux éprouvettes étroites, à cause d'un rapport de diagonale d'environ 7/1,
- essai supérieur à la méthode Vickers notamment sur éprouvettes fines et revêtements, puisque l'empreinte est moins profonde (facteur 4) pour une longueur de diagonale identique,
- essai particulièrement adapté aux matériaux poreux, à cause d'une faible tendance aux fissures,
- essai adapté à la recherche d'anisotropie d'un matériau grâce à une dureté Knoop qui, dans de tels cas, est dépendante de la direction sélectionnée pour les diagonales,
- Fonctionnalités de la surface d'essai testée conservées (empreinte d'essai plus plate).

Inconvénients :
- difficulté d'obtenir une qualité de surface suffisamment fine,
- dureté dépendante de la force d'essai,
- sensibilité du pénétrateur diamant aux détériorations,
- difficultés d'aligner la surface d'essai nécessaire à l'obtention d'une empreinte symétrique

La mesure de l'empreinte, dont la taille est comprise entre 0,01 et 0,1 mm, est réalisée au microscope.

$$HK = 14229.\frac{F}{d^2}$$

F : force d'un essai (kgf)
d : diagonales de l'empreinte (mm)

Tableau d'ensemble : essais de dureté des métaux

5.57-5

Méthode d'essai Rockwell	Domaines d'application
HRA	Aciers trempés et aciers de faible épaisseur ou tôles fines pour essais d'après HRC
HRD	Faible sollicitation du matériau et destruction de l'éprouvette comparable à HRC. Métal trempé
HRC	Aciers trempés (outils, aciers de construction haute résistance)
HRF	Tôles fines laminées à froid en métal, alliages cuivre-zinc recuits et cuivre recuit
HRB	Aciers doux de construction (tôles), métaux non-ferreux
HRG	Bronze au phosphore, cuivre au bérylium, fonte douce de dureté peu élevée.
HRH	Aluminium, zinc, plomb
HRE	Fonte douce, alliages légers et au magnésium, métaux de frottement
HRK	Métaux de frottement et autres matériaux de très faible dureté
HR 15/30/45N	Aciers tels que pour HRA, HRD et HRC, sous forme de pièces fines ou de tôles
HR 15/30/45T	Aciers doux et métaux non-ferreux tels que pour HRF et HRB, sous forme de pièces fines Ex : tôles à emboutir

5.57-6

Diamètre de la bille d'essai (mm)	Coefficient				
	30	10	5	2,5	1
	Force d'essai F (N)				
10	29420	9807	4903	2442	980,7
5	7355	2452	1226	612,9	245,2
2,5	1839	612,9	306,5	153,2	61,29
1	294,2	98,07	49,03	24,52	9,807
Plage de dureté enregistrée	96 à 650	32 à 218	16 à 109	8 à 55	3 à 22
Applications	Métal, fonte, fonte douce	Alu, laiton, cuivre, bronze	Aluminium, zinc	Aluminium	Plomb, étain

5.57-7

Méthode	Abréviation	Pénétrateur	Précharge	Force d'essai	Grandeur mesurée / Plage	Norme
Rockwell						
Echelle A	HRA	Cône diamant	98,07 N	588,4 N	20 à 88 HRA	DIN EN ISO 6508-1
Echelle B	HRB	Bille, ø 1,5875 mm (1/16 pouce)		980,7 N	20 à 100 HRB	
Echelle C	HRC	Cône diamant		1471 N	20 à 70 HRC	
Echelle D	HRD			980,7 N	40 à 77 HRD	
Echelle E	HRE	Bille, ø 3,1750 mm (1/8 pouces)			70 à 100 HRE	
Echelle F	HRF	Bille ø 1,5875 mm		588,4 N	60 à 100 HRF	
Echelle G	HRG	Bille, ø 1,5875 mm (1/6 pouce)		1471 N	30 à 94 HRG	
Echelle H	HRH	Bille, ø 3,1750 mm (1/8 pouce)		588,4 N	80 à 100 HRH	
15 N	HR 15N	Cône diamant	29,42 N	147,1 N	70 à 94 HR 15 N	
30 N	HR 30N			294,2 N	42 à 86 HR 30 N	
45 N	HR 45N			441,3 N	20 à 77 HR 45 N	
15 T	HR 15T	Bille, ø 1,5875 mm (1/16 pouce)		147,1 N	67 à 93 HR 15T	
30 T	HR 30T			294,2 N	29 à 82 HR 30T	
45 T	HR 45T			441,3 N	1 à 72 HR 45T	
Vickers						
Micro	HV 0,01 à ≤ 0,2	Pyramide diamant	-	0,098 à 1,961	Dureté Vickers HV	DIN ISO 4516
Petite charge	HV 0,2 à ≤ 5	Angle plat 136°	-	1,961 à 49,03		DIN EN ISO 6507-1
Macro	HV 5 à 100	-	-	49,03 à 980,7 N		
Knoop	HK	Pyramide diamant rhomboïde	-	≤ 9,807 N	Dureté Knoop HK	ISO 4545 DIN ISO 4516
Brinell	HBW	Bille, ø 1 / 2,5 / 5 / 10 mm	-	9,807 à 29420 N	Dureté Brinell HB	DIN EN ISO 6506-1
Dureté instrumentée						
	HU	Pyramide diamant Angle plat 136°	-	2 à 2500 N	HU	DIN 50 359-1
		Pyramide diamant Berkovich - Bille en carbure	-			Pr DIN EN ISO 14577-1
Méthode HV	HVT	Pyramide diamant 136°	~ 1,96	1,961 à 980,7 N	Dureté Vickers HVT	Méthode non normée
Méthode HBT	HBT	Bille, ø 2,5 / 5 / 10mm	1961 N / 980,7 N 490,3 N / 98,07 N	29420 N à 612,9 N	Dureté de Brinell HBT, ≤ 650 HBT	
Dureté de rebond	HL	Sphérique Rayon 1,5 à 2,5 mm	-	E = 3,0 mJ 90,0 mJ	Dureté de rebond	

5.58 Essais de couple/tension

Généralités

L'installation d'un assemblage vissé nécessite l'application d'un couple de serrage pour générer une tension qui plaque l'assemblage : cette tension est responsable du maintien de la fixation. Alors que le couple de serrage appliqué via un outil précis respectant la plage de tension visée nous permet de connaitre facilement le couple induit (couplemètre, clé dynamométrique), la tension, elle, ne peut être mesurée simplement.

Pour maîtriser la tenue de l'assemblage, Il devient donc essentiel de maîtriser la relation liant le couple de serrage et la tension. Cette relation repose sur le coefficient de frottement μ ou sur une expression simplifiée, le coefficient K qui exprime le rendement du couple de serrage.

Les frottements se localisent dans 2 endroits :

- dans le filetage, entre le filet de la vis et le taraudage de l'écrou,
- entre la surface d'appui et la partie tournante : tête de la vis ou écrou.

Pour caractériser le coefficient de frottement, un essai est réalisé à l'aide d'un banc d'essai de serrage qui mesure simultanément le couple de serrage et la tension induite dans l'assemblage. Des algorithmes spécifiques calculent la valeur du coefficient de frottement.

Un essai de couple/tension sera réalisé :

- soit pour déterminer les caractéristiques réelles d'un assemblage, à condition de disposer des pièces et fixations du montage,
- soit pour vérifier les caractéristiques d'une fixation dans des conditions de référence normalisée.

Il est important de noter qu'un assemblage optimisé nécessite la maîtrise des frottements, mais aussi l'emploi d'outils de serrage précis afin de respecter la plage de tension définie pour une bonne tenue de l'assemblage.

Nous pouvons citer les normes de contrôle suivantes avec la possibilité de réalisation des tests dans notre laboratoire.

NF EN ISO 16047 + NF E 25-039 coefficient de frottement pour les fixations en acier au carbone

- Coefficient de frottement
- Limite d'élasticité au serrage (en tension)
- Couple de serrage à la limite d'élasticité
- Coefficient de rendement du couple K (T/F). T : Couple de serrage F : Force de serrage

NF EN ISO 2320 + NF E 25039 Auto-freinage et frottement pour les fixations en acier au carbone

- Vissage Dévissage : vérifier que le couple ≤ Tfv max
- Coefficient de frottement

NF E25-035 Auto-freinage et frottement pour les fixations en acier inoxydable

- Vissage Dévissage : vérifier que le couple ≤ Tfv max
- Coefficient de frottement

NF EN 14399-2 Essais d'aptitude à l'emploi des boulons de construction métallique HR, HV et HRC(K2)

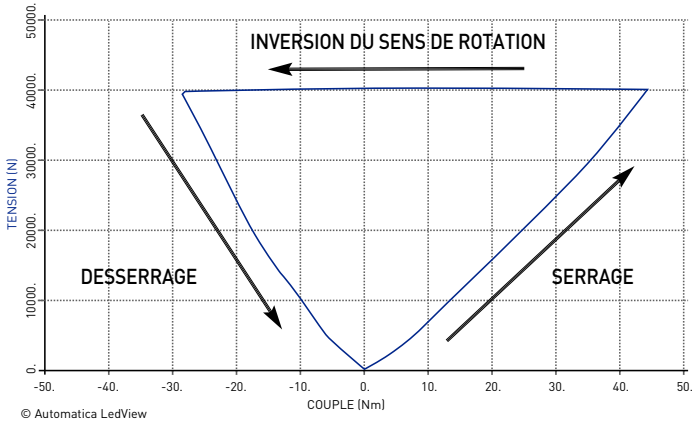
- La rotation relative entre l'écrou et la vis (Angle $\Delta\Theta 2$)
- Km Valeur moyenne du coefficient k
- Vk Coefficient de variation des valeurs de k

NF EN 14399-10 Essais d'aptitude à l'emploi des boulons de construction métallique HRC(K0)

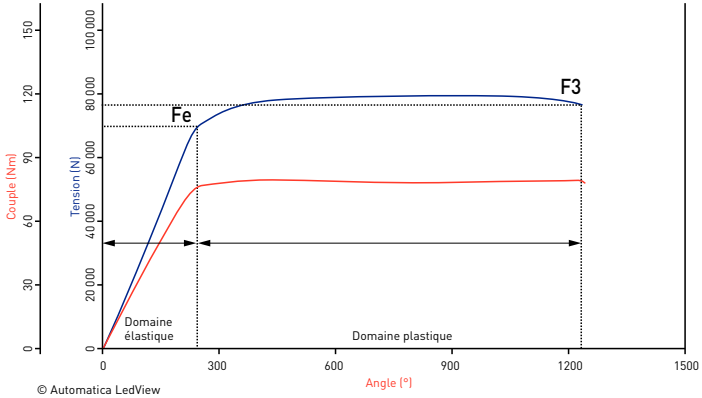
- Fr : 0.7 x Fub x As
- Fr mean : 0.77 x Fub x As
- V Fr : coefficient de variation

Normes internes ou cahier des charges des utilisateurs : constructeurs et équipementiers automobile, aéronautique, etc.

5.58-1 **Exemple de banc de serrage**



5.58-2 **Visualisation d'une courbe d'essai couple/tension**



5.58-3 **Exemple de courbe de serrage dans le domaine plastique**

Coefficient de frottement μ

Il est habituellement utilisé pour la construction mécanique, l'automobile, le ferroviaire. μ est un nombre sans dimension, calculé à partir de grandeurs physiques mesurées, qui permet de résumer la relation couple/tension simplement et indépendamment des caractéristiques géométriques de l'assemblage. Il dépend de la nature et de la géométrie des surfaces en contact.

Pour une fixation à filetage métrique ISO, la relation liant le couple de serrage C et la tension dans l'assemblage F s'exprime ainsi, avec P pas du filetage, D_2 diamètre à flanc de filet, r_m rayon moyen de la surface d'appui tournante (tête de vis ou écrou).

$$C = F \times (0{,}16 \times P + \mu \times (0.577 \times d^2 \times rm))$$

Si les caractéristiques de l'équipement d'essai le permettent, il est possible de répartir le frottement total μtot en frottement sous la fixation entrainée en rotation μ_b (b pour « bearing surface » = surface d'appui) et frottement dans le filetage μ_{th} (th pour « thread » = filetage).

Coefficient de rendement du couple K

Il est habituellement utilisé en construction métallique pour les boulons précontraints (HR, HRC et HV). K est un nombre sans dimension, calculé à partir du couple C et de la tension mesurée F, et du diamètre d de la fixation.

$$C = K \times d \times F$$

Des critères supplémentaires liés à la rotation et/ou l'allongement peuvent être vérifiés avec un équipement d'essai adapté.

Lors de la fabrication, la maitrise des valeurs et de la dispersion de μ ou de K est réalisée par lubrification, celle-ci pouvant être intégrée dans le cas de certains revêtements.

5.6 Défaillance d'assemblages vissés

Typologie et causes principales

TYPOLOGIE

La défaillance d'un assemblage vissé (aussi appelé «ruine») peut survenir par :
- rupture brutale,
- rupture progressive (fatigue),
- fragilisation par l'hydrogène,
- corrosion.

Rupture statique brutale

Sollicitation excessive de traction
Les contraintes sont réparties uniformément dans la section :
- rupture nette perpendiculaire à l'axe du fût de la vis (**rupture fragile**),
- rupture avec zone d'amorçage et rupture finale en périphérie avec présence effet de lèvres de cisaillement (**rupture ductile**),
- rupture avec formation de lignes radiales dues à la présence de tapures de trempe (**rupture semi-fragile**).

Sauf défaut métallurgique, une vis cède au niveau du premier filet en prise

Exemples : voir photos 5.6-1 et 5.6-2.

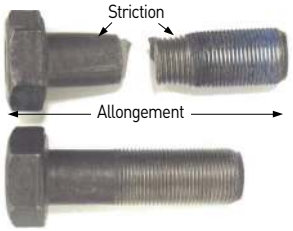
Sollicitation excessive de torsion
Les contraintes sont distribuées dans la section avec un maximum en périphérie et un minimum au cœur. On peut observer une importante déformation plastique (effet de vrillage) avec présence d'un faciès de rupture tourbillonnaire (photo 5.6-3)

Rupture de fatigue

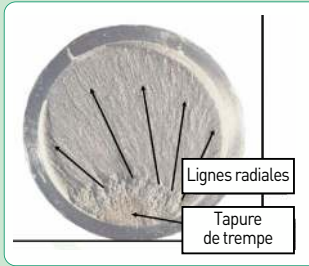
Flexion rotative (photo 5.6-4)
Typiquement, ce type de rupture se caractérise sur la section de vis par :
- des amorces périphériques multiples avec lignes de crêtes ou radiales,
- des lignes frontales ou lignes d'arrêt,
- deux zones identifiables : une zone de propagation en fatigue et une zone de rupture finale brutale.

Flexion plane et flexion plane alternée (photo 5.6-5)
Dans le cas de flexion plane, l'amorçage se situe en un seul point.
Dans le cas d'une flexion plane alternée, l'amorçage se situe en deux points diamétralement opposés

5.6-1 **Vis 10.9 rompue au serrage (serrage excessif)**

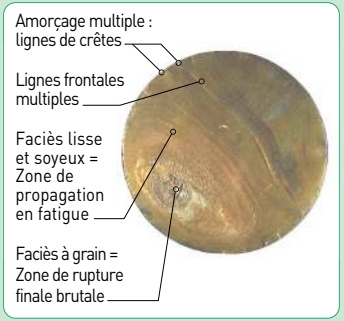


5.6-2 **Rupture brutale semi-fragile : localisation de l'origine de la rupture**



5.6-3 **Rupture par sollicitation excessive de torsion**

5.6-4 **Rupture par flexion rotative**



Facteurs d'influence

- La rupture en fatigue se caractérise par un effet d'entaille, l'amorçage se produisant généralement en surface.
- La géométrie de la pièce est donc déterminante et les variations de section à éviter (limiter les gorges, augmenter les congés...)
- La surface de la zone de rupture finale est représentative de l'équilibre statique de l'assemblage, car obtenue par dépassement des caractéristiques mécaniques résiduelles.
- Les zones d'usinage sont des zones d'amorçage potentiel ; un filetage roulé est plus performant qu'un filetage taillé, du point de vue de la résistance à la fatigue.

Fragilisation par l'hydrogène

Principe et origine

Principalement lors du traitement de surface (ou lors d'un soudage) il y a absorption d'hydrogène en surface puis diffusion qui provoque une perte de cohésion du réseau métallique (photo 5.6-6).

Lors d'un traitement de surface électrolytique, le risque apparaît dans différentes phases :

- décapage,
- dégraissage cathodique,
- électrolyse.

La rupture est de type différé à caractère fragile.

Le risque s'accroît avec les caractéristiques mécaniques.

La rupture intervient lors du serrage ou quelques heures après mise en service, même en l'absence de charge extérieure additionnelle.

La prévention s'effectue par un traitement thermique de dégazage, devant s'effectuer dans les quatre heures après sortie du bain électrolytique (**voir NF EN ISO 4042, NF EN 12329 et NF EN 12330**).

Corrosion

L'amorçage se fait sur des piqûres de corrosion : l'état de surface conditionne ce type de ruine. Le défaut d'état de surface devient une zone de concentration de contrainte qui peut provoquer la rupture (photo 5.6-7).

CAUSES DE RUPTURE

Statistiquement, 53% des ruines d'assemblages vissés sont attribuées à une rupture de fatigue et 47% à une rupture brutale.

Les photos de ce chapitre sont d'origine CETIM.

Causes de rupture brutale

Les origines sont multiples et diversifiées (diagramme 5.6-8).

Causes de rupture par fatigue

Le montage est la cause principale des ruptures par fatigue (diagramme 5.6-9).

Causes de rupture par défaut de surface lié à la fabrication

Voir chapitre 3.10 page 99.

Causes essentielles et prévention

Au-delà du phénomène emblématique de fragilisation par l'hydrogène, près d'un tiers des ruptures provient d'un défaut de montage !

Quelques recommandations :

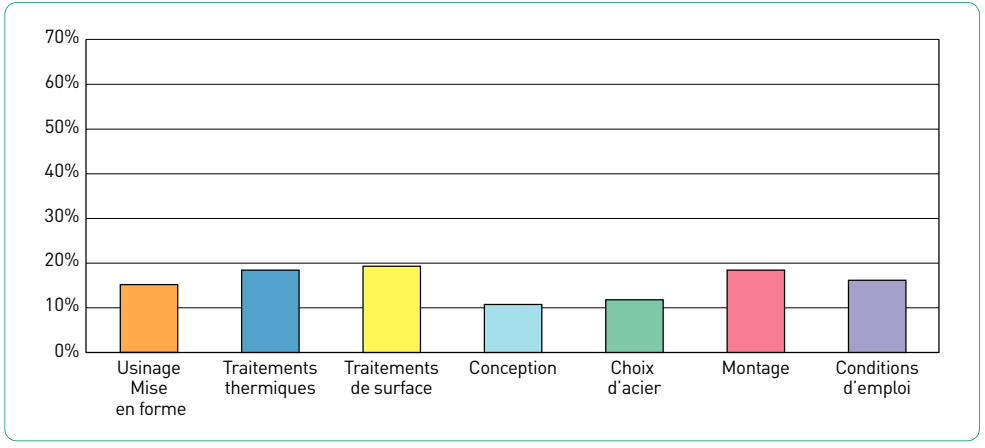
- bien qualifier la classe de qualité de la vis,
- choisir un écrou compatible en classe de qualité avec la vis,
- éviter les assemblages hétérogènes (effet de corrosion galvanique),
- assurer un serrage avec précontrainte,
- assurer la tenue de la précontrainte : par exemple un contre-écrou évite le desserrage mais n'assure pas la tenue de la précontrainte,
- bien choisir la rondelle et éviter son écrasement.

5.6-5 **Ruptures par flexion plane et par flexion alternée**

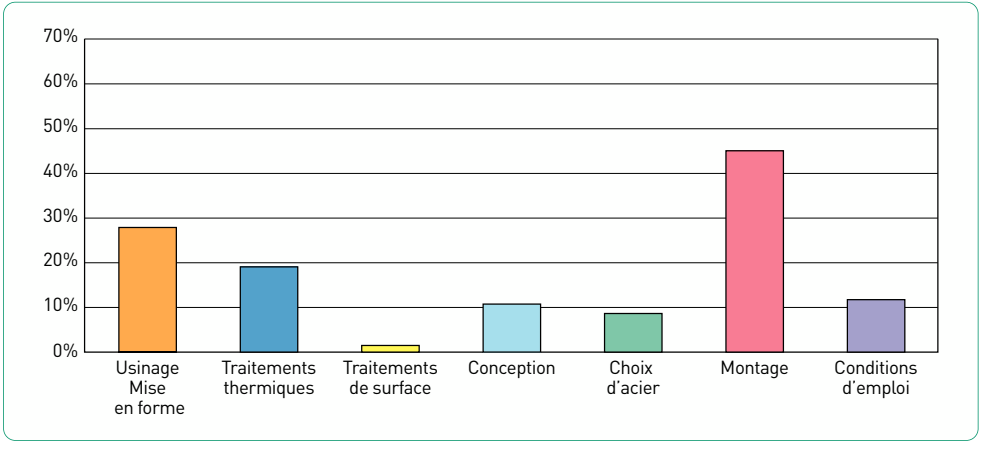
5.6-6 **Rupture due à une fragilisation par l'hydrogène**

5.6-7 **Rupture sur piqures de corrosion**

5.6-8 **Statistique des causes de rupture brutale**



5.6-9 **Statistique des causes de rupture par fatigue**



5.7 Visserie américaine UNC / UNF

Introduction

Courante en Europe, la visserie au pas ISO ne l'est pas outre-atlantique. Le système métrique n'y a pas court, contrairement au système poucique. De fait la visserie standard n'a pas les mêmes dimensions et par extension des normes de référence différentes, d'un point de vue dimensionnel comme au niveau des caractéristiques mécaniques.

L'American Society of Mechanical Engineers (ASME) gère donc l'American National Standards Institute (ANSI). Cette dernière est un equivalent à l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) ou à l'Association Française de NORmalisation (AFNOR).

A cette organisation s'ajoute, notamment dans le domaine de la fixation, la Society of Automotive Engineers (SAE) et dans le domaine des matériaux la American Society for Testing Material (ASTM).

Caractéristiques dimensionnelles

Filetage

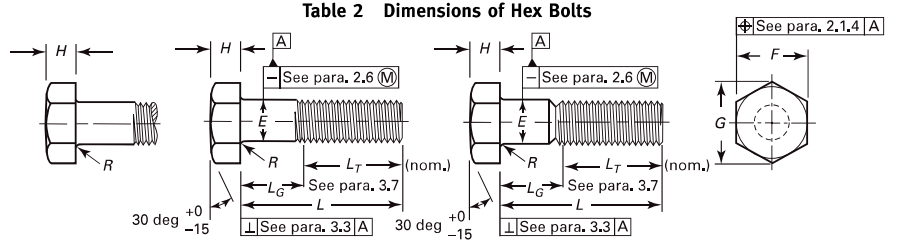
Les fixations au pas dit « américain » ont un profil de filetage à 60°, mais avec des différences dimensionnelles par rapport à l'ISO du fait du système d'unité (pouces versus mètres). L'essentiel des informations à connaître sur le filetage américain se trouve en page 211 de ce memento, chapitre 6.3.

Dimensions

Comme dans le cas de la visserie suivant norme ISO, il existe des normes produits pour la visserie américaine. Les vis TH sont par exemple soumises à la B18-2-1. Les principes généraux de longueur filetée, tolérances sur dimensions, etc. y sont indiqués.

5.7-1 **ASME B18.2.1-2010**

Table 2 Dimensions of Hex Bolts



Caractéristiques mécaniques

La norme SAE J429 définit les caractéristiques mécaniques de la visserie courante au pas américain. Les principaux Grades, équivalent des classes de qualité de l'ISO, sont décrit comme suit :

Grade	Rm suivant SAE J429	Marquage (sur TH)	Similitudes ISO 898-1	Rm suivant ISO 898-1
2	60 000 Psi (414 Mpa)		Classe 4.8	420 Mpa
5	105 000 Psi (724 Mpa)	3 branches	Classe 8.8	800 Mpa
8	150 000 Psi (1 034 Mpa)	6 branches	Classe 10.9	1 040 Mpa

Il n'y a pas d'équivalence stricte entre Grade suivant SAE et classe suivant ISO !

A noter que les vis type CHC n'ont pas de Grade suivant la SAE J429. Ces vis sont conformes à la norme B18.3, qui indique que les caractéristiques mécaniques sont conformes à la norme A574. Cette norme définit, en fonction du dimensionnel de la vis, les résistances à la traction et les duretés de ces vis. Il n'y a pas de marquage spécifique en dehors du marquage fabricant.

La résistance à la traction des vis CHC est similaire à une classe 12.9 selon ISO 898-1, mais pas équivalente.

En plus des différents Grades, il existe des aciers suivant normes A193 (Aciers pour boulons, alliés ou inoxydables pour applications à haute température), A194 (Aciers pour écrous, alliés ou au carbone pour application à haute température ou haute pression) ou encore A320 (Aciers pour boulons, alliés pour utilisation à basse température) ayant des caractéristiques mécaniques variées répondant à des besoins de résistance spécifiques.

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

3. PROCESS DE FABRICATION DES FIXATIONS

3.7 Process de filetage roulé

3.8 Process de filetage taillé

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.6 Défaillance d'assemblages vissés : typologie et causes principales

5.7 Visserie américaine UNC / UNF

8. SERRAGE, AUTO-FREINAGE, GRIPPAGE

8.0 Principes mécaniques du serrage d'un assemblage vissé

6

Profil d'un élément fileté

6.0 Symboles et normes de référence des filetages courants

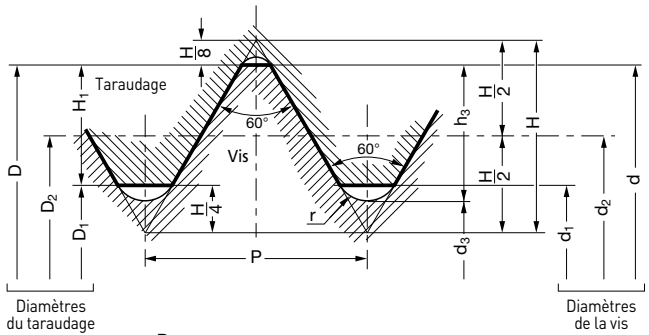
6.0-1

Symbole	Désignation du filetage	Norme mécanique	Calibre correspondant
M	Filetage ISO métrique profil 60° Système ISO de tolérances de filetages (ayant remplacé les anciens systèmes ISO de tolérances antérieurs à 1968 et les profils Slm et SI)	NF E 03-001 NF E 03-013 NF E 03-014 NF E 03-050 à NF E 03-056	NF E 03-151 NF E 03-152 NF E 03-153 NF E 03-154
S	Filetage miniature ISO 60°	NF E 03-501 à NF E 03-504	
UN	Filetage unifié américain profil 60° : séries UNC - UNF - UNEF - UN - UNS	ANSI B1-1 BS 1580	BS 919 p.1 (ANSI B1-2 si précisé)
UNJ	Filetage unifié américain 60° à grand arrondi : séries UNJC - UNJF - UNJEF - UNJ - UNJS	BS 4084 MIL S 8879	BS 919 p.1 Troncature J (ANSI, B1-2 si précisé)
NPT et divers	Filetage américain pour tubes sans étanchéité dans le filet profil 60°	NF E 03-601 USAS B2-1 ANSI B1-20-1	USAS B2-1 ANSI B1-20-1
NPTF et divers	Filetage américain pour tubes avec étanchéité dans le filet profil 60°	USAS B2-2 ANSI B1-20-3 ANSI B1-20-4 ANSI B1-20-5	USAS B2-2 ANSI B1-20-5
R Rc Rp	Filetage «Gaz» 55° avec étanchéité dans le filet : - filetage extérieur conique, - filetage intérieur conique (emploi exceptionnel), - filetage intérieur cylindrique	NF E 03-004	coniques NF E 03-165 BS 21
G	Filetage «Gaz» 55° avec étanchéité dans le filet (filetages intérieur et extérieur cylindriques)	NF E 03-005	cylindriques NF E 03-161 à NF E 03-164

Symbole	Désignation du filetage	Norme mécanique	Calibre correspondant
BSW BSF	Filetage anglais Whitworth profil 55° : séries BSW - BSF et WHS	BS 84	BS 919 p.2
BA	Filetage anglais B.A. profil 47° 30'	BS 93	BS 919 p.2
TR	Filetage trapézoïdal symétrique profil 30°	NF E 03-615 à NF E 03-618	NF E 03-619 à NF E 03-621
ACME	Filetage trapézoïdal symétrique américain profil 29°	ANSI B1-5	ANSI B1-5
STUB-ACME	Filetage trapézoïdal symétrique américain profil 29° à faible hauteur d'engagement	ANSI B1-8	ANSI B1-8
ART	Filetage trapézoïdal asymétrique profils 30° et 45° dit «Artillerie»	NF E 03-611	NF E 03-612
Rd	Filetage à filet rond	NF F 00-016 NF F 00-032	NF F 00-017
	Filetage pour raccords de sortie et robinets de bouteilles à gaz cylindriques et coniques	NF E 29-650 à NF E 29-684	NF E 29-673 à NF E 29-685
N° réf. CM	Filetage pour canalisations électriques profil 80° Filetages pour presse-étoupe profils 80° et 55°	NF C 68-190 NF C 63-021	NF C 68-190 NF C 63-021
BSC	Filetage pour cycles profils 60° et 55° Filetage pour cycles profil 60°	BS 811 DIN 79-012	BS 919 p.2
V	Filetage pour valves de pneumatiques	NF E 87-012 NF R 99-030	NF E 03-151 à NF E 03-154

6.1 Filetages métriques à profil triangulaire à 60° ISO
(NF EN ISO 68)

Profil de base NF EN ISO 68



P = pas

H = 0,86603 P

D = d = diamètre nominal

$D_2 = d_2 = d - \frac{3}{4} H = d - 0{,}6495\ P$

$D_1 = d_1 = d_2 - 2\left(\frac{H}{2} - \frac{H}{4}\right) = d - 1{,}0825\ P$

$d_3 = d_2 - 2\left(\frac{H}{2} - \frac{H}{6}\right) = d - 1{,}2269\ P$

$H_1 = \frac{D - D_1}{2} = 0{,}5412\ P$

$h_3 = \frac{d - d_3}{2} = 0{,}6134\ P$

r = 0,1443 P (théorique)

6.1-1

Calcul simplifié du profil de base des filetages ISO en fonction du diamètre nominal et du pas

6.1-2

Pas P	Diamètre nominal d = D min.	Diamètre sur flancs $d_2 = D_2$	Diamètre intérieur du filetage intérieur D_1	Diamètre du noyau du filetage extérieur d_3 (avec r théorique)
0,2	d	– 1 + 0,870	– 1 + 0,783	– 1 + 0,755
0,25	d	– 1 + 0,838	– 1 + 0,729	– 1 + 0,693
0,3	d	– 1 + 0,805	– 1 + 0,675	– 1 + 0,632
0,35	d	–1 + 0,773	–1 + 0,621	–1 + 0,571
0,4	d	– 1 + 0,740	– 1 + 0,567	– 1 + 0,509
0,45	d	– 1 + 0,708	– 1 + 0,513	– 1 + 0,448
0,5	d	– 1 + 0,675	– 1 + 0,459	– 1 + 0,387
0,6	d	– 1 + 0,610	– 1 + 0,350	– 1 + 0,264
0,7	d	– 1 + 0,545	– 1 + 0,242	– 1 + 0,141
0,75	d	– 1 + 0,513	– 1 + 0,188	– 1 + 0,080
0,8	d	– 1 + 0,480	– 1 + 0,134	– 1 + 0,019
1	d	– 1 + 0,350	– 2 + 0,917	– 2 + 0,773
1,25	d	– 1 + 0,188	– 2 + 0,647	– 2 + 0,466
1,5	d	– 1 + 0,026	– 2 + 0,376	– 2 + 0,160
1,75	d	– 2 + 0,863	– 2 + 0,106	– 3 + 0,853
2	d	– 2 + 0,701	– 3 + 0,835	– 3 + 0,546
2,5	d	– 2 + 0,376	– 3 + 0,294	– 4 + 0,933
3	d	– 2 + 0,051	– 4 + 0,752	– 4 + 0,319
3,5	d	– 3 + 0,727	– 4 + 0,211	– 5 + 0,706
4	d	– 3 + 0,402	– 5 + 0,670	– 5 + 0,093
4,5	d	– 3 + 0,077	– 5 + 0,129	– 6 + 0,479
5	d	– 4 + 0,752	– 6 + 0,587	– 7 + 0,866
5,5	d	– 4 + 0,428	– 6 + 0,046	– 7 + 0,252
6	d	– 4 + 0,103	– 7 + 0,505	– 8 + 0,639

Exemple : M10 soit M10 x 1,50

diamètre nominal	: d = D min.	= 10 mm
diamètre sur flancs de base	: $d_2 = D_2 = d - 1 + 0{,}026$	= 9,026 mm
diamètre interieur du taraudage	: $D_1 = d - 2 + 0{,}376$	= 8,376 mm
diamètre du noyau de la vis	: $d_3 = d - 2 + 0{,}160$	= 8,160 mm

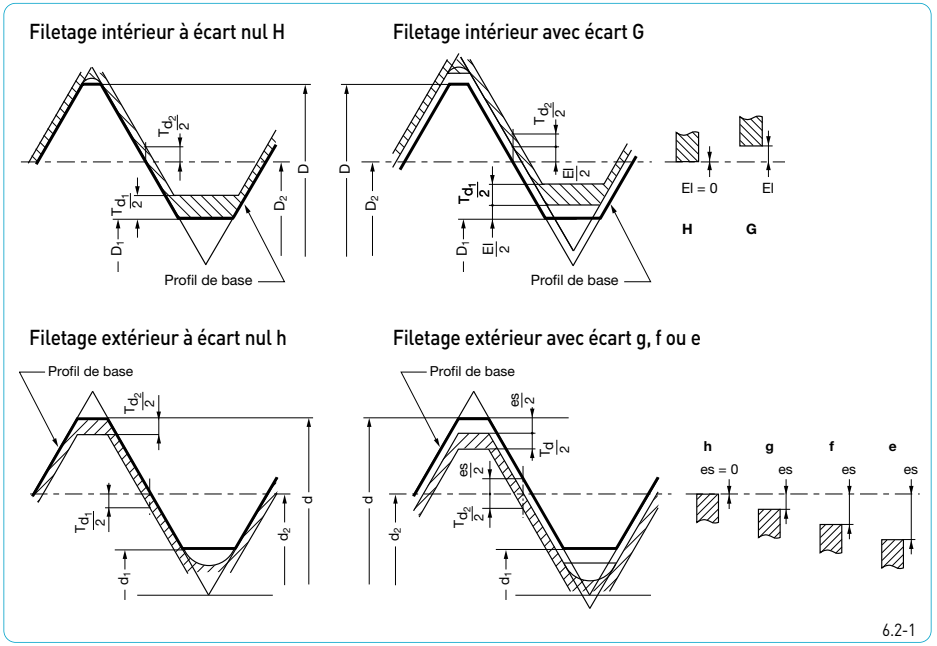
(à titre indicatif pour r théorique)

6.2 Tolérance des éléments filetés de 1 à 355 mm

(NF EN ISO 965). Principes et données fondamentales

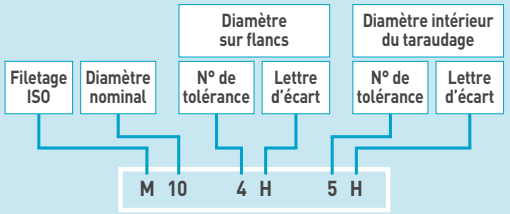
Représentation schématique des tolérances et positions

- Un chiffre donne la valeur de la tolérance, en fonction du palier de diamètre nominal sélectionné et du pas.
- Une lettre, majuscule pour les filetages intérieurs, minuscules pour les filetages extérieurs, donne la position, fonction du pas exclusivement, de la tolérance, c'est-à-dire son écart par rapport au profil de base.

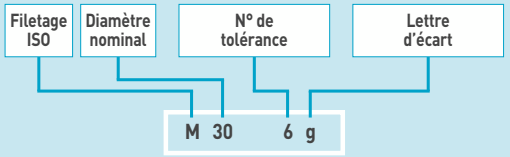


Exemple de désignation d'un filetage ISO, NF EN ISO 261 et 965

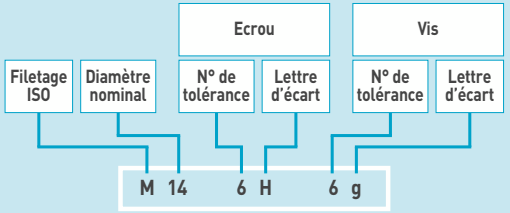
Numéros de tolérance du profil de filetage différents (fixation femelle : écrou ou taraudage)



Numéros de tolérance du profil de filetage identiques (fixation mâle : vis, goujon ou filetage extérieur)



Assemblage fileté, profil ISO (écrou/vis)



Nota : une vis brute sera tolérancée 6g, une vis revêtue sera tolérancée 6h

6.3 Filetages américains UNC, UNF, UNS, UN et UNEF

Filetages à filet triangulaire 60° profil unifié selon norme ANSI B1.1. et norme anglaise B.S.1580

Les filetages américains ont un profil identique aux filetages métriques. Il s'agit de filet triangulaire à 60°. Il existe des pas standards Unified National Corse (UNC), des pas fins Unified National Fine (UNF) et des pas extra-fins Unified National Extra-Fine (UNEF).

Les filets UNC sont utilisés dans la plupart des cas d'emplois standard. Les filets UNF ont pour but d'améliorer les résistances à la traction et à la torsion, mais également d'améliorer la tenue aux vibrations. Enfin les filets UNEF ont été développés pour le marché aéronautique.

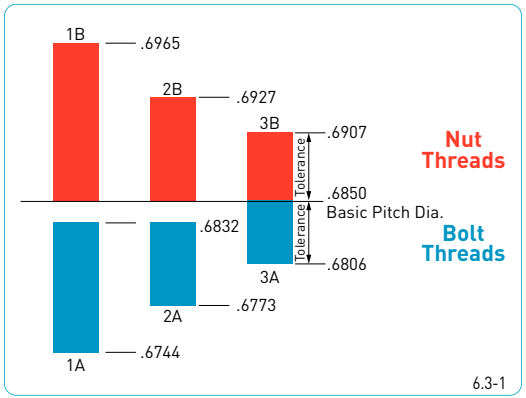
Il existe également, comme pour les filetages métriques, des classes de filetage :

Classe 1 : ajustement aux tolérances larges

Classe 2 : ajustement aux tolérances usuelles (usage courant)

Classe 3 : ajustement aux tolérances précises

L'illustration suivante montre les tolérances de diamètre primitif sur un boulon et un écrou Ø ¾ 10F



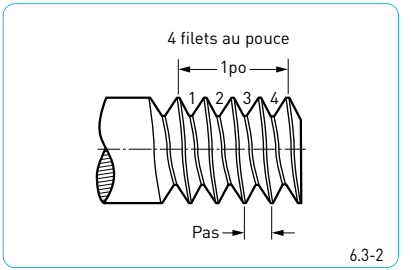
6.3-1

Enfin un indice A indique qu'il s'agit d'un filetage mâle et un indice B qu'il s'agit d'un taraudage.

On définit alors le filetage d'une pièce de la manière suivante :

3/8'' x 16F UNC 2A

Diamètre de la pièce - Nombre de filets par pouce (voir figure 6.3-2) - Type de pas - Tolérance filetage - Filetage



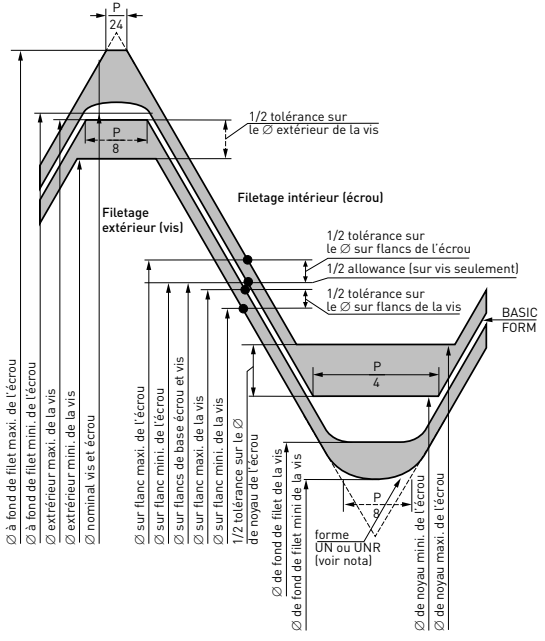
6.3-2

A noter :

- Une vis brute dont la classe de filetage est 2A sera considérée en 3A après revêtement.
- Les vis CHC au pas américain sont systématiquement en classe 3A.
- On ne peut donc pas ajouter de revêtement sur une vis CHC standard au risque de compromettre la montabilité de celle-ci. Il convient de lancer une fabrication spéciale en classe 2A.

Filetages à filet triangulaire 60° profil unifié selon norme ANSI B1.1. et norme anglaise B.S.1580 (suite)

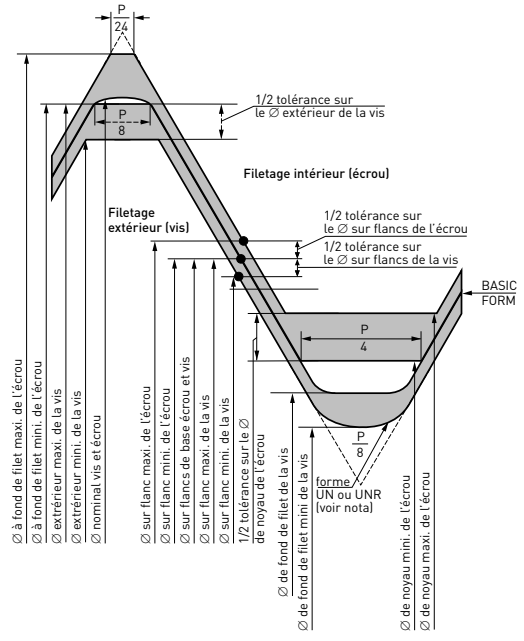
Profil du filet série UNC – UNF – UNEF – UN – UNS



- Classes 1B – 2B filetage intérieur (taraudage)
- Classes 1A – 2A filetage extérieur (vis) avec jeu initial (allowance) sur la vis.

Nota
- Pour le profil UNR, le fond de filet doit être arrondi avec un rayon jamais inférieur à 0,10825 P.
- Pour le profil UN, le fond de filet peut être plat.

6.3-3



- Classes 3B – 2B filetage intérieur (taraudage)
- Classes 3A – 2A filetage extérieur (vis) sans jeu initial.
- Pour les anciennes classes 2 et 3 (taraudage et vis) série NC – NF – NEF – N, voir norme américaine ASA B1.1.1960.

6.3-4

Série UNC classes 2B – 2A – 3B – 3A. Cotes théoriques et tolérances sur diamètres sur flanc et diamètre intérieur.

Désignation du filetage	Pas en mm	cotes théoriques		tolérance Ø sur flanc					Ø Alésage écrou		
		Ø nominal	Ø sur flancs	écrou UNC-2B	vis UNC-2A		écrou UNC-3B	vis UNC -3A	Basic mini 2B-3B	maxi 2B	maxi 3B
				+ tol. 2B	-allowance	-(All +tol.2A)	+tol.3B	-tol.3A			
N° 1 - 64 f	0,3969	1,854	1,598	+0,066	-0,015	-0,066	+0,048	-0,038	1,425	+0,157	+0,157
N° 2 - 56 f	0,4536	2,184	1,89	+0,071	-0,015	-0,069	+0,053	-0,041	1,694	+0,178	+0,178
N° 3 - 48 f	0,5292	2,515	2,172	+0,076	-0,018	-0,076	+0,056	-0,043	1,941	+0,206	+0,206
N° 4 - 40 f	0,6350	2,845	2,433	+0,084	-0,020	-0,084	+0,061	-0,048	2,156	+0,229	+'0,229
N° 5 - 40 f	0,6350	3,175	2,764	+0,084	+0,020	-0,086	+0,048	-0,048	2,487	+0,211	+0,211
N° 6 - 32 f	0,7938	3,505	2,99	+0,094	-0,020	-0,091	+0,069	-0,053	2,642	+0,254	+0,254
N° 8 - 32 f	0,7938	4,166	3,65	+0,094	-0,023	-0,097	+0,071	-0,056	3,302	+0,229	+0,226
N° 10 - 24 f	1,0583	4,826	4,138	+0,109	-0,025	-0,109	+0,081	-0,064	3,683	+0,279	+0,267
N° 12 - 24 f	1,0583	5,486	4,798	+0,112	-0,025	-0,112	+0,084	-0,066	4,343	+0,254	+0,246
1/4" - 20 f	1,2700	6,350	5,525	+0,124	-0,028	-0,122	+0,091	-0,071	4,978	+0,279	+0,272
5/16 " - 18 f	1,4111	7,938	7,021	+0,135	-0,030	-0,132	+0,099	-0,076	6,401	+0,330	+0,279
3/8" - 16 f	1,5875	9,525	8,494	+0,145	-0,033	-0,145	+0,109	-0,084	7,798	+0,356	+0,284
7/16" - 14 f	1,8143	11,113	9,934	+0,155	-0,036	-0,155	+0,117	-0,089	9,144	+0,406	+0,297
1/2" - 13 f	1,9538	12,700	11,430	+0,165	-0,038	-0,165	+0,122	-0,094	10,592	+0,432	+0,290
9/16" - 12 f	2,1167	14,288	12,913	+0,173	-0,041	-0,173	+0,130	-0,099	11,989	+0,457	+0,312
5/8" - 11 f	2,3091	15,875	14,376	+0,183	-0,041	-0,180	+0,137	-0,104	13,386	+0,483	+0,307
3/4" - 10 f	2,5400	19,050	17,399	+0,196	-0,046	-0,196	+0,145	-0,112	16,307	+0,533	+0,318
7/8 " - 9 f	2,8222	22,225	20,391	+0,208	-0,048	-0,208	+0,155	-0,119	19,177	+0,584	+0,333
1" - 8 f	3,1750	25,400	23,338	+0,224	-0,051	-0,224	+0,168	-0,130	21,971	+0,635	+0,373
1 1/8" - 7 f	3,6286	28,575	26,218	+0,239	-0,056	-0,239	+0,180	-0,137	24,638	+0,711	+0,445
1 1/4" - 7 f	3,6286	31,750	29,393	+0,244	-0,056	-0,244	+0,183	-0,140	27,813	+0,711	+0,445
1 3/8" - 6 f	4,2333	34,925	32,174	+0,264	-0,061	-0,264	+0,198	-0,152	30,353	+0,762	0,498
1 1/2" - 6 f	4,2333	38,100	35,349	+0,267	-0,061	-0,267	+0,201	-0,155	33,528	+0,762	+0,498
1 3/4" - 5 f	5,0800	44,450	41,151	+0,295	-0,069	-0,295	+0,221	-0,170	38,964	+0,864	+0,597
2" - 4 1/2 f	5,6444	50,800	47,135	+0,315	-0,074	-0,315	+0,236	-0,180	44,679	+0,914	+0,688

Exemple :
Taraudage : 1" - 8 f UNC 2B

△ = 23.338 + 0 + 0.224
Ø int = 21.971 + 0 + 0.635

Filetage extérieur : 7/16" - 14 f UNC 2A

△ = 9.934 – 0.036 – 0.155

6.3-5

Filetages américains à filet triangulaire 60° profil unifié selon ANSI B1.1. et norme anglaise B.S.1580 (suite)

Série UNF classes 2B – 2A – 3B – 3A. Cotes théoriques et tolérances sur diamètres sur flanc et diamètre intérieur.

Désignation du filetage	Pas en mm	cotes théoriques		tolérance Ø sur flanc					Ø Alésage écrou		
		Ø nominal	Ø sur flancs	écrou UNF-2B	vis UNF-2A		écrou UNF-3B	vis UNF-3A	Basic mini 2B-3B	maxi 2B	maxi 3B
				+ tol. 2B	-allowance	-(All +tol.2A)	+tol.3B	-tol.3A			
N° 0 - 80 f	0,3175	1,524	1,318	+0,058	-0,013	-0,058	+0,043	-0,033	1,181	+0,124	+0,124
N° 1 - 72 f	0,3528	1,854	1,626	+0,064	-0,015	-0,064	+0,048	-0,036	1,473	+0,140	+0,140
N°2 - 64 f	0,3969	2,184	1,928	+0,069	-0,015	-0,066	+0,051	-0,038	1,755	+0,157	+0,157
N° 3 - 56 f	0,4536	2,515	2,220	+0,071	-0,018	-0,074	+0,053	-0,041	2,024	+0,173	+0,173
N° 4 - 48 f	0,5292	2,845	2,502	+0,079	-0,018	-0,079	+0,058	-0,046	2,271	+0,188	+0,188
N° 5 - 44 f	0,5773	3,175	2,799	+0,081	-0,018	-0,081	-0,061	-0,048	2,550	+0,191	+0,191
N° 6 - 40 f	0,6350	3,505	3,094	+0,086	-0,020	-0,086	+0,064	-0,051	2,819	+0,203	+0,193
N° 8 - 36 f	0,7256	4,166	3,708	+0,091	-0,020	-0,091	+0,069	-0,053	3,404	+0,203	+0,193
N° 10 - 32 f	0,7938	4,826	4,310	+0,099	-0,023	-0,099	+0,074	-0,058	3,962	+0,203	+0,206
N ° 12 - 28 f	0,9071	5,486	4,897	+0,107	-0,025	-0,107	+0,079	-0,061	4,496	+0,229	+0,221
1/4" - 28 f	0,9071	6,350	5,761	+0,109	-0,025	-0,109	+0,081	-0,064	5,359	+0,229	+0,203
5/16" - 24 f	1,0583	7,938	7,249	+0,122	-0,028	-0,122	+0,091	-0,069	6,782	+0,254	+0,213
3/8" - 24 f	1,0583	9,525	8,837	+0,124	-0,028	-0,124	+0,094	-0,074	8,382	+0,254	+0,183
7/16" - 20 f	1,2700	11,113	10,287	+0,137	-0,033	-0,140	+0,104	-0,079	9,728	+0,305	+0,218
1/2" - 20 f	1,2700	12,700	11,875	+0,142	-0,033	-0,142	+0,107	-0,081	11,328	+0,279	+0,196
9/16" - 18 f	1,4111	14,288	13,371	+0,150	-0,036	-0,150	+0,112	-0,086	12,751	+0,330	+0,218
5/8" - 18 f	1,4111	15,875	14,958	+0,152	-0,036	-0,155	+0,114	-0,089	14,351	+0,330	+0,203
3/4" - 16 f	1,5875	19,050	18,019	+0,165	-0,038	-0,165	+0,124	-0,097	17,323	+0,356	+0,224
7/8" - 14 f	1,8143	22,225	21,046	+0,178	-0,041	-0,178	+0,135	-0,104	20,269	+0,406	+0,224
1" - 12 f	2,1167	25,400	24,026	+0,193	-0,046	-0,196	+0,145	-0,112	23,114	+0,457	+0,249
1 1/8" - 12 f	2,1167	28,575	27,201	+0,198	-0,046	-0,198	+0,150	-0,114	26,289	+0,457	+0,249
1 1/4" - 12 f	2,1167	31,750	30,376	+0,203	-0,046	-0,203	+0,152	-0,117	29,464	+0,457	+0,249
1 3/8" - 12 f	2,1167	34,925	33,551	+0,208	-0,048	-0,208	+0,155	-0,119	32,639	+0,457	+0,249
1 1/2" - 12 f	2,1167	38,100	36,726	+0,211	-0,048	-0,211	+0,160	-0,122	35,814	+0,457	+0,249

Exemple :
Taraudage : 1/2" - 20 f UNF 3B
△ = 11.875 + 0 + 0.107
Ø int = 11.328 + 0 + 0.196

Filetage extérieur : 1" - 12 f UNF 3A
△ = 24.026 – 0 – 0.112

Série UNEF classes 2B – 2A – 3B – 3A. Cotes théoriques et tolérances sur diamètres sur flanc et diamètre intérieur.

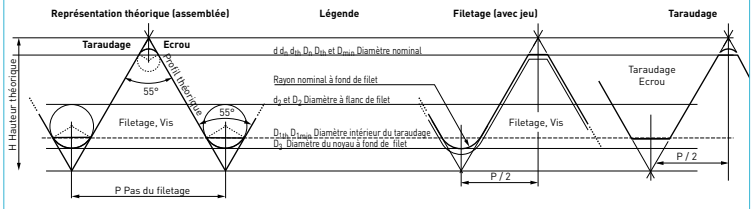
Désignation du filetage	Pas en mm	cotes théoriques		tolérance Ø sur flanc					Ø Alésage écrou		
		Ø nominal	Ø sur flancs	écrou UNEF-2B	vis UNEF-2A		écrou UNEF-3B	vis UNEF -3A	Basic mini 2B-3B	maxi 2B	maxi 3B
				+ tol. 2B	-allowance	-(All +tol.2A)	+tol.3B	-tol.3A			
N° 12 - 32 f	0,7938	5,486	4,971	+0,104	-0,023	-0,102	+0,079	-0,061	4,623	+0,203	+0,191
1/4" - 32 f	0,7938	6,350	5,834	+0,107	-0,025	-0,107	+0,079	-0,061	5,486	+0,203	+0,175
5/16" - 32 f	0,7938	7,938	7,422	+0,107	-0,025	-0,107	+0,079	-0,061	7,087	+0,178	+0,145
3/8" - 32 f	0,7938	9,525	9,009	+0,112	-0,025	-0,112	+0,084	-0,064	8,661	+0,203	+0,150
7/16" - 28 f	0,9071	11,113	10,523	+0,117	-0,028	-0,119	+0,089	-0,069	10,135	+0,203	+0,155
1/2" - 28 f	0,9071	12,700	12,111	+0,122	-0,028	-0,122	+0,091	-0,071	11,709	+0,229	+0,168
9/16" - 24 f	1,0583	14,288	13,599	+0,130	-0,030	-0,130	+0,097	-0,074	13,132	+0,254	+0,188
5/8" - 24 f	1,0583	15,875	15,187	+0,132	-0,030	-0,132	+0,099	-0,076	14,732	+0,254	+0,175
11/19" - 24 f	1,0583	17,463	16,774	+0,132	-0,030	-0,132	+0,099	-0,076	16,307	+0,254	+0,188
3/4" - 20 f	1,2700	19,050	18,225	+0,145	-0,033	-0,145	+0,109	-0,084	17,678	+0,279	+0,196
13/16" - 20 f	1,2700	20,638	19,812	+0,145	-0,033	-0,145	+0,109	-0,084	19,253	+0,305	+0,208
7/8" - 20 f	1,2700	22,225	21,400	+0,145	-0,033	-0,145	+0,109	-0,084	20,853	+0,279	+0,196
15/16" - 20 f	1,2700	23,813	22,987	+0,150	-0,036	-0,150	+0,112	-0,086	22,428	+0,305	+0,208
1" - 20 f	1,2700	25,400	24,575	+0,150	-0,036	-0,150	+0,112	-0,086	24,028	+0,279	+0,196
1 1/16" - 18 f	1,4111	26,988	26,071	+0,157	-0,036	-0,155	+0,117	-0,091	25,451	+0,330	+0,216
1 1/8" - 18 f	1,4111	28,575	27,658	+0,157	-0,036	-0,155	+0,117	-0,091	27,051	+0,330	+0,203
1 3/16" - 18 f	1,4111	30,163	29,246	+0,160	-0,038	-0,163	+0,119	-0,091	28,626	+0,330	+0,216
1 1/4" - 18 f	1,4111	31,750	30,833	+0,160	-0,038	-0,163	+0,119	-0,091	30,226	+0,330	+0,203
1 5/16" - 18 f	1,4111	33,338	32,421	+0,160	-0,038	-0,163	+0,119	-0,091	31,801	+0,330	+0,216
1 3/8" - 18 f	1,4111	34,925	34,008	+0,160	-0,038	-0,163	+0,119	-0,091	33,401	+0,330	+0,203
1 7/16" - 18 f	1,4111	36,513	35,596	+0,165	-0,038	-0,165	+0,122	-0,094	34,976	+0,330	+0,216
1 1/2" - 18 f	1,4111	38,100	37,183	+0,165	-0,038	-0,165	+0,122	-0,094	36,576	+0,305	+0,203
1 9/16" - 18 f	1,4111	39,688	38,771	+0,165	-0,038	-0,165	+0,122	-0,094	38,151	+0,330	+0,216
1 5/8" - 18 f	1,4111	41,275	40,358	+0,165	-0,038	-0,165	+0,122	-0,064	39,751	+0,330	+0,203
1 11/16" - 18 f	1,4111	42,863	41,946	+0,168	-0,038	-0,168	+0,124	-0,097	41,326	+0,330	+0,216

Exemple :
Taraudage : 3/4" - 20 f UNEF 3B
△ = 18.225 + 0 + 0.109
Ø int = 17.678 + 0 + 0.196

Filetage extérieur : 1 1/4" - 18 f UNEF 2A
△ = 30.833 – 0.038 – 0.163

6.3-7

6.4 Filetages anglais BSW BSF



6.4-1

D_n : diamètre nominal (utilisé dans la désignation de la pièce)
P : pas du filetage (en nombre de filets au pouce et converti en mm)
d_{min} : diamètre minimal extérieur du filetage (mesuré sur filets en mm)
d_{max} : diamètre maximal extérieur du filetage (mesuré sur filets en mm)
d_{2max} : diamètre maximal théorique sur flancs de filets (en mm)
d_{3max} : diamètre maximal en fond de filetage (diamètre au noyau)
A_s : surface calculée théorique de la section résistante
Pouce : longueur anglo-saxonne de valeur 25,4 millimètres

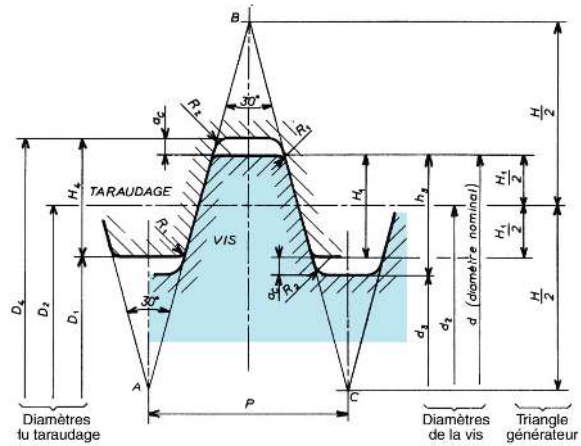
Les filetages anglais ne sont plus normalisés et ont fait l'objet d'un remplacement progressif depuis l'entrée de la Grande Bretagne au sein de la Communauté Européenne. Nous vous présentons ces données uniquement dans le but de faciliter un éventuel diagnostic, sachant qu'il est très difficile de trouver encore ces articles.
Le filetage américain UNC diffère du filetage anglais BSW par l'angle du sommet (60°au lieu de 55°), cependant, dans la majorité des cas, il peut s'y substituer du fait des jeux existants. Toutefois, cette compatibilité n'est vraie que pour toutes les dimensions ayant le même pas, ce qui n'est pas le cas des diamètres 1/2", 2"1/4, 2"3/4 et au-delà (incompatibles signalées en bleu).
Sauf précisions contraires, les dimensions sont exprimées en millimètres.

Informations données à titre documentaire, sans engagement de responsabilité de la société EMILE MAURIN,

6.4-2

Filetage			Filetage anglais gros BSW angle au sommet 55°			Filetage anglais fin BSF angle au sommet 55°		
Diamètre nominal sur filet D_n			Pas P		Diamètre extérieur maximal d_{max}	Pas P		Diamètre extérieur maximal d_{max}
Pouce (fraction)	Pouce	mm	Nombre de filets au pouce	mm		Nombre de filets au pouce	mm	
1/8"	0,125	3,175	40	0,635	3,155	-	-	-
5/32"	0,156	3,969	32	0,794	3,949	-	-	-
3/16"	0,188	4,763	24	1,058	4,743	32	0,794	4,747
7/32"	0,219	5,556	-	-	-	28	0,907	5,538
1/4"	0,250	6,350	20	1,270	6,330	26	0,977	6,322
9/32"	0,281	7,144	-	-	-	26	0,977	7,112
5/16"	0,313	7,938	18	1,411	7,918	22	1,155	7,907
3/8"	0,375	9,525	16	1,588	9,505	20	1,270	9,492
7/16"	0,438	11,113	14	1,814	11,093	18	1,411	11,077
1/2"	0,500	12,700	12	2,117	12,675	16	1,588	12,662
9/16"	0,563	14,288	12	2,117	14,263	16	1,588	14,249
5/8"	0,625	15,875	11	2,309	15,846	14	1,814	15,834
11/16"	0,688	17,463	11	2,309	17,433	14	1,814	17,419
3/4"	0,750	19,050	10	2,540	19,018	12	2,117	19,004
13/16"	0,813	20,638	-	-	-	12	2,117	20,570
7/8"	0,875	22,225	9	2,822	22,190	11	2,309	22,225
1"	1,000	25,400	8	3,175	25,361	10	2,540	25,400
1"1/8	1,125	28,575	7	3,629	28,529	9	2,822	28,482
1"1/4	1,250	31,750	7	3,629	31,704	9	2,822	31,647
1"3/8	1,375	34,925	6	4,233	34,879	8	3,175	34,811
1"1/2	1,500	38,100	6	4,233	38,048	8	3,175	37,976
1"5/8	1,625	41,275	-	-	-	8	3,175	41,141
1"3/4	1,750	44,450	5	5,080	44,389	7	3,629	44,305
2"	2,000	50,800	4,5	5,644	50,732	7	3,629	50,635
2"1/4	2,250	57,150	4	6,350	57,072	6	4,233	56,964
2"1/2	2,500	63,500	4	6,350	63,422	6	4,233	63,293
2"3/4	2,750	69,850	3,5	7,257	69,763	6	4,233	69,623
3"	3,000	76,200	3,5	7,257	76,113	5	5,080	75,952
3"1/4	3,250	82,550	3,25	7,815	82,374	5	5,080	82,281
3"1/2	3,500	88,900	3,25	7,815	88,711	5	5,644	88,611
3"3/4	3,750	95,250	3	8,467	95,047	5	5,644	94,940
4"	4,000	101,600	3	8,467	101,384	5	5,644	101,269

6.5 Filetages trapézoïdaux symétriques (NF 03-615/616/617)



Pas NF E 03-615	P
Diamètre nominal (diam. ext. vis)	d
Hauteur du triangle de définition	H = 1,866 P
Hauteur du filetage en contact	H_1 = 0,5 P
Vis à fond de filet	a_c
Hauteur filetage de la vis	$h_3 = H_1 + a_c$ = 0,5 P + a_c
Hauteur filetage de l'écrou	$H_4 = H_1 + a_c$ = 0,5 P + a_c
Diamètre sur flancs	$D_2 = d_2 = d - \frac{H_1}{2} = d - 0,5\ P$
Diamètre noyau de la vis	$d_3 = d - 2h_3 = d - P - 2a_c$
Diamètre intérieur écrou (sommet taraudage)	$D_1 = d - 2H_1 = d - P$
Diamètre extérieur écrou (fond taraudage)	$D_4 = d + 2a_c$
Rayon au sommet	$R_{1\,max} = 0,5\ a_c$
Rayon de raccordement aux fonds de filets	$R_{2max} = a_c$

6.5-1

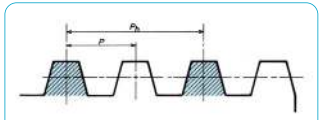
Définition des pas

P_h : pas hélicoïdal (avance axiale par tour)

P : pas du profil

Vis à un seul filet : $P_h = P$

Vis à n filets : $P_h = n \times P$



Profil pour filetages à deux filets

6.5-2

Valeur du vide à fond de filet a_c en fonction de P

6.5-3

P (mm)	1,5	2 à 5	6 à 12	14 à 40
a_c (mm)	0,15	0,25	0,5	1

Valeurs des pas recommandés en fonction du diamètre nominal NF E 03-616

6.5-4

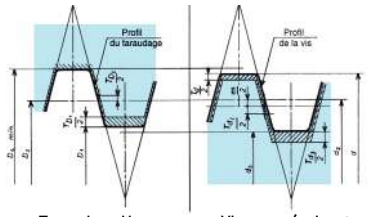
Diamètre nominal (mm)		Pas du profil (mm)													
		1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	32	40
8	9	●													
10	11	●	●												
12	14	●	●												
16	18		●	●											
20	22		●	●	●										
25	28			●	●	●									
32	36				●	●	●								
40	45				●		●	●							
50	56					●		●	●						
63	70					●		●		●					
80	90					●			●		●				
100	110						●			●		●			
125	140						●			●		●			
160	180							●			●		●		
200	220								●			●		●	
250	280									●			●		●
320	-									●			●		●

Notes :

- Le tableau ci-dessus est valable aussi bien pour les vis à un seul filet que pour les vis à plusieurs filets.
- Les filetages à un seul filet du tableau ci-dessus sont en principe irréversibles.

Tolérance des filetages trapézoïdaux symétriques NF E 03-617

- Pour les taraudages, une seule position d'intervalle est prévue : H.
- Pour les filetages, deux positions d'intervalle de tolérance sont prévues : c ou e.



Taraudage H (écart nul) — Vis c ou e (suivant valeur de es)

6.5-5

Classes de tolérance recommandées NF E 03-617 (tableau 6.5-7)

Longueurs en prise : le choix de la classe de tolérance étant fonction de la longueur en prise de l'assemblage fileté, il est prévu deux catégories :

- longueurs dites «normales», symbole N, dont les valeurs sont données dans le tableau 6.5-6 ;
- longueurs dites «longues», symbole L, dont les valeurs sont supérieures aux précédentes.

6.5-7

	Taraudage		Vis	
Longueur en prise	N	L	N	L
Qualité moyenne	7H	8H	7e	8e
Qualité grossière	8H	9H	8c	9c

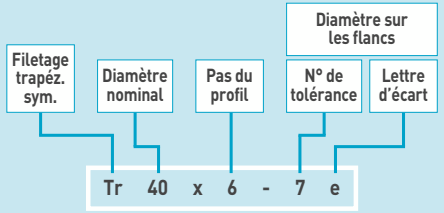
6.5-6

Diamètre nominal d (mm)	**Pas du profil P** (mm)	**Longueur en prise nominale** (mm)
5,6 < d ≤ 11,2	1,5	5 < N ≤ 15
	2	6 < N ≤ 19
11,2 < d ≤ 22,4	1,5	6 < N ≤ 18
	2	8 < N ≤ 24
	3	11 < N ≤ 32
	4	15 < N ≤ 43
22,4 < d ≤ 45	3	12 < N ≤ 36
	4	18 < N ≤ 54
	5	21 < N ≤ 63
	6	25 < N ≤ 75
	8	34 < N ≤ 100
45 < d ≤ 90	5	26 < N ≤ 78
	8	38 < N ≤ 118
	10	50 < N ≤ 140
	12	60 < N ≤ 170
	16	75 < N ≤ 236
90 < d ≤ 180	6	36 < N ≤ 106
	8	45 < N ≤ 132
	12	67 < N ≤ 200
	16	90 < N ≤ 265
	20	112 < N ≤ 335
	24	132 < N ≤ 400
180 < d ≤ 350	10	69 < N ≤ 205
	12	75 < N ≤ 224
	20	137 < N ≤ 410
	24	150 < N ≤ 450
	32	200 < N ≤ 600
	40	273 < N ≤ 820

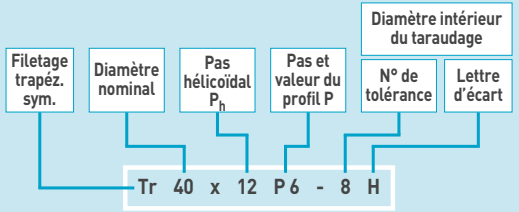
Exemple de désignation d'un filetage trapézoïdal symétrique NF E 03-616

Le symbole Tr désigne les filetages trapézoïdaux symétriques

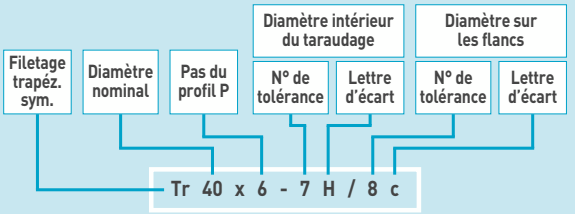
Filetage à un seul filet



Filetage à plusieurs filets



Assemblage fileté trapézoïdal



6.6 Valeur calculée des principaux ajustements

6.6-1 **Ecarts fondamentaux en micromètres** (1µ = + 0,001 mm)

Alésage		H6					H7						H8								H9					H11		
Arbre			f6	g5	h5	k5		e7	g6	h6	m6	p6		e8	f7	h7	s7	u7	x7	z7		c9	d9	e9	h8		c11	d11
Paliers de dimensions nominales en millimètres	≤ 3	+6 0	-6 -12	-2 -6	0 -4	+4 0	+10 0	-14 -24	-2 -8	0 -6	+8 +2	+12 +6	+14 0	-14 -28	-6 -16	0 -10	+24 +14	+28 +18	+30 +20	+36 +26	+25 0	-60 -85	-20 -45	-14 -39	0 -14	+60 0	-60 -120	-20 -80
	> 3 à 6	+8 0	-10 -18	-4 -9	0 -5	+6 +1	+12 0	-20 -32	-4 -12	0 -8	+12 +4	+20 +12	+18 0	-20 -38	-10 -22	0 -12	+31 +19	+35 +23	+40 +28	+47 +35	+30 0	-70 -100	-30 -60	-20 -50	0 -18	+75 0	-70 -145	-30 -105
	> 6 à 10	+9 0	-13 -22	-5 -11	0 -6	+7 +1	+15 0	-25 -40	-5 -14	0 -9	+15 +6	+24 +15	+22 0	-25 -47	-13 -28	0 -15	+38 +23	+43 +28	+49 +34	+57 +42	+36 0	-80 -116	-40 -76	-25 -61	0 -22	+90 0	-80 -170	-40 -130
	> 10 à 14	+11 0	-16 -27	-6 -14	0 -8	+9 +1	+18 0	-32 -50	-6 -17	0 -11	+18 +7	+29 +18	+27 0	-32 -59	-16 -34	0 -18	+46 +28	+51 +33	+58 +40 +63 +45	+68 +50 +78 +60	+43 0	-95 -138	-50 -93	-32 -75	0 -27	+110 0	-95 -205	-50 -160
	> 14 à 18																											
	> 18 à 24	+13 0	-20 -33	-7 -16	0 -9	+11 +2	+21 0	-40 -61	-7 -20	0 -13	+21 +8	+35 +22	+33 0	-40 -73	-20 -41	0 -21	+56 +35	+62 +41 +69 +48	+75 +54 +85 +64	+94 +73 +109 +88	+52 0	-110 -162	-65 -117	-40 -92	0 -33	+130 0	-110 -240	-65 -195
	> 24 à 30																											
	> 30 à 40	+16 0	-25 -41	-9 -20	0 -11	+13 +2	+25 0	-50 -75	-9 -25	0 -16	+25 +9	+42 +26	+39 0	-50 -89	-25 -50	0 -25	+68 +43	+85 +60 +95 +70	+105 +80 +122 +97	+137 +112 +161 +136	+62 0	-120 -182 -130 -192	-80 -142	-50 -112	0 -39	+160 0	-120 -280 -130 -290	-80 -240
	> 40 à 50																											
	> 50 à 65	+19 0	-30 -49	-10 -23	0 -13	+15 +2	+30 0	-60 -90	-10 -29	0 -19	+30 +11	+51 +32	+46 0	-60 -106	-30 -60	0 -30	+83 +53 +89 +59	+117 +87 +132 +102	+152 +122 +176 +146	+202 +172 +240 +210	+74 0	-140 -214 -150 -224	-100 -174	-60 -134	0 -46	+190 0	-140 -330 -150 -340	-100 -290
	> 65 à 80																											
	> 80 à 100	+22 0	-36 -58	-12 -27	0 -15	+18 +3	+35 0	-72 -107	-12 -34	0 -22	+35 +13	+59 +37	+54 0	-72 -126	-36 -71	0 -35	+106 +71 +114 +79	+159 +124 +179 +144	+213 +178 +245 +210	+293 +258 +345 +310	+87 0	-170 -257 -180 -267	-120 -207	-72 -159	0 -54	+220 0	-170 -390 -180 -400	-120 -340
	> 100 à 120																											
	> 120 à 140	+25 0	-43 -68	-14 -32	0 -18	+21 +3	+40 0	-85 -125	-14 -39	0 -25	+40 +15	+68 +43	+63 0	-85 -148	-43 -83	0 -40	+132 +92 +140 +100	+210 +170 +230 +190	+288 +248 +320 +280	+405 +365 +455 +415	+100 0	-200 -300 -210 -310	-145 -245	-85 -185	0 -63	+250 0	-200 -450 -210 -480	-145 -395
	> 140 à 160																											
	> 160 à 180								-15 -44							+148 +108	+250 +210	+350 +310	+505 +465		-230 -330					-230 -480		
	> 180 à 200	+29 0	-50 -79	-15 -35	0 -20	+24 +4	+46 0	-100 -146	-15 -44	0 -29	+46 +17	+79 +50	+72 0	-100 -172	-50 -96	0 -46	+168 +122 +176 +130	+282 +236 +304 +258	+396 +350 +431 +385	+566 +520 +621 +575	+115 0	-240 -355 -260 -375	-170 -285	-100 -215	0 -72	+290 0	-240 -530 -260 -550	-170 -460
	> 200 à 225																											
	> 225 à 250															+186 +140	+330 +284	+471 +425	+686 +640		-280 -395					-280 -570		
	> 250 à 280	+32 0	-56 -88	-17 -40	0 -23	+27 +4	+52 0	-110 -162	-17 -49	0 -32	+52 +20	+88 +56	+81 0	-110 -191	-56 -108	0 -52	+210 +158 +222 +170	+367 +315 +402 +350	+527 +475 +577 +525	+762 +710 +842 +790	+130 0	-300 -430 -330 -460	-190 -320	-110 -240	0 -81	+320 0	-300 -620 -330 -650	-190 -510
	> 280 à 315																											
	> 315 à 355	+36 0	-62 -98	-18 -43	0 -25	+29 +4	+57 0	-125 -182	-18 -54	0 -36	+57 +21	+98 +62	+89 0	-125 -214	-62 -119	0 -57	+247 +190 +265 +208	+447 +390 +492 +435	+647 +590 +717 +660	+957 +900 +1057 +1000	+140 0	-360 -500 -400 -540	-210 -350	-125 -265	0 -89	+360 0	-360 -720 -400 -760	-210 -570
	> 355 à 400																											
	> 400 à 450	+40 0	-68 -108	-20 -47	0 -27	+32 +5	+63 0	-135 -198	-20 -60	0 -40	+63 +23	+108 +68	+97 0	-135 -232	-68 -131	0 -63	+295 +232 +315 +252	+553 +490 +603 +540	+803 +740 +883 +820	+1163 +1100 +1313 +1250	+155 0	-440 -595 -480 -635	-230 -385	-135 -290	0 -97	+400 0	-440 -840 -480 -880	-230 -630
	> 450 à 500																											

6.7 Ecarts fondamentaux taraudage / filetage

6.7-1 Filetage à pas gros

Diamètre nominal	Pas P	Taraudage 6H					Vis 6g					Longueur en prise	
		Diamètre D	Diamètre sur flancs de filet D_2		Diamètre intérieur D_1		Diamètre extérieur d	Diamètre sur flancs de filet d_2		Diamètre d_1		plus de	à
		min.	min.	max.	min.	max.	max.	min.	max.	min.	max.		
1	0,25	1	0,838	0,894*	0,729	0,785*	0,982	0,915	0,820	0,767	0,711	0,6	1,7
1,1	0,25	1,1	0,938	0,994*	0,829	0,885*	1,082	1,015	0,920	0,867	0,811	0,6	1,7
1,2	0,25	1,2	1,038	1,094*	0,929	0,985*	1,182	1,115	1,020	0,967	0,911	0,6	1,7
1,4	0,3	1,4	1,205	1,280	1,075	1,160	1,382	1,307	1,187	1,131	1,057	0,7	2
1,6	0,35	1,6	1,373	1,458	1,221	1,321	1,581	1,496	1,354	1,291	1,202	0,8	2,6
1,8	0,35	1,8	1,573	1,658	1,421	1,521	1,781	1,696	1,554	1,491	1,402	0,8	2,6
2	0,4	2	1,740	1,830	1,567	1,679	1,981	1,886	1,721	1,654	1,548	1	3
2,2	0,45	2,2	1,908	2,003	1,713	1,838	2,180	2,080	1,888	1,817	1,693	1,2	3,7
2,5	0,45	2,5	2,209	2,303	2,013	2,138	2,480	2,380	2,188	2,117	1,993	1,2	3,7
3	0,5	3	2,675	2,775	2,459	2,599	2,980	2,874	2,655	2,580	2,439	1,5	4,5
(3,5)	0,6	3,5	3,110	3,222	2,850	3,010	3,479	3,354	3,089	3,004	2,829	1,7	5
4	0,7	4	3,545	3,663	3,242	3,422	3,978	3,838	3,523	3,433	3,220	2	6
(4,5)	0,75	4,5	4,013	4,131	3,688	3,878	4,478	4,338	3,991	3,901	3,666	2,2	6,7
5	0,8	5	4,480	4,605	4,134	4,334	4,976	4,826	4,456	4,361	4,110	2,5	7,5
6	1	6	5,350	5,500	4,917	5,153	5,974	5,794	5,324	5,212	4,891	3	9
(7)	1	7	6,350	6,500	5,917	6,153	6,974	6,794	6,324	6,212	5,891	3	9
8	1,25	8	7,188	7,348	6,647	6,912	7,972	7,760	7,160	7,042	6,619	4	12
(9)	1,25	9	8,188	8,348	7,647	7,912	8,972	8,760	8,160	8,042	7,619	4	12
10	1,5	10	9,026	9,206	8,376	8,676	9,968	9,732	8,994	8,862	8,344	5	15
12	1,75	12	10,863	11,063	10,106	10,441	11,966	11,701	10,829	10,679	10,072	6	18
14	2	14	12,701	12,913	11,835	12,210	13,962	13,682	12,663	12,503	11,797	8	24
16	2	16	14,701	14,913	13,835	14,210	15,962	15,682	14,663	14,503	13,797	8	24

Diamètre nominal	Pas P	Taraudage 6H					Vis 6g					Longueur en prise	
		Diamètre D	Diamètre sur flancs de filet D_2		Diamètre intérieur D_1		Diamètre extérieur d	Diamètre sur flancs de filet d_2		Diamètre d_1		plus de	à
		min.	min.	max.	min.	max.	max.	min.	max.	min.	max.		
18	2,5	18	16,376	16,600	15,294	15,744	17,958	17,623	16,334	16,164	15,252	10	30
20	2,5	20	18,376	18,600	17,294	17,744	19,958	19,623	18,334	18,164	17,252	10	30
22	2,5	22	20,376	20,600	19,294	19,744	21,958	21,623	20,334	20,164	19,252	10	30
24	3	24	22,051	22,316	20,752	21,252	23,952	23,577	22,003	21,803	20,704	12	36
27	3	27	25,051	25,316	23,752	24,252	26,952	26,577	25,003	24,803	23,704	12	36
30	3,5	30	27,727	28,007	26,211	26,771	29,947	29,522	27,674	27,462	26,158	15	45
33	3,5	33	30,727	31,007	29,211	29,771	32,947	32,522	30,674	30,462	29,158	15	45
36	4	36	33,402	33,702	31,670	32,270	35,940	35,465	33,342	33,118	31,610	18	53
39	4	39	36,402	36,702	34,670	35,270	38,940	38,465	36,342	36,118	34,610	18	53
42	4,5	42	39,077	39,392	37,129	37,799	41,937	41,437	39,014	38,778	37,066	21	63
45	4,5	45	42,077	42,392	40,129	40,799	44,937	44,437	42,014	41,778	40,066	21	63
48	5	48	44,752	45,087	42,587	43,297	47,929	47,399	44,681	44,431	42,516	24	71
52	5	52	46,752	49,087	46,587	47,297	51,929	51,399	48,681	48,431	46,516	24	71
56	5,5	56	52,428	52,783	50,046	50,796	55,925	55,365	52,353	52,088	49,971	28	85
60	5,5	60	56,428	56,783	54,046	54,796	59,925	59,365	56,353	56,088	53,971	28	85
64	6	64	60,103	60,478	57,505	58,305	63,920	63,320	60,023	59,743	57,425	32	95
68	6	68	64,103	64,478	61,505	62,305	67,920	67,320	64,023	63,743	61,425	32	95
72	6	72	68,103	68,478	65,505	66,305	71,920	71,320	68,023	67,743	65,425	32	95
76	6	76	72,103	72,478	69,505	70,305	75,920	75,320	72,023	71,743	69,425	32	95
80	6	80	76,103	76,478	73,505	74,305	79,920	79,320	76,023	75,743	73,425	32	95
85	6	85	81,103	81,478	78,505	79,305	84,920	84,320	81,023	80,743	78,425	32	95
90	6	90	86,103	86,478	83,505	84,305	89,920	89,320	86,023	85,743	83,425	32	95

Note. Employer de préférence les diamètres en caractères gras.
Eviter autant que possible les diamètres entre parenthèses.

6.7-2 **Filetage à pas fin**

Diamètre nominal	Pas P	Taraudage 6H					Vis 6g					Longueur en prise	
		Diamètre D	Diamètre sur flancs de filet D_2		Diamètre intérieur D_1		Diamètre extérieur d		Diamètre sur flancs de filet d_2		Diamètre d_1	plus de	à
		min.	min.	max.	min.	max.	max.	min.	max.	min.	max.		
8	1	8	7,350	7,500	6,917	7,153	7,974	7,794	7,324	7,212	6,891	3	9
(9)	1	9	8,350	8,500	7,917	8,153	8,974	8,794	8,324	8,212	7,891	3	9
10	1,25	10	9,188	9,348	8,647	8,912	9,972	9,760	9,160	9,042	8,619	4	12
12	1,25	12	11,188	11,368	10,647	10,912	11,972	11,760	11,160	11,028	10,619	4,5	13
	(1,5)	12	11,026	11,216	10,376	10,676	11,968	11,732	10,994	10,854	10,344	5,6	16
14	1,5	14	13,026	13,216	12,376	12,676	13,968	13,732	12,994	12,854	12,344	5,6	16
16	1,5	16	15,026	15,216	14,376	14,676	15,968	15,732	14,994	14,854	14,344	5,6	16
18	1,5	18	17,026	17,216	16,376	16,676	17,968	17,732	16,994	16,854	16,344	5,6	16
20	1,5	20	19,026	19,216	18,376	18,676	19,968	19,732	18,994	18,854	18,344	5,6	16
22	1,5	22	21,026	21,216	20,376	20,676	21,968	21,732	20,994	20,854	20,344	5,6	16
24	2	24	22,701	22,925	21,835	22,210	23,962	23,682	22,663	22,493	21,797	8,5	25
27	2	27	25,701	25,925	24,835	25,210	26,962	26,682	25,663	25,493	24,797	8,5	25
30	2	30	28,701	28,925	27,835	28,210	29,962	29,682	28,663	28,493	27,797	8,5	25
33	2	33	31,701	31,925	30,835	31,210	32,962	32,682	31,663	31,493	30,797	8,5	25
36	3	36	34,051	34,316	32,752	33,252	35,952	35,577	34,003	33,803	32,704	12	36
39	3	39	37,051	37,316	35,752	36,252	38,952	38,577	37,003	36,803	35,704	12	36

Note. Employer de préférence les diamètres en caractères gras.
Eviter autant que possible les diamètres entre parenthèses.

Bibliothèque de composants normalisés

“ **LA SOLUTION** POUR RÉPONDRE AUX BESOINS DE TOUS LES SERVICES DE VOTRE ENTREPRISE, BUREAUX D’ÉTUDES, ACHATS, MÉTHODE ET PRODUCTION ”

210 000 composants en 3D

100% compatible sur tous les logiciels de CAO

STEP - DXF - DXG - IGES - SAT - DWF -
Autocad - Iinventor - CATIA - Pro/ E ngineer - Solidedge - Solidworks - 3D Studio Max -
Creo parametric - Google Sketchup - Microstation - Allplan 2008 - Aveva PDMS -
BeckerCAD - Caddy++ SAT - Cadkey - CoCreate Modeling - COLLADA -
Creo Elements/Pro - Mechanical Desktop - Medusa - MegaCAD - Metale 2D -
MI V8 - One Space Modeling - Parasolid Binary V15 - STL - SVG - Think3 - Tribon -
VisiCad - Viskon - VRML - VX (Varimetrix) - BMP - TIFF - JPEG - PDF 3D -
Tekla - Autodesk Revit

Paramétrage des produits

Diamètre - longueur - ouverture (angle) - position - nombre de chariot(s) - usinage...

Mise à jour en temps réel des données

Téléchargez nos composants sur notre site internet

fixation.emile-maurin.fr
et sur les portails de nos partenaires **Cadenas®** et **TracePart®**

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.5 Notions élémentaires sur les revêtements de surface

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

24 Vocabulaire du métier de la fixation

27 Environnement et législation

7

Lutte contre la corrosion

7.0 Les processus de corrosion

Définitions

- La quasi-totalité des métaux n'existe pas à l'état pur dans la nature mais sous forme d'oxyde, sulfures, carbonates... il est donc logique, que dans les environnements agressifs, ils tendent à donner à nouveau des oxydes, des sulfures et autres composés chimiques.
- La corrosion est une attaque destructive plus ou moins rapide du matériau sous l'action physique chimique ou électrochimique des milieux qui l'environnent. Les métaux et alliages sont particulièrement exposés en surface, principalement, mais aussi dans la masse par cavitation ou par corrosion intergranulaire.
- Pour les alliages ferreux, il ne faut pas confondre «rouille» qui est un oxyde hydraté se formant à froid et calamine formée à haute température (forge).

Trois types de corrosion

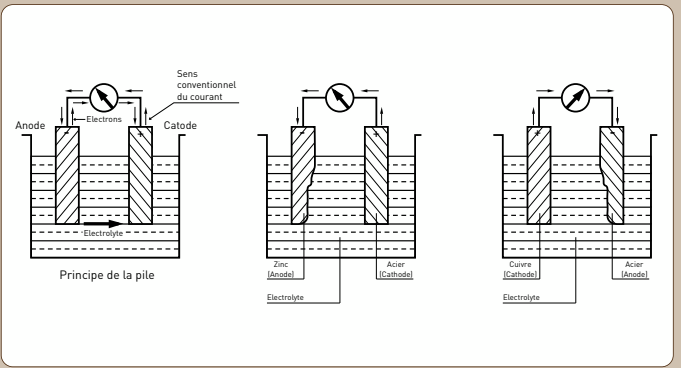
- **Chimique :** réaction hétérogène entre un métal et une phase gazeuse ou liquide non électrolyte.
- **Biochimique ou bactérienne :** les bactéries absorbent et transforment les sels et minéraux, provoquant l'apparition de produits agressifs (acides).
- **Electrochimique :** de loin la plus fréquente, la plus dangereuse pour les métaux.
  Elle nécessite la présence d'un électrolyte et d'un milieu hétérogène entraînant une formation de **«piles»**. Un courant électrique circule entre les zones cathodes et les zones anodes qui sont attaquées.
  Ces piles sont microscopiques. L'eau sous ses différentes formes sera l'électrolyte, la présence de sels dissous (NaCl) augmente les risques de corrosion par une plus grande différence de potentiel électrochimique.
  Chaque métal ou constituant d'une structure possède une valeur de potentiel différente par rapport à la solution. La résultante des potentiels d'électrodes respectifs au cours du phénomène de pile (donc de corrosion) va tendre vers un équilibre représentant la force électromotrice de la pile.
  Chaque métal possède un potentiel d'équilibre qui lui est propre.
  Les métaux qui possèdent des potentiels négatifs se corrodent facilement, inversement ils résistent à la corrosion (métaux nobles).
  Entre deux métaux associés, le métal le plus électropositif par rapport à l'autre constitue le pôle positif de la pile. Les potentiels sont aussi variables selon le milieu ambiant, l'attaque n'est sensible que pour une différence de potentiel (ddp) supérieure à 300 mV.

Modes de destruction par corrosion

La corrosion se traduit par :
- une diminution de poids,
- une altération de la surface attaquée,
- un affaiblissement des propriétés mécaniques.

Suivant la forme géométrique et le type de destruction, on distingue quatre principaux schémas de corrosion.

- **La corrosion uniforme** ou généralisée, avec une vitesse de dégradation uniforme, en tous les points du métal exposé qui se dissout régulièrement. La résistance mécanique décroît avec l'épaisseur et la perte de poids. Les caractéristiques mécaniques rapportées à l'unité ne varient pas.
- **La corrosion localisée** ou corrosion par piqûres ou par sillons, avec formation de trous profonds et de petits diamètres (piqûres) là où existent des impuretés, des hétérogénéités chimiques, des entailles, des rugosités en surface.
  Cette corrosion affecte surtout la capacité de déformation de l'alliage.
- **La corrosion intergranulaire** ou corrosion intercristalline. A l'inverse des précédentes, cette corrosion se propage en profondeur le long des joints de grains ou de cristaux. Ses effets sont particulièrement graves, car peu visibles de l'extérieur. Le métal peut se rompre sous une faible charge, il devient fragile. On n'observe pas de perte de poids.



7.0-1 **Principe de la pile**

- **La corrosion galvanique ou bimétallique** qui fait intervenir deux métaux électrochimiquement très différents dans un milieu conducteur. Quand la différence de potentiel est importante entre les métaux ou constituants voisins, le métal le moins résistant devient anodique, il est attaqué. L'autre, cathodique, est protégé. C'est une corrosion localisée (exemple : l'acier galvanisé attaqué par le cuivre dans les circuits de chauffage central).

Il existe d'autre formes de corrosions, citons :
- la corrosion caverneuse,
- la corrosion à la ligne d'eau (aération différentielle),
- la corrosion par érosion,
- la corrosion transgranulaire.

La corrosion, importance économique
Cet aspect est loin d'être négligeable : les coûts directs globaux dûs à la corrosion (protection et remplacement) sont estimés à 3,5% du produit national brut dans les pays occidentaux.

Trois facteurs de corrosion

Les facteurs de corrosion sont très nombreux et de natures très diverses :

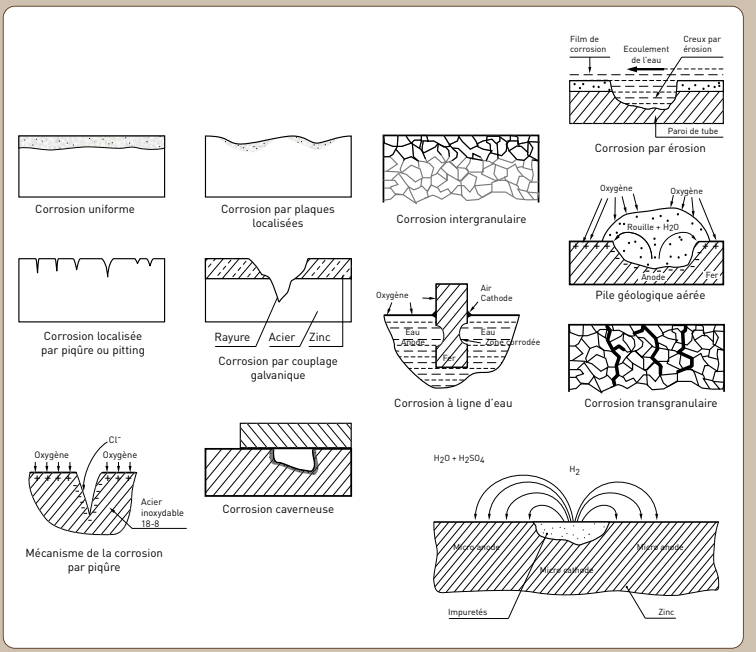
Facteurs liés au milieu :
- nature du milieu, composition chimique, impuretés,
- PH, température, pression, mouvement, viscosité,
- résistivité, éclairage, présence de micro-organismes.

Facteurs liés à la pièce, au matériau :
- analyse chimique, degré de pureté, structure cristalline,
- nature et morphologie des constituants,
- contraintes mécaniques, tensions internes,
- résistivité, état de surface (microgéométrie),
- tracé, formes, mode d'obtention (assemblage),
- présence de gaz inclus dans l'alliage.

Facteurs liés aux conditions d'emploi :
- contraintes mécaniques appliquées (fatigue, corrosion),
- orientation de la pièce par rapport aux courants liquides,
- mouvement de la pièce dans le milieu,
- voisinage d'autres pièces, leur nature métallique,
- potentiel de la pièce par rapport au milieu, aux autres pièces,
- rapport des volumes, pièce/milieu, température.

Métal	Réaction d'équilibre	Potentiel en volts
Or	$Au = Au^{+++} + 3e^-$	+ 1,42
Platine	$Pt = Pt^{+++} + 2e^-$	+ 1,20
Argent	$Ag = Ag^+ + e^-$	+ 0,80
Cuivre	$Cu = Cu^{++} + 2e^-$	+ 0,34
Hydrogène	$H = 2H^+ + 2e^-$	0,00 par convention
Plomb	$Pb = Pb^{++} + 2e^-$	- 0,13
Fer	$Fe = Fe^{++} + 2e^-$	- 0,44
Zinc	$Zn = Zn^{++} + 2e^-$	- 0,76
Aluminium	$Al = Al^{++} + 3e^-$	- 1,67
Magnésium	$Mg = Mg^{++} + 2e^-$	- 2,34

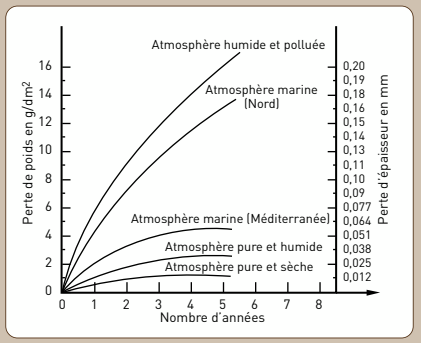
7.0-2 **Potentiels d'équilibre de quelques métaux**



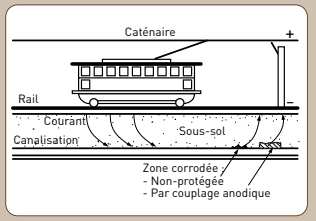
7.0-3 **Modes de dégradation des métaux et alliages**

Milieux corrosifs courants

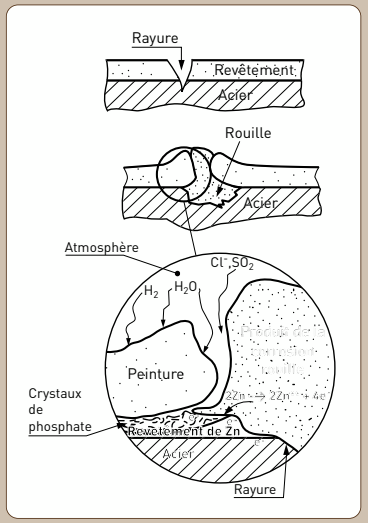
- Corrosion atmosphérique
  Facteurs climatologiques : température, ensoleillement, vents, précipitations, humidité relative.
  Facteurs d'agressivité : pollution, gaz sulfureux (SO_2), gaz carbonique (CO_2), chlorures (bord de mer).
- Corrosion par l'eau
  L'eau de mer et l'eau douce sont chargées en sels solubles actifs dans les piles de corrosion sur métaux.
  L'eau de pluie et l'eau de condensation sont très peu chargées et leur conductivité électrique est faible (sauf les pluies acides).
  Le mouvement des pièces et de l'eau accentue la détérioration par corrosion-érosion par abrasion (hélices) : il y a renouvellement d'oxygène.
  Dans les circuits, le couplage acier avec cuivre, bronze, acier inoxydable entraîne des corrosions rapides.
- Corrosions par les sols
  Le sol humide est un électrolyte. La nature du sol, acide ou alcalin, sa perméabilité à l'air, la présence de bactéries, influencent la vitesse de corrosion des métaux et alliages enterrés. Les sols acides ou très perméables sont agressifs. Les courants électriques vagabonds (courants de fuite) circulent dans les circuits de moindre résistance (canalisations) et entraînent des risques supplémentaires de corrosion.



7.0-4 **Evolution de la corrosion en fonction des milieux**



7.0-5 **Courants de fuite dans le sol**



7.0-6 **Schéma d'une corrosion initiée par une rayure sur une carrosserie automobile**

7.1 Corrosion galvanique

Définition

Risque de corrosion du fait du couple électrochimique entre les matériaux et/ou les revêtements en contact lors d'un assemblage hétérogène.

Des métaux différents, juxtaposés et mis dans un milieu donné même légèrement conducteur (une ambiance non sèche par exemple), ont tendance à créer un courant électrique proportionnel à leur différence de potentiel. Ce couplage (effet de pile) se traduit par la destruction plus ou moins rapide de l'élément ayant le plus petit potentiel (anode).

Moyen de prévention

On peut préventivement vérifier les risques de corrosion électrochimique d'un assemblage hétérogène en choisissant des couples de matériaux métalliques dont les potentiels électrochimiques sont les plus proches possibles : le tableau 7.1-1 propose ce choix parmi les principaux matériaux utilisés en mécanique générale.
Certains métaux (aluminium, cuivre, plomb), certains alliages (acier inoxydable, cupronickel) ou certains revêtements (cadmiage, chromage, nickelage, zingage) mettent en œuvre des composants ayant des aptitudes électrochimiques élevées, au point d'être utilisés pour la réalisation de piles et accumulateurs, et peuvent poser de réels problèmes lors d'associations hasardeuses.

Mode d'emploi du tableau

1. Reporter les deux matériaux choisis, l'un en abscisse, l'autre en ordonné, de manière à croiser les indications (si le croisement ne se réalise pas dans la zone chiffrée, inverser les entrées).
2. En cas de revêtement de surface, utiliser le même procédé en choisissant le métal du revêtement et non celui du support qui est protégé tant que la couche superficielle existe et empêche toute pénétration. Par exemple, pour vis acier zingué, prendre zinc.
3. En cas de croisement en dessous du trait en pointillé (valeurs supérieures à 300), le métal en ordonnée est attaqué, et cela d'une manière d'autant plus rapide et forte que le chiffre (ddp) est élevé.
4. La rapidité du démarrage et la vitesse de destruction par corrosion sont proportionnelles à la différence de potentiel (ddp) entre les matériaux mis en œuvre.
5. L'effet galvanique est influencé par le rapport de surface des deux éléments. Si la surface du métal considéré (anode) est la plus petite, sa vitesse de corrosion croît. Dans le cas inverse, elle diminue.
6. Le métal couplé (en abscisse) ne subit pas de corrosion galvanique et bénéficie au contraire, d'un effet de protection proportionnel lui aussi à la différence de potentiel.

En conséquence, pour éviter cette corrosion, la différence de potentiel doit être la plus faible possible (elle est idéalement nulle en cas de montage homogène). A défaut l'élément de fixation devra être réalisé dans le matériau le plus noble (cathode), et les pièces à assembler dans le matériau le moins noble (anode), et/ou si possible la surface du métal considéré la plus grande vis-à-vis du métal couplé. En cas d'impossibilité d'obtenir une différence de potentiel en dessous de 300, l'emploi d'un isolant (bakélite, caoutchouc, néoprène, nylon, PVC, téflon®...) peut être une solution alternative intéressante.

7.1-1 Principaux matériaux utilisés en mécanique générale

Métal considéré : anode

Métal couplé : cathode

Métal considéré : anode	Platine	Or	Acier inox A2	Argent	Nickel	Cuivre	Alliage cuivre-aluminium	Alliage cuivre-zinc (laiton)	Alliage cuivre-étain (bronze)	Etain	Plomb	Alliage fer-nickel à 25% de nickel	Alliage aluminium-cuivre	Fonte	Acier au carbone	Alliage léger de décolletage	Alliage léger de fonderie	Aluminium	Acier au carbone pour traitement thermique	Alliage aluminium-magnésium (Al-Mg)	Cadmium	Fer pur	Alliage aluminium-magnésium-(Al-Mg)	Chrome	Alliage aluminium-zinc-magnésium (Al-Zn-Mg)	Alliage étain-zinc (75%Sn-25%Zn ou métal blanc)	Zinc	Magnésium
Platine	0																										
Or	130	0																									
Acier inoxydable austénitique A2 (AISI 304, ou 18-8)	250	120	0																								
Argent	350	220	100	0																							
Nickel	430	300	180	80	0																						
Cuivre	570	440	320	220	140	0																					
Alliage cuivre-aluminium (cupro-aluminium)	600	470	350	250	170	30	0																				
Alliage cuivre-zinc (Cu-Zn ou laiton)	650	520	400	300	220	80	50	0																			
Alliage cuivre-étain (Cu-Sn ou bronze)	770	640	520	420	340	200	170	120	0																		
Etain	800	670	550	450	370	230	200	150	30	0																	
Plomb	840	710	590	490	410	270	240	190	70	40	0																
Alliage fer-nickel à 25% de nickel	930	800	680	580	500	360	330	280	160	130	90	0															
Alliage aluminium-cuivre	940	810	690	590	510	370	340	290	170	140	100	10	0														
Fonte	950	820	700	600	520	380	350	300	180	150	110	20	10	0													
Acier au carbone	1000	870	750	650	570	430	400	350	230	200	160	70	60	50	0												
Alliage léger de décolletage	1000	870	750	650	570	430	400	350	230	200	160	70	60	50	0	0											
Alliage léger de fonderie	1065	935	815	715	635	495	465	415	295	265	225	135	125	115	65	65	0										
Aluminium	1090	960	840	740	660	520	490	440	320	290	250	160	150	140	90	90	25	0									
Acier au carbone pour traitement thermique	1095	965	845	745	665	525	495	445	325	295	255	165	155	145	95	95	30	5	0								
Alliage aluminium-magnésium (Al-Mg)	1100	970	850	750	670	530	500	450	330	300	260	170	160	150	100	100	35	10	5	0							
Cadmium	1100	970	850	750	670	530	500	450	330	300	260	170	160	150	100	100	35	10	5	0	0						
Fer pur	1105	975	855	755	675	535	505	455	335	305	265	175	165	155	105	105	40	15	10	5	5	0					
Alliage aluminium-magnésium-silicium (Al-Mg-Si)	1105	975	855	755	675	535	505	455	335	305	265	175	165	155	105	105	40	15	10	5	5	0	0				
Chrome [1]	1200	1070	950	850	770	630	600	550	430	400	360	270	260	250	200	200	135	110	105	100	100	95	95	0			
Alliage aluminium-zinc-magnésium (Al-Zn-Mg)	1225	1095	975	875	795	655	625	575	455	425	385	295	285	275	225	225	160	135	130	125	125	120	120	25	0		
Alliage étain-zinc (75% Sn - 25% Zn ou métal blanc)	1360	1230	1110	1010	930	790	760	710	590	560	520	430	420	410	360	360	295	270	265	260	260	255	255	160	135	0	
Zinc	1400	1270	1150	1050	970	830	800	750	630	600	560	470	460	450	400	400	335	310	305	300	300	295	295	200	175	40	0
Magnésium	1950	1820	1700	1600	1520	1380	1350	1300	1180	1150	1110	1020	1010	1000	950	950	885	860	855	850	850	845	845	750	725	590	550	0

Les différences de potentiel (ddp) sont établies dans une solution aqueuse à 2% de chlorure de sodium et exprimées en millivolts, suivant la norme française NFE-25-032. Ce document ne traite pas des autres types de corrosion qui peuvent bien évidemment se superposer et attaquer les deux matériaux, y compris le métal couplé (cathode).

En dessous du trait pointillé, le métal en ordonnée est attaqué.

Notes

- Le métal couplé ne subit pas de corrosion galvanique et bénéficie, au contraire, d'un effet de protection galvanique (faible si la différence de potentiel est petite, importante si la différence de potentiel est grande).
- L'effet galvanique est influencé par le rapport de surface des deux métaux :
  - si la surface du métal considéré est la plus petite, sa corrosion augmente,
  - si la surface du métal considéré est la plus grande, sa corrosion diminue.

  Cet effet est d'autant plus accentué que la différence entre les deux surfaces est plus importante.

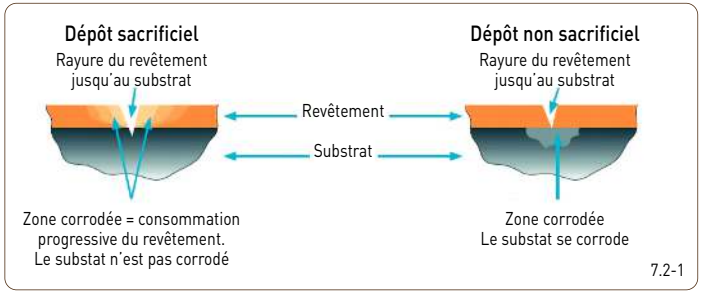
1. En milieu comme l'eau de mer ou les solutions salines, le chrome se dépassive plus ou moins dans le temps et son potentiel de dissolution diminue (pour atteindre 250 mV seulement par rapport au platine), ce qui tend à réduire l'effet de corrosion sur les métaux qui lui sont couplés.

7.2 Méthodes de lutte contre la corrosion

Généralités

Il n'existe pas de solution universelle de par la complexité du problème, il n'existe aucun métal inaltérable. Pour chaque milieu, il existe un alliage moins exposé. Quatre types de solutions peuvent être retenus, avec différents principes de mise en œuvre :

- **Protection par effet barrière** : non métalliques ou métalliques. Cette barrière empêche les agressions du support par les éléments extérieurs (exemple : la peinture sur l'acier),
- **Protection par revêtement sacrificiel** : on choisit un métal moins noble qui se sacrifie en corrosion pour protéger la fixation (exemple le zinc sur l'acier),
- **Autoprotection par passivité du métal** (exemple : oxyde de chrome sur les aciers inox),
- **Protection cathodique ou électrochimique**.



Ces solutions sont classées ci-après par nature de revêtement.

Protection par revêtements non métalliques

Peinture, laque, vernis

Solution relativement simple qui permet une décoration de la pièce à protéger. C'est une faible protection car une détérioration locale du revêtement accélère la progression de la corrosion (aération différentielle).

Applications : automobile, électroménager, cycles... Esthétique, décoration.

Oxydation chimique

Méthode essentiellement appliquée à l'aluminium et ses alliages. L'épaisseur du film d'oxyde qui se forme naturellement à la surface ne dépasse pas 1/10e de micron. C'est une protection insuffisante contre une attaque chimique ou l'abrasion. Le traitement d'oxydation permet de former à la surface du métal, par électrolyse, une pellicule d'alumine épaisse, dure et protectrice.

Applications : pièces exposées en atmosphère extérieure.

Phosphatation

Méthode consistant à réaliser une sous-couche permettant une meilleure adhésion des peintures à la surface d'une pièce à protéger. La pièce est plongée dans une solution de phosphate de manganèse, de zinc ou de sodium, portée à une température de 80°C à 100°C. L'immersion dure de quelques minutes à une heure. Il y a formation de cristaux de phosphates de fer insolubles à la surface du métal qui permettront ensuite une meilleure adhésion mécanique de la peinture ou une protection naturelle.

Applications : métaux ferreux, aciers, fontes. Epaisseur du revêtement : 10 à 20 µm. Bonne résistance au frottement. Déformation à froid des aciers et alliages d'aluminium.

Protection par revêtements métalliques

Immersion

Les pièces à protéger sont plongées dans un bain de métal en fusion. Les revêtements possibles sont surtout des métaux à bas point de fusion :

- étain : étamage,
- zinc : zingage, galvanisation.

Applications : protection contre la corrosion atmosphérique. Pièces de machines à laver, corps de vannes, bacs...

Thermo-diffusion

Les pièces à protéger sont soumises à un traitement thermique au contact d'un élément chimique. Celui-ci diffuse depuis la surface. La pièce est recouverte de métal pur en surface avec une sous-couche d'alliage par en dessous :

- shérardisation : cémentation à 350°C de sable et de gris de zinc,
- chromisation : cémentation au fluorure de chrome à 1050°C,
- calorisation : cémentation Al + $Al_2 O_3$ à 850°C.

Applications : pièces mécaniques. Esthétique, décoration.

Métallisation

Le métal protecteur (Zn, Al) est fondu à l'aide d'un pistolet métalliseur à gaz. Un jet d'air comprimé pulvérise le métal fondu. Les gouttelettes sont ainsi projetées sur la pièce avec une grande vitesse (100 m/s environ), permettant leur soudure en donnant un dépôt très adhérent.

Applications : canalisations souterraines en fonte ou acier, automobile. Très bonne protection.

Placage

Méthode s'effectuant sur les tôles au cours d'un laminage à chaud. La pression et la diffusion thermique assurent la liaison entre le métal à protéger et le métal protecteur. Le cuivre, le nickel, le laiton sont utilisés comme métaux protecteurs sur les métaux ferreux ainsi que l'acier inoxydable.

Applications : construction mécanique, chaudronnerie, cuves.

Electrolyse

On fait passer un courant électrique dans un bain électrolytique par l'intermédiaire d'une cathode constituée de la pièce à protéger (pôle –) et l'anode (pôle +) du métal à déposer. Le métal d'apport se dissout dans l'électrolyte et vient se déposer sur la cathode. Principaux métaux d'apport utilisés : cuivre, nickel, chrome, zinc, étain. Plusieurs étapes peuvent se succéder : par exemple, le chromage d'une pièce en acier nécessite un cuivrage suivi d'un nickelage.

Applications :

- dépôts épais : dépôts pour gravure électronique, vilebrequins, matrices, moules...
- dépôts minces : décoration, sous-couche avant dépôt final, pistons et segments Industrie électrique.

Métaux et alliages résistant à la corrosion

Autoprotection par la nature de la structure (cubique à faces centrées) **ou par passivation naturelle selon les éléments associés.** Ce sont souvent des métaux à phase unique qui sont utilisés, soit des métaux purs, soit des alliages à solution unique :

- métaux purs (nickel, plomb, titane, aluminium), qui résistent bien à la corrosion mais qui offrent de faibles caractéristiques mécaniques ;
- aciers alliés au chrome : à partir d'une teneur de 12% de chrome, il se forme une couche d'oxyde compacte et adhérente ; c'est le cas des aciers inoxydables ;
- aciers inoxydables : avec 18% de chrome et au moins 8% de nickel, on obtient une structure austénitique. D'autres éléments, en faible quantité, peuvent être rajoutés pour encore augmenter la résistance à la corrosion (Mo, Ti, Nb, Cu...).

Applications : toutes situations agressives chimiquement. Agroalimentaire, médical, industries chimiques.

Méthode d'application au tonneau ou à l'attache

En fonction de la typologie du produit, et le besoin final selon exigences clients, deux types d'applications existent.

L'application au tonneau qui est la façon la plus économique pour appliquer un revêtement sur de la fixation. Cette technique permet de traiter un volume important de pièce en un temps réduit par le biais de chaines entièrement automatisées.

Néanmoins cette technique a ses limites. Pour des pièces trop grandes, trop lourdes ou avec des géométries particulières, l'entrechocage des pièces peut entrainer des chocs sur filets importants amenant à une montabilité défaillante.

Les vis au pas fin y sont particulièrement sujettes.

Tableaux indiquant le passage du traitement par tonneaux au traitement vrac pour éviter tout risque de détérioration de la fixation notamment des filets :

7.2-2 **Choix tonneau (vrac) ou attache pour le pas gros**

Diamètre	Longueur										
M	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	+
3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
7	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
8	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
12	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
14	T	T	T	T	T	T	T	T	T	A	A
16	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A
18	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A	A
20	T	T	T	T	A	A	A	A	A	A	A
22	T	T	T	T	A	A	A	A	A	A	A
24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
27	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
+	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

7.2-3 **Choix tonneau (vrac) ou attache pour le pas fin**

Diamètre	Longueur										
M	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	+
3	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
4	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
5	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
6	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
7	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
8	T	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A
10	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A
12	T	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A
14	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A	A
16	T	T	T	A	A	A	A	A	A	A	A
18	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
20	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
22	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
27	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
+	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A titre indicatif

Dans certains cas, la méthode à l'attache est nécessaire.

Cette méthode est une méthode manuelle avec un coût de revient plus élevé. Il faut attacher les pièces 1 par 1 dans le but de les traiter sans entrechocage qui pourrait apparaitre durant le processus.

Par la suite un filet (dit également chaussette) de protection peut être posé. Par exemple sur le filetage pour protéger lors de la mise en conditionnement et dans l'emballage pendant le transport.

7.2-4 **Procédé au tonneau (vrac)**

7.2-5 **Procédé à l'attache**

7.2-6 **Filet de protection**

7.3 Les revêtements électrolytiques NF EN ISO 4042

Ce sont des revêtements qui sont déposés sur des pièces métalliques par électrolyse soit en vrac (au tonneau) ou à l'attache. Le zinc est le métal le plus communément utilisé car peu polluant, économique, il a un bon pouvoir « sacrificiel » et a de faible épaisseur, il est appelé zingage ou électrozingage.

Le zingage électrolytique ou électrozingage

Le zingage électrolytique est un procédé simple d'utilisation et économiquement compétitif.

Il est réalisé par électrolyse d'une solution aqueuse contenant des sels métalliques et non métalliques dont la nature dépend de l'application envisagée et des propriétés souhaitées du revêtement. La grande variété des dépôts obtenus suivant la formulation et les conditions de dépôt rendent ce revêtement incontournable dans de nombreuses applications.

Les anodes pour le zingage électrolytique sont du zinc, le métal consommé est de haute pureté car sa qualité conditionne la marche du bain d'électrolyse.

Le revêtement par voie électrolytique ajoute à la régularité du dépôt obtenu, qui est la caractéristique majeure du procédé, le pouvoir dans le cas du zinc, d'être anodique vis-à-vis du fer (acier) et de présenter ainsi les conditions d'une bonne protection contre la corrosion.

Cette régularité de l'épaisseur de dépôt présente un avantage important pour les pièces délicates et précises, les tolérances restent acquises sans nécessité d'opérations complémentaires de reprise de finition.

Le zinc électrolytique est quasi systématiquement passivé (Chrome III trivalent) juste après son dépôt afin de stabiliser l'aspect du zinc, tout en renforçant la tenue à la corrosion par un effet barrière très superficiel (quelques µm). Le zingage électrolytique s'effectue dans des installations classiques d'électrolyse mais évidemment spécialement affectées au traitement par le zinc ou zinc nickel. On utilise le plus souvent des bains pour zinc alcalin et parfois pour zinc acide, la densité de courant étant de l'ordre de 3A/dm^2.

Pour les petites pièces, il est avantageux de traiter au tonneau. Les pièces importantes (gros diamètres, longueurs inhabituelles) seront traitées à l'attache mais avec un coût nettement plus important, afin d'éviter les phénomènes de chocs sur filets.

Importance de la séquence d'électrozingage

Satisfaire les critères de qualité exigés par les donneurs d'ordre impose à l'exploitant la maîtrise du procédé, en l'occurrence la maîtrise de la stabilisation de l'électrolyte pour une conduite optimale de fonctionnement du réacteur. Ainsi, et s'agissant d'un réacteur fermé de type batch (cas du traitement à l'attache ou en vrac), la composition du bain évolue tout au long des campagnes suite aux réactions susceptibles de se dérouler au sein du réacteur mais également en raison des entraînements des postes amont vers les postes aval. De nombreux travaux ont permis d'établir que les propriétés structurales d'un revêtement électrolytique dépendent de la densité de courant imposée, de la composition de l'électrolyte (c'est-à-dire de la forme chimique sous laquelle se trouve la phase mère dans l'électrolyte ainsi que de la nature des additifs), du substrat et du procédé d'application. Une approche globale basée sur l'établissement d'un bilan matière pour chaque constituant minéral de l'électrolyte permet à l'exploitant une meilleure compréhension du fonctionnement du réacteur. Ce faisant, il sera en situation de définir les consignes de concentration, et par là-même, les actions correctives à mener pour maintenir l'équilibre de fonctionnement du système.

La passivation

La passivation est un traitement de conversion chimique, appliqué par immersion à partir d'une solution contenant du chrome trivalent comme constituant principal. Elle permet de former des couches complexes d'oxydes et de sels de chrome sur des revêtements électrolytiques de métaux communs comme le zinc. Ce procédé confère au matériau des propriétés particulières telles que :

- une amélioration de la résistance à la corrosion des systèmes de protection cathodique de revêtements de zinc sur substrat acier due à l'effet inhibiteur de corrosion du chrome trivalent,
- une excellente base d'accroche pour les finitions organiques (top coat, lubrifiant, etc.).

Matériaux susceptibles d'être passivés

Le procédé de passivation peut être réalisé sur un certain nombre de métaux et leurs alliages, tels que le zinc électrolytique ou galvanisé, l'aluminium, l'argent, le magnésium et le cuivre.

Cette partie est consacrée uniquement à la passivation sur zinc, utilisée dans le domaine des fixations.

Méthodes d'application

La surface de la pièce à passiver doit être exempte de graisses pour permettre une bonne adhérence et une homogénéité de la couche de conversion.

Pour cette raison, on réalise généralement le traitement de passivation directement après le rinçage de l'étape de zingage, ou après le dégazage.

Le traitement consiste à immerger le produit à passiver (durée d'immersion variant de quelques secondes à plusieurs minutes) dans une solution acide constituée majoritairement :

- de sels de chrome hexavalent ou d'un mélange de sels de chromes hexavalent et trivalent,
- d'anions activateurs tels que fluorures, chlorures, sulfates, phosphates... Ils déterminent les caractéristiques, la vitesse de formation et les propriétés du film passivé, d'anions réducteurs (acétates, formiates, oxalates...) qui activent la cinétique de réduction du chrome hexavalent en chrome trivalent,
- d'un acide qui permet d'activer le substrat métallique.

Rôle de la couche

La couche de passivation réalisée sur un matériau revêtu peut avoir un triple rôle :

- améliorer la résistance à la corrosion du matériau en retardant notamment le phénomène de rouille blanche du zinc effet barrière,
- donner à la pièce un aspect esthétique sans autre traitement,
- assurer l'adhérence d'un revêtement organique en conditionnant la surface pour qu'elle soit apte à recevoir une finition organique.

Tenue à la corrosion

La couche de passivation agit, dans un premier temps, comme couche passive et barrière, diminuant la vitesse de dissolution du zinc, même lorsqu'il est couplé à l'acier. La « durée de vie » de la couche de zinc est ainsi augmentée, sans diminuer significativement l'efficacité de la protection galvanique.

C'est aussi un inhibiteur cathodique efficace diminuant ainsi la réduction de l'oxygène à la surface du métal. Enfin, la présence d'ions solubles dans la couche de passivation apporte un effet cicatrisant. Le tableau 7.3-1 représente les solutions que propose un formulateur majeur dans le métier de la fixation et les courbes YY et ZZ des tableaux 7.3-2 et 7.3-3 montrent l'influence de la température sur les tenues à la corrosion. Les tenues au brouillard salin varient avec l'épaisseur du revêtement et le process de réalisation (au tonneau ou à l'attache). Elles sont constatées en sortie de traitement.

Les opérations postérieures (notamment le conditionnement, le transport, outils de montage, etc.) peuvent dégrader les performances.

7.3-1 **Classe de corrosion des passivations sur zinc & zinc allié**
Tenues BS (NSST)

Classe de corrosion		Exemple de recommandations
A < 24 h	→	Zinc alcalin **PRIMION** ou acide **ZETAPLUS** avec passivation **TRIAZUR**
B 24 h - 72 h	→	Zinc acide **ZETAPLUS** avec passivation **FINIDIP** renforcée ou non par un **FINIGARD**
C 72 h - 144 h	→	Zinc alcalin **PRIMION** avec passivation **FINIDIP** renforcée ou non par un **FINIGARD**
D 144 h - 192 h	→	Zinc alcalin **PRIMION** avec passivation **LANTHANE** renforcée ou non par un **FINIGARD**
E > 192 h	→	Zinc alcalin **PRIMION** avec passivation **LANTHANE** renforcée **FINIGARD** Zinc Nickel alcalin et acide **PERFORMA** avec passivation **FINIDIP** renforcée ou non par un **FINIGARD**

Les classes sont données pour 10 microns de zinc pur ou zinc-fer ou 8 microns zinc-nickel alcalin 12-15%
Selon les normes ISO 9227 ou NF A 05 109.

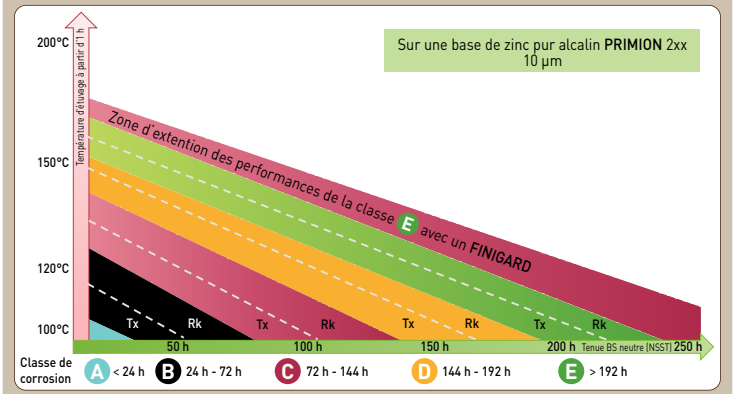
COVENTYA

Estimations des performances corrosion en oxydation blanche après étuvage pour les passivations

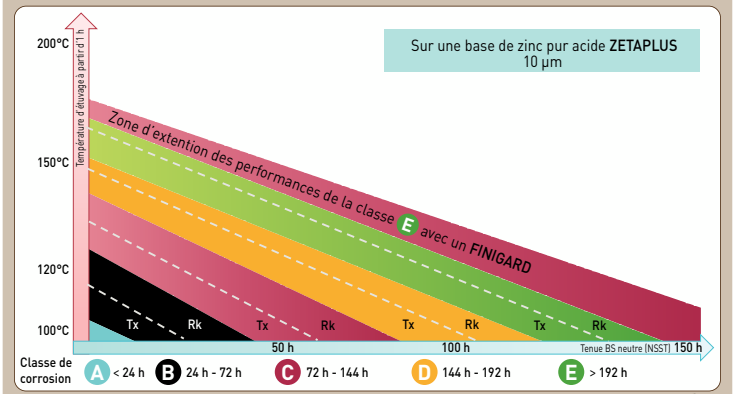
De manière générale, l'usage d'un **POSTDIP** ou d'un **FINIGARD** fait monter le traitement de finition d'une classe de corrosion.

Les classes sont données pour 10 microns de zinc pur selon les normes ISO 9227 ou NF A 05 109.

7.3-2 **Courbe YY**



7.3-3 **Courbe ZZ**



Rk : Rack / Attache / Bain mort **Tx :** Tonneau / Barrel

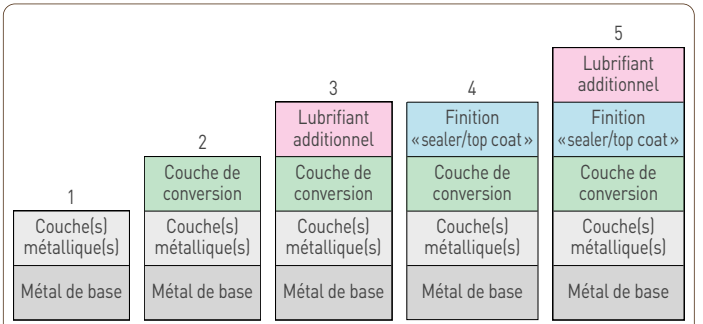
COVENTYA

Les finitions

Les finitions peuvent être de diverses natures en fonction du but recherché :

- Filmogène ou top coat : pour augmenter la tenue corrosion par une couche barrière supplémentaire,
- Lubrifiant : pour maitriser des plages de coefficient de frottement (0,12-0,18 par exemple),
- Colorant : pour colorer dans un but esthétique ou de détrompage,
- ...

7.3-4 **Les types de revêtements possibles**



Légende

1 Uniquement couche(s) métallique(s)
2 Couche(s) métallique(s) + couche de conversion
3 Couche(s) métallique(s) + couche de conversion + lubrifiant additionnel
4 Couche(s) métallique(s) + couche de conversion + finition «sealer/top coat»
5 Couche(s) métallique(s) + couche de conversion + finition «sealer/top coat» + lubrifiant additionnel

7.3-5 **Schéma d'un revêtement zingué + passivation + top coat**

Selon la norme ISO 4042, il est possible d'évaluer la tenue corrosion au moment du choix du type de revêtement à base de zinc, avec la tenue en brouillard salin, grâce au tableau 7.3-6 :

7.3-7 **Codification utilisée pour la désignation des systèmes de revêtement électrolytiques**

Élément	Description	Symbole	Désignation
Métal de base	Acier		
Couche(s) métallique(s)	Zinc Zinc-nickel Zinc-fer (pour les autres couches métalliques, voir Tableau 7.3-9)	Zn ZnNi ZnFe	Tableau 7.3-11
Couche de conversion (passivation)	Transparente Irisée Noire Jaune Sans couche de conversion	An Cn Fn Gn U	Tableau 7.3-13 [a]
Finition «sealer/top coat»	Finition «sealer» (voir aussi A.1.3) Finition «top coat» (voir aussi A.1.3) Sans finition «sealer» ni «top coat» Sans lubrifiant	T2 T7 T0 nL	Tableau 7.3-15
Lubrifiant additionnel	Lubrifiant ajouté postérieurement	T4	Tableau 7.3-15

[a] Pour les chromatations, voir le Tableau 7.3-14

7.3-6 **Résistance à la corrosion des systèmes de revêtement de zinc ou d'alliage de zinc couramment utilisés**

Système de revêtement à base de zinc	Code (voir tableau 7.3-7)	Durée minimale de l'essai au brouillard salin neutre pour les revêtements au tonneau [a] (heures)			
		Sans corrosion du revêtement (oxydation blanche)	Sans corrosion du métal de base (rouille rouge)		
			Épaisseur de revêtement		
			5 µm	8 µm	12 µm
Zn, avec passivation transparente [b]	Zn//An/T0	8	48	72	96
Zn, avec passivation irisée [b]	Zn//Cn/T0	72	120	192	240
Zn, avec passivation irisée et finition sealer [b]	Zn//Cn/T2	120	168	240	288
Zn, avec passivation noire et finition sealer	Zn//Fn/T2	24 [c]	72	144	192
ZnFe, avec passivation irisée [b]	ZnFe//Cn/T0	96	144	216	264
ZnFe, avec passivation irisée et finition sealer [b]	ZnFe//Cn/T2	120	216	288	360
ZnFe, avec passivation noire et finition sealer	ZnFe//Fn/T2	96 [c]	192	240	312
ZnNi, avec passivation gris argent	ZnNi//Cn/T0	120	480	720	720 [d]
ZnNi, avec passivation gris argent et finition sealer	ZnNi//Cn/T2	168	600	720	720 [d]
ZnNi, avec passivation noire	ZnNi//Fn/T0	48 [c]	360	600	720 [d]
ZnNi, avec passivation noire et finition sealer	ZnNi//Fn/T2	120 [c]	480	720	720 [d]

La durée minimale de l'essai au brouillard salin neutre ne doit pas être considérée comme un guide direct pour la résistance à la corrosion des fixations revêtues dans tous les environnements où elles peuvent être utilisées. Voir ISO 9227.

[a] Avec un procédé de revêtement à l'attache, le possible effet d'endommagement du revêtement est réduit et, par conséquent, il est possible d'obtenir une résistance accrue à la corrosion.

[b] Des points noirs ne doivent pas entraîner de rejet, car ils n'affectent pas la résistance à la corrosion.

[c] Un voile blanc n'est pas considéré comme de l'oxydation blanche.

[d] De façon générale, la résistance à la corrosion est supérieure mais, les essais de corrosion sont arrêtés après 720 heures dans le cadre du présent document.

Ces informations restent indicatives, ce qui fait foi, ce sont les données des formulateurs/applicateurs comme par exemple le tableau ci-dessous d'un applicateur :

7.3-8 **Caractéristiques des traitements sans chrome 6+**

Traitement	Aspect	Epaisseur	Tenue BS rouille blanche	Tenue BS rouille rouge	Divers
Zingage Blanc	Blanc bleuté	5 µm	24 H	48 H	
		10 µm	24 H	72 H	
Zingage LANTHANE 315 sans finition renforcée	Argent irisé	5 µm	96 H	96 H	
		10 µm	96 H	240 H	
Zinc Noir sans chrome 6+ avec Top Coat	Noir	10 µm	200 H	600 H	
Zingage LANTHANE 315 FINIGARD 105	Argent	10 µm	200 H	400 H	Possibilité de coeff de frottement maîtrisé µ = 0,12 à 0,18
Zingage LANTHANE 315 LANTHANE 321 FINIGARD 105	Argent	10 µm	200 H	600 H	Possibilité de coeff de frottement maîtrisé µ = 0,12 à 0,18
Zinc Nickel 12-15% finition bleue	bleu	8 µm mini	240 H	720 H	Evite la corrosion par couplage avec l'aluminium
Zinc Nickel 12-15% finition noire	Noir	8 µm mini	200 H	720 H	Evite la corrosion par couplage avec l'aluminium

Tous les revêtements électrolytiques

Même si le zinc est le revêtement le plus commun dans la fixation, il n'est pas le seul. Il existe de nombreux autres revêtements électrolytiques qui peuvent avoir des fonctions telles que :

- Protection contre la corrosion : Zinc, Zinc-Nickel, Nickel, Chrome.
- Contact ou conduction électrique : Etain, Cuivre, Or, Argent.
- Esthétique : Zinc, Zinc-Nickel, Nickel, Chrome, Or, Argent.

7.3-9 **Revêtements électrolytiques en fonction de leurs objectifs principaux et normes ISO associées**

Métal / métaux de revêtement		Nature	Objectif principal du revêtement pour fixations	Norme ISO
Symbole	Élément			
Zn	Zinc	Métal	P/D/F	ISO 2081, ISO 19598
ZnNi	Zinc-nickel	Alliage	P/D/F	ISO 15726, ISO 19598
ZnFe	Zinc-fer	Alliage	P/D/F	ISO 15726, ISO 19598
Cd	Cadmium [a]	Métal	P/F	ISO 2082
Ni	Nickel	Métal	D	ISO 1456
Ni+Cr	Nickel-chrome	Multicouche	D	ISO 1456
Cu+Ni	Cuivre-nickel	Multicouche	D	ISO 1456
Cu+Ni+Cr	Cuivre-nickel-chrome	Multicouche	D	ISO 1456
CuZn	Laiton	Alliage	D	—
CuSn	Cuivre-étain (bronze)	Alliage	F	—
Cu	Cuivre	Métal	F/D	—
Ag	Argent	Métal	F/D	ISO 4521
CuAg	Cuivre-argent	Alliage	F	—
Sn	Étain	Métal	F	ISO 2093
SnZn	Étain-zinc	Métal	F/P	—

P Protection contre la corrosion
F Caractéristiques fonctionnelles
D Propriétés décoratives (couleur, aspect)
[a] L'usage du cadmium est restreint ou interdit pour de nombreuses applications (les derniers utilisateurs du cadmium sont principalement les industries militaires et aérospatiales).

Limites dimensionnelles des revêtements

Les revêtements sont limités en épaisseurs par le jeu fonctionnel nécessaire dans les filets. Ainsi l'épaisseur de revêtement qui peut être appliquée sur les filetages extérieurs et intérieurs métriques ISO conformes à l'ISO 965-1, l'ISO 965-2 ou l'ISO 965-3 dépend de l'écart de base (jeu) au niveau du diamètre sur flancs, comme indiqué dans le tableau 7.3-10 ; cet écart de base dépend lui-même du filetage et des positions de tolérance g, f ou e pour les filetages extérieurs et H et G pour les filetages intérieurs.

Le 7.3-10 indique l'écart de base (jeu) en fonction du pas du filetage et de la position de tolérance du filetage extérieur et intérieur non revêtu. Les jeux minimal et maximal sont des valeurs théoriques qui limitent la plage d'espace disponible pour le revêtement.

Lors de la sélection d'une combinaison de positions de tolérance pour les filetages extérieurs et intérieurs, il convient de s'assurer que la résistance à l'arrachement des filets de l'assemblage est supérieure à la charge minimale de rupture de la fixation à filetage extérieur, Fm. Une augmentation du jeu dans le filetage peut également affecter d'autres aspects fonctionnels, tels que l'autofreinage, la résistance à la fatigue, etc.

7.3-10 **Limites supérieures des épaisseurs nominales de revêtement NF EN ISO 4042 (2018)**

Pas du filetage P	Diamètre nominal de filetage D (filetage à pas gros) (a)	Position de tolérance G		Position de tolérance H	Position de tolérance g		Position de tolérance f		Position de tolérance e	
		Ecart de base	Epaisseur de revêtement nominale max.		Ecart de base	Epaisseur de revêtement max.	Ecart de base	Epaisseur de revêtement max.	Ecart de base	Epaisseur de revêtement max.
(mm)	(mm)	(µm)	(µm)		(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)	(µm)
0,35	**1,6** (1,8)	+19	4	Possible si le filetage non révêtu de l'écrou n'est pas fabriqué jusqu'à la ligne zéro	– 19	4	– 34	8		
0,4	**2**	+19	4		– 19	4	– 34	8		
0,45	**2,5** (2,2)	+20	5		– 20	5	– 35	8		
0,5	**3**	+20	5		– 20	5	– 36	9	– 50	12
0,6	3,5	+21	5		– 21	5	– 36	9	– 53	13
0,7	**4**	+22	5		– 22	5	– 38	9	– 56	14
0,8	**5**	+24	6		– 24	6	– 38	9	– 60	15
1	**6** (7)	+26	6		– 26	6	– 40	10	– 60	15
1,25	**8**	+28	7		– 28	7	– 42	10	– 63	15
1,5	**10**	+32	8		– 32	8	– 45	11	– 67	16
1,75	**12**	+34	8		– 34	8	– 48	12	– 71	17
2	**16** (14)	+38	8		– 38	9	– 52	13	– 71	17
2,5	**20** (18 ; 22)	+42	10		– 42	10	– 58	14	– 80	20
3	**24** (27)	+48	12		– 48	12	– 63	15	– 85	21
3,5	**30** (33)	+53	13		– 53	13	– 70	17	– 90	22
4	**36** (39)	+60	15		– 60	15	– 75	18	– 95	23
4,5	**42** (45)	+63	15		– 63	15	– 80	20	– 100	25
5	**48** (52)	+71	15		– 71	17	– 85	21	– 106	26
5,5	**56** (60)	+75	16		– 75	18	– 90	22	– 112	28
6	**64**	+80	20		– 80	20	– 95	23	– 118	29

NOTE : la limite supérieure théorique de l'épaisseur de revêtement est calculée sur la base de la dimension du filetage lorsqu'il est à la limite supérieure de la tolérance de filetage considérée (filetage extérieur).
(a) Le diamètre nominal correspondant au filetage à pas gros est donné uniquement à titre informatif pour des raisons pratiques : la dimension déterminante est le pas du filetage P.

Désignation du revêtement électrolytique selon l'ISO 4042

Communément les revêtements sont décrits soit par l'épaisseur soit par la tenue en heures de brouillard salin (HBS). Ces éléments seuls, ne peuvent suffire pour décrire précisément un revêtement et ses performances, c'est pourquoi il a été défini selon des règles internationales une façon de faire. Malgré cette norme il est encore rare de trouver ce type de désignation :

7.3-11 **Désignation des systèmes de revêtement électrolytiques pour la commande des fixations**

Système de revêtement électrolytique				Durée d'essai au brouillard salin neutre (rouille rouge) [c]	Spécification couple/ tension, le cas échéant
Couche(s) métallique(s)		Couche de conversion	Finition «sealer», «top coat» et/ou lubrifiant		
Matériau de revêtement	Épaisseur [c]				
Zn	Conforme au tableau 7.3-12	Conforme aux tableaux 7.3-13 ou 7.3-14	Conforme au tableau 7.3-15	par exemple 480 h	C [d]
ZnNi [a]					
ZnFe [b]					

[a] Les revêtements électrolytiques de zinc-nickel pour les fixations ont habituellement une teneur en nickel de 12 % à 16 % en masse et sont désignés par ZnNi(12) dans l'ISO 15726. Si d'autres teneurs en nickel sont souhaitées, voir l'ISO 15726.
[b] Les alliages zinc-fer sont spécifiés comme contenant de 0,3 % à 1 % de fer en masse.
[c] L'épaisseur peut être remplacée par la durée minimale de l'essai au brouillard salin neutre conformément au tableau 7.3-6 : dans ce cas, l'épaisseur doit être omise dans la désignation du système de revêtement et la résistance à la corrosion doit être ajoutée à la fin de la désignation, voir exemple 1, page 240.
[d] Plage des valeurs de μ_{tot} ou K à spécifier à la commande.

7.3-12 **Épaisseur de revêtement de la ou des couche(s) métallique(s)**

Désignation de l'épaisseur de revêtement	Épaisseur locale minimale sur les zones de référence µm
3	3
5	5
8	8
10	10
12	12
15	15
20	20
25	25
30	30

7.3-13 **Désignation des couches de conversion sans chrome hexavalent (uniquement pour les revêtements électrolytiques de zinc et d'alliages de zinc)**

Passivation [a]		Aspect caractéristique
Code [b]	Nom	
An	Transparent	Transparent, clair à bleuté [c]
Cn	Irisé [d]	Transparent, clair à irisé
Fn	Noir	Noir, irisé sombre autorisé
Gn	Jaune	Jaune à jaune irisé
U	—	Sans couche de conversion

[a] Des nanoparticules peuvent être incorporées à tous les types de passivation afin d'améliorer l'aspect et/ou les caractéristiques fonctionnelles.
[b] La première lettre correspond aux revêtements de conversion, tels que spécifiés dans l'ISO 2081; la deuxième lettre, «n» pour non, indique l'absence de chrome hexavalent dans la couche de conversion, conformément à l'ISO 19598.
[c] La nuance «bleuté» peut varier d'un bleu clair à un bleu foncé irisé, en fonction du système de revêtement.
[d] Également appelée «passivation épaisse».

7.3-14 **Désignation des couches de conversion au chrome hexavalent (uniquement pour les revêtements de zinc et d'alliages de zinc)**

Chromatation		Aspect caractéristique
Code [a]	Nom	
A	Clair	Transparent, clair à bleuté
C	Irisé	Jaune irisé
D	Opaque	Vert olive
F	Noir	Noir, irisé sombre autorisé
U	—	Sans couche de conversion

[a] La lettre correspond aux revêtements de conversion, tels que spécifiés dans l'ISO 2081.

7.3-15 **Désignation des finitions « sealer », « top coat » et/ou lubrifiants**

Code [a]	Nom	Exigence
—	Lorsqu'aucun code T n'est spécifié, il peut y avoir une finition « sealer » ou « top coat » au choix de l'applicateur.	
T0	Sans finition « sealer » et sans finition « top coat »	Les finitions « sealer » et « top coat » ne doivent pas être appliquées pour certaines applications (par exemple, pour l'adhérence, la conductivité, le contact électrique, le soudage).
T2	Finition « sealer » [b]	Une finition « sealer » doit être appliquée elle peut inclure (ou non) un lubrifiant intégré [c]
T4	Lubrifiant ajouté postérieurement [d]	Un lubrifiant ou une cire doit être appliqué. Le lubrifiant peut être appliqué directement sur la couche métallique ou sur la passivation ou sur une finition « sealer » ou sur une finition « top coat » [c]
T7	Finition « top coat » [b]	Une finition « top coat » doit être appliquée. La finition « top coat » est souvent utilisée pour obtenir des caractéristiques particulières, par exemple une résistance chimique, une couleur. Une finition « top coat » peut inclure (ou non) un lubrifiant intégré [c]
nL	Sans lubrifiant	Il ne doit pas y avoir de lubrifiant intégré (ce code doit être ajouté à T2 ou T7, selon le cas).

a La codification des fixations a été élaborée pour être compatible avec les normes ISO 2081 et ISO 19598.
b Les finitions « sealer » et « top coat » peuvent être organiques ou inorganiques, ou une combinaison des deux.
c Lorsqu'une relation couple/tension est spécifiée (par exemple, plage de coefficient de frottement), un lubrifiant intégré ou un lubrifiant ajouté postérieurement doit être appliqué, selon le cas.
d Lorsqu'un lubrifiant ajouté postérieurement est spécifié, le code T4 doit être placé après une barre oblique et directement après la désignation de la finition « sealer » ou « top coat »; voir ci-contre exemple 4.

Lorsqu'une résistance minimale à la corrosion est spécifiée dans la désignation, la compatibilité de l'exigence avec le système de revêtement inclus dans la désignation doit être vérifiée conformément au tableau 7.3-6.

EXEMPLE 1 : Une fixation avec un revêtement électrolytique (ISO 4042) d'alliage de zinc-nickel (ZnNi) de teneur habituelle en nickel de 12 % à 16 %, sans épaisseur de revêtement exigée, mais avec une résistance minimale à la corrosion à l'essai au brouillard salin neutre de 720 h sans apparition de corrosion du métal de base (rouille rouge), avec une couche de conversion transparente sans chrome hexavalent (An), sans finition « sealer », « top coat » ou lubrifiant spécifique, est désignée comme suit :

[désignation de la fixation] – **ISO 4042/ZnNi/An/720h**

EXEMPLE 2 : Une fixation avec un revêtement électrolytique (ISO 4042) de zinc (Zn), avec une épaisseur de revêtement exigée de 8 µm et une passivation transparente sans chrome hexavalent (An), est désignée comme suit :

[désignation de la fixation] – **ISO 4042/Zn8/An**

EXEMPLE 3 : Une fixation avec un revêtement électrolytique (ISO 4042) de zinc (Zn) et une épaisseur de revêtement exigée de 12 µm, avec une couche de conversion irisée sans chrome hexavalent (Cn) et une finition « sealer » additionnelle avec ou sans lubrifiant intégré (T2), est désignée comme suit :

[désignation de la fixation] – **ISO 4042/Zn12/Cn/T2**

EXEMPLE 4 : Une fixation avec un revêtement électrolytique (ISO 4042) de zinc (Zn) et une épaisseur de revêtement exigée de 12 µm, avec une couche de conversion noire sans chrome hexavalent (Fn) et une finition « top coat » additionnelle (T7), avec un lubrifiant ajouté postérieurement (T4) et un coefficient de frottement μ_{tot} dans la plage de [0,10 à 0,20], est désignée comme suit :

[désignation de la fixation] – **ISO 4042/Zn12/Fn/T7/T4**(µ0,10–0,20)

7.4 Fragilisation par l'hydrogène

Généralités

La définition typique de la fragilisation par l'hydrogène (FPH) dans la littérature et les normes est la suivante :

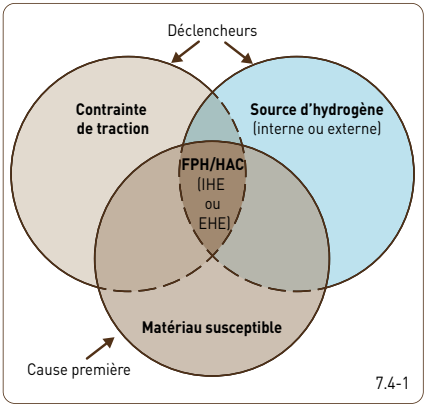
Perte irréversible de ductilité d'un métal ou d'un alliage, provoquée par l'hydrogène et l'effet combiné de contraintes de traction, dues à l'application d'une charge externe et/ou à des contraintes de traction résiduelles internes.

La fragilisation par l'hydrogène (FPH), souvent appelée Fissuration assistée par l'hydrogène (HAC -Hydrogen Assisted Cracking), est classifiée en deux catégories en fonction de la source d'hydrogène : la fragilisation par l'hydrogène interne (IHE - Internal Hydrogen Embrittlement) et la fragilisation par l'hydrogène externe (EHE - Environmental Hydrogen Embrittlement). L'IHE est déclenchée par de l'hydrogène résiduel provenant de la fabrication de l'acier ou d'étapes de fabrication, telles que le décapage chimique ou le revêtement électrolytique. L'EHE est déclenchée par de l'hydrogène s'introduisant dans le métal à partir de sources externes alors qu'il est sous contrainte de traction, ce qui est le cas, par exemple, pour des fixations en service. Le terme Corrosion fissurante sous contrainte (SCC – Stress Corrosion Cracking) est couramment utilisé par rapport à l'EHE qui survient lorsque l'hydrogène est un sous-produit résultant de la corrosion de surface, qui est absorbé par la fixation en acier. Les mesures visant à éviter l'IHE n'éliminent pas le risque d'EHE lorsqu'une fixation susceptible est exposée à l'hydrogène généré par la corrosion. Pour de plus amples informations sur la fragilisation des fixations par l'hydrogène, voir l'ISO/TR 20491).

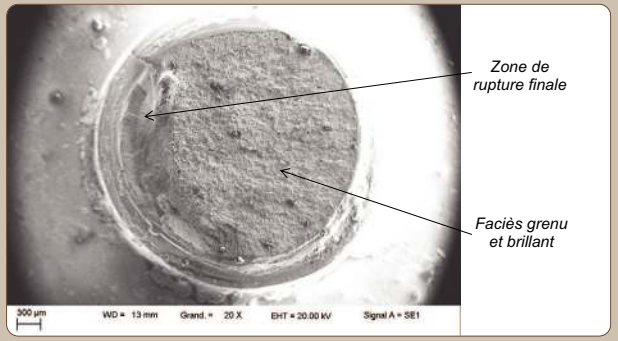
Avec les dépôts électrolytiques à partir d'une solution aqueuse (zingage, cuivrage, nickelage, cadmiage, chromage...) ou à l'occasion du décapage ou du dégraissage chimique, ou de phosphatation, il est engendré un risque de rupture différé due à la fragilisation des aciers par l'hydrogène en particulier, si les trois conditions suivantes sont réunies :

- fixations de résistance à la traction ou de dureté élevées, ou cémentées et revenues, ou écrouies jusqu'à une dureté élevée,
- fixations qui sont soumises à des contraintes de traction, et
- fixations qui ont absorbé de l'hydrogène.

Il y a un risque de fragilisation par l'hydrogène interne (Internal Hydrogen Embrittlement, IHE).

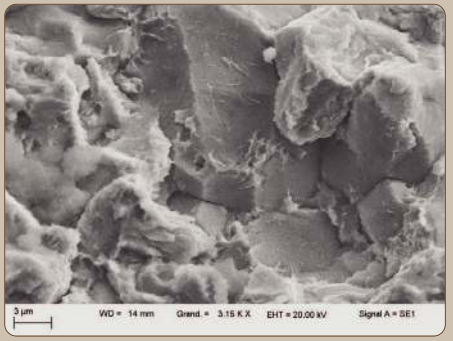


7.4-1



7.4-2 **Exemple de vis avec rupture différée**

7.4-3 **Décohésion intergranulaire en périphérie**


7.4-4 **Détail– observation de microporosités et de vermicules en surface des grains**

La susceptibilité à l'IHE augmente avec l'augmentation de la dureté du matériau de la fixation. Des mesures appropriées de prévention de l'IHE pour les fixations trempées et revenues sont spécifiées, en fonction de la dureté, voir Tableau ci-dessous. Pour les fixations conformes aux ISO 898-1, ISO 898-2 et ISO 898-3, les classes de résistance mécanique courantes sont spécifiées.

	360 HV	390 HV	
	A	**B**	**C**
	Aucune vérification du procédé ou essai de produit supplémentaire par rapport à l'IHE ET **Aucun dégazage** nécessaire	**Vérification** du procédé et/ou essais de produit supplémentaire(s) par rapport à l'IHE OU **Dégazage** (au choix du fabricant de fixations)	**Vérification** du procédé et/ou essais de produit supplémentaire(s) par rapport à l'IHE ET **Dégazage** (la température et la durée de dégazage doivent être spécifiées)
	Voir A	**Voir B**	**Voir C**
	Classe de qualité		
Vis goujons, tiges filetées conformes à l'ISO 898-1	≤ 9.8	10.9	12.9 et 12.9
Écrous conformes à l'ISO 898-2	≤ 12		
	Dureté maximale spécifiée < 360 HV	Dureté maximale spécifiée ≥ 360 HV	
Rondelles planes conformes à l'ISO 898-3	≤ 200 HV	300 HV	380 HV
	A	**B**	**C**

7.4-5 **Mesures par rapport à l'IHE pour les fixations trempées et revenues, en fonction de la dureté**

A Fixations de dureté < 360 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations de dureté maximale spécifiée inférieure à 360 HV (**A** dans le Tableau), aucune vérification supplémentaire du procédé n'est nécessaire par rapport à l'IHE et aucun dégazage n'est nécessaire.

B Fixations de dureté ≥ 360 HV et ≤ 390 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations de dureté maximale spécifiée supérieure ou égale à 360 HV et inférieure ou égale à 390 HV (**B** dans le Tableau) et à condition qu'une vérification supplémentaire du procédé et/ou des essais supplémentaires des produits aient été effectués par rapport à l'IHE, le dégazage n'est pas exigé. Cependant, le client est libre de demander un dégazage de façon générale.

Pour les fixations dans cette gamme de dureté spécifiée, le revêtement électrolytique n'implique pas de risque d'IHE. En cas de rupture lors de l'essai des pièces, on ne peut pas présumer que leur dégazage aurait empêché cette rupture : il convient de réaliser des investigations sur la conformité ou non des conditions métallurgiques et physiques du matériau de la fixation. Pour plus d'informations, voir § dégazage.

C Fixations de dureté > 390 HV

Lors de l'application d'un revêtement électrolytique sur des fixations de dureté maximale spécifiée supérieure à 390 HV (**C** dans le Tableau), le dégazage est exigé; voir § dégazage pour la température et la durée de dégazage minimales recommandées. Les exemptions suivantes s'appliquent :

- pour les fixations qui ne sont pas soumises à des contraintes de traction du fait de leur conception ou de la norme qui s'applique (par exemple, vis sans tête conformes à l'ISO 898-5), le dégazage n'est pas exigé),
- les extrémités durcies par induction (par exemple pour les vis formant leur propre filetage) ne doivent pas être prises en compte pour déterminer les mesures de prévention relatives à l'IHE, car elles ne sont normalement pas soumises à des contraintes de traction, à condition que l'extrémité dépasse du taraudage formé.

Pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin (et de teneur en nickel de 12 % à 16 %), il est possible de ne pas effectuer le dégazage en raison du faible risque d'IHE. La décision de ne pas procéder au dégazage doit être basée sur des essais (voir § Méthodes d'essai pour la détection de la fragilisation par l'hydrogène) et doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

NOTE : pour les revêtements électrolytiques de zinc-nickel acide, des études ont montré des avantages similaires à ceux des revêtements électrolytiques de zinc-nickel alcalin, cependant des données supplémentaires sont nécessaires pour s'affranchir du dégazage.

Dégazage

Les facteurs clés qui influencent l'efficacité du dégazage sont :

- la température,
- la durée,
- la perméabilité du revêtement,
- l'épaisseur du revêtement.

Pour les fixations susceptibles (par exemple, de dureté/dureté à cœur supérieure à 390 HV) qui ont fait l'objet d'un revêtement électrolytique de zinc, une durée de dégazage minimale de 8 h à 10 h et de 190 °C à 220 °C, est recommandée. Toutefois :

- selon le type, les dimensions, le niveau de résistance/dureté des fixations, et en fonction du système de revêtement et du procédé d'application, des durées plus courtes sont appliquées avec succès;
- selon le type, les dimensions, le niveau de résistance/dureté des fixations, des durées de dégazage allant jusqu'à 24 h peuvent être nécessaires pour réduire suffisamment l'hydrogène mobile.

La pratique courante consistant à dégazer des fixations avec revêtement électrolytique de zinc pendant 4 heures à environ 190 °C est inadéquate pour extraire l'hydrogène, car le zinc constitue une barrière effective à l'effusion de l'hydrogène. Il a été démontré qu'une durée de dégazage de 4 h peut même être préjudiciable, et peut provoquer des ruptures occasionnelles. Des durées de dégazage plus longues sont recommandées pour que le dégazage soit efficace et bénéfique.

Pour les fixations de classe de qualité 10.9 qui sont correctement fabriquées en respectant les matériaux et les propriétés métallurgiques prévus, comme spécifiés dans l'ISO 898-1, l'IHE n'est pas susceptible de provoquer une rupture et de ce fait les fixations ne nécessitent pas de dégazage. Compte tenu des connaissances actuelles sur l'efficacité du dégazage et la susceptibilité des matériaux, ce n'est pas le dégazage qui empêche la rupture de ces fixations. Les fixations de classe de qualité 10.9 sont parfois dégazées à titre de précaution contre des erreurs de fabrication ou un procédé de fabrication non maîtrisé qui pourraient rendre le matériau susceptible.

En cas de rupture différée lors de l'application ou en service, toutes les conditions, y compris les conditions d'assemblage et les conditions d'environnement doivent être examinées, en plus des fixations elles-mêmes, de leurs procédés de fabrication, ainsi que les procédés mis en œuvre pour le revêtement électrolytique.

Les critères de dégazage tels que spécifiés dans l'ISO 2081, l'ISO 9588 et l'ISO°19598 sont trop vagues et ne sont pas applicables aux fixations. La température et la durée maximales utilisées dans un processus de dégazage sont limitées par les considérations suivantes. Il convient que la température ne dépasse pas la température effective de revenu des fixations, et il convient qu'elles n'altèrent pas les caractéristiques fonctionnelles du revêtement. Une température et/ou une durée excessive(s) peut (peuvent) altérer l'effet bénéfique du roulage après traitement thermique.

Les pièces avec revêtement électrolytique de zinc sont généralement dégazées à une température maximale de 220 °C. Les pièces avec revêtement électrolytique de cadmium sont généralement dégazées à une température maximale de 200°C.

Le processus de dégazage est généralement effectué après le revêtement électrolytique, et le cas échéant avant l'application d'une couche de conversion, et/ou d'une finition «sealer» et/ou «top coat». Toutefois, l'ordre des processus peut varier en fonction des propriétés spécifiques des finitions.

Il convient que le délai entre le revêtement électrolytique et le dégazage soit aussi court que possible, à titre de bonne pratique. La finalité d'une telle pratique est de maximiser l'extraction de l'hydrogène mobile, sinon une partie de cet hydrogène mobile peut être piégée de façon réversible et devient alors plus difficile à dégazer. Ce phénomène s'est révélé critique pour des pièces en acier revêtues électrolytiquement, de dureté de 500 HV et au-delà. L'approche souvent utilisée, qui consiste à spécifier un délai exact (par exemple, 4 h), est purement subjective et a été prévue comme un délai opérationnel pratique et, utilisée également en assurance qualité pour s'assurer du respect des bonnes pratiques.

Il convient de ne pas utiliser le délai entre le revêtement et le dégazage comme un critère rigide d'acceptabilité d'un lot de fixations et il convient de ne surtout pas l'utiliser comme base de la cause première de rupture d'une fixation.

Il convient que les conditions dans le four de dégazage, y compris les méthodes de chargement, la durée du dégazage et l'uniformité de la température, soient contrôlées. Il convient que la mise en place d'une stratégie de dégazage bien fondée et efficace, incluant la décision d'effectuer ou non un dégazage, soit validée par des données empiriques résultant d'essais sous charge de longue durée et/ou d'essais de qualification des processus, tel que spécifié dans la DIN 50969-2 et l'ASTM F1940.

Méthodes d'essai pour la détection de la fragilisation par l'hydrogène

Les méthodes d'essai conçues pour détecter ou mesurer toute réduction mécanique de résistance résultant de l'effet de l'hydrogène intègrent systématiquement une composante Temps.

En général, les essais pour détecter la fragilisation par l'hydrogène sont effectués au moyen d'essais sous charge de longue durée. Les essais sous charge de longue durée sont prévus comme une étape d'assurance qualité post-production (par exemple, après revêtement électrolytique) pour les essais des fixations à haute résistance, qui présentent une susceptibilité à l'IHE. Les essais sous charge de longue durée consistent à appliquer une charge statique spécifique, durant une durée définie dans la plage de 24 h à 200 h, en fonction de la spécification. La nature qualitative de l'essai sous charge de longue durée est telle que la fixation présentera ou non une rupture à la fin du temps imparti. Il existe plusieurs méthodes pour les essais sous charge de longue durée. Les essais les plus souvent utilisés pour les fixations sont spécifiés dans l'**ISO 15330, DIN 50969-2, NASM 1312-2, ASTM F606/F606M**.

7.5 Les revêtements lamellaires NF EN ISO 10683

Il n'y a pas de désignation générique, de nombreux revêtements lamellaires existent, liés au formulateur du produit. Chaque formulateur peut produire des variantes des produits présentés ci-dessous, offrant des couleurs différentes (noir par exemple), d'autres plages d'épaisseur et/ou de coefficient de frottement...

GEOMET®

Formulateur : NOF METAL COATINGS GROUP.
Le GEOMET® est un revêtement mince, non électrolytique, dont la chimie brevetée est à base aqueuse. De couleur gris aluminium, il est constitué de lamelles de zinc et d'aluminium dans une matrice inorganique. Il a été développé comme une alternative 100% sans chrome.

Le GEOMET® assure la protection des surfaces métalliques grâce l'action combinée de plusieurs phénomènes :

- Effet barrière : la superposition de lamelles de zinc et d'aluminium confère une excellente barrière entre le substrat en acier et le milieu corrosif.
- Protection sacrificielle (ou protection cathodique) : le zinc s'oxyde préférentiellement à la place de l'acier.
- Passivation : le zinc et l'aluminium sont passivés dans toute l'épaisseur du revêtement, ce qui permet un ralentissement de la consommation naturelle du zinc.

Le GEOMET®321 est un basecoat non lubrifié dans la masse. La maitrise des coefficients de frottements s'obtient par ajout d'une finition. Elle sera choisie dans la gamme de NOF METAL COATINGS selon la gamme de valeur visée.

Le GEOMET®500 est la version lubrifiée dans la masse ne nécessitant aucune finition additionnelle pour la gamme de valeur de COF 0,12 – 0,18 (suivant ISO 16047).

Le GEOMET® ne contient pas de métaux lourds tels que cadmium ou plomb, pas de chromates ou de chrome (Cr3 ou Cr6), pas de CFC et s'inscrit dans une démarche de protection de l'environnement, en réponse aux Directives Européennes (voir en fin d'ouvrage).

Méthodes d'application

Après une phase de préparation : dégraissage chimique puis généralement décapage par action mécanique (grenaillage)
Le GEOMET® s'applique par trempé ou pulvérisation, en vrac ou à l'attache.

Principales propriétés

La résistance à la corrosion n'est pas modifiée par une exposition préalable des pièces de 100 heures à 180°C.

Pas de fragilisation par l'hydrogène du fait de son application.

Excellente résistance aux solvants, carburants, huiles moteur, liquides de refroidissement, liquides de frein, solvants organiques (test VDA 621-412).

Conductivité suffisante pour la dépose d'une cataphorèse

Peut être complété par une peinture. Cependant le test d'adhérence par quadrillage n'est pas adapté en raison de la structure lamellaire du revêtement.

Résistance excellente à la corrosion bimétallique avec l'aluminium et le zinc.

Maintien des performances anticorrosion du revêtement pour des expositions jusqu'à 300°C.

Attention à valider la compatibilité de l'épaisseur du revêtement et les tolérances du filetage.

Dans le cas de fortes variations de taux d'humidité lors des opérations de serrage, un système avec finition sera préféré à un système lubrifié dans la masse, répondant toutefois parfaitement à la quasi-majorité des cas.

Revêtement	Poids de couche	Essai Brouillard Salin (ISO 9227)*
GEOMET®321/500 Grade A	> 24 g/m²	> 240 heures sans rouille blanche > 720 heures sans rouille rouge
GEOMET®321/500 Grade A + finition	> 24 g/m² + finition (1 couche)	> 240 heures sans rouille blanche > 720 heures sans rouille rouge
GEOMET®321/500 Grade B	> 36 g/m²	> 240 heures sans rouille blanche > 1 000 heures sans rouille rouge
GEOBLACK®	> 24 g/m² + finition noire (2 couche)	> 1 000 heures sans rouille rouge

* Les résultats peuvent varier selon le substrat, la géométrie des pièces et le type de procédés d'application.

Nota : hors Europe il existe d'autres références dont les caractéristiques peuvent être légèrement différentes.

DELTA PROTEKT®

Formulateur : DÖRKEN MKS Système.
La gamme de produits Delta Protekt® se compose de procédés non électrolytiques de zinc lamellaire avec finition de couleur argentée.
Le système est constitué d'une sous-couche inorganique à haute teneur en lamelles de zinc et aluminium (DELTA-PROTEKT® KL100) et de couches de finition de type vernis inorganique aqueux à base silicium de la série VH 300 qui permettent d'obtenir les différents coefficients de frottement requis par l'industrie automobile (VH301.1GZ, VH315, VH302GZ)
Le procédé est totalement exempt de chrome, plomb ou cadmium, ni de produits CMR.
Le DELTA-PROTEKT® KL105 est une version de zinc lamellaire auto lubrifiée de dernière génération qui permet d'augmenter la résistance à la corrosion pour des épaisseurs équivalentes avec un coefficient de frottement de 0,12- 0,18.

Méthodes d'application

- En vrac par immersion (au trempe), puis centrifugation (selon les pièces) ou égouttage.
- A l'attache : pulvérisation au pistolet pneumatique, HVLP ou électrostatique.
- Préparation par lavage, grenaillage ou phosphatation.
- Condition de cuisson : 200 à 240°C pour le zinc lamellaire, 180 à 220°C pour les finitions.

Principales propriétés

- Film sec de 5 à 15 microns.
- Tenue au brouillard salin : 200 heures rouille blanche, 600 à 1000 heures rouille rouge, voir plus avec le DELTA-PROTEKT® KL105.
- Protection cathodique par effet sacrificiel de zinc.
- Effet barrière par superposition de lamelles de zinc et d'aluminium.
- Résiste aux solvants organiques.
- Pas de fragilisation par l'hydrogène du fait de son application.
- Diminution de la corrosion galvanique avec l'aluminium.
- Maîtrise du coefficient de frottement.
- Protection contre les acides, les bases, les détergents, les huiles, l'essence...
  Attention à valider la compatibilité de l'épaisseur du revêtement et les tolérances du filetage.

DELTATONE®

Formulateur : DÖRKEN MKS Systeme.
Le Delta®-Tone est un revêtement de zinc lamellaire réalisé en couches minces de couleur gris argent.
Il est composé d'un liant inorganique contenant zinc et aluminium.
Il ne contient pas de métaux lourds comme plomb ou cadmium, pas de chromates, pas de chrome hexavalent, pas de PCB ni CFC.
La polymérisation effectuée après le dépôt lui confère une couleur gris argent.
La bonne résistance a la corrosion résulte notamment de la protection cathodique et de l'effet barrière du aux paillettes de zinc et d'aluminium.
Les températures de polymérisation excluent toute modification métallurgique.
Son pouvoir de pénétration, associé à une bonne mouillabilité du substrat, permet de revêtir des pièces de formes complexes.
Il peut être suivi d'une finition organique Delta®-Seal GZ (argent ou noire) qui permet d'ajuster le coefficient de frottement (0,10 a 0,14) et apporte une coloration utile pour les opérations de repérage.

Méthodes d'application

- En vrac par immersion (au trempé), puis centrifugation (selon les pièces) ou égouttage.
- A l'attache : pulvérisation au pistolet pneumatique, HVLP ou électrostatique.
- Préparation par lavage, grenaillage ou phosphatation.
- Température de polymérisation inférieure à 220°C.

Principales propriétés

- Tenue au brouillard salin 400 heures rouille rouge pour un poids de couche de 20/26 g/m² soit une épaisseur de 6 à 10 microns.
- Tenue au brouillard salin 800 heures rouille rouge pour un poids de couche de 32/38 g/m² soit une épaisseur de 10 à 15 microns.
- Pas de fragilisation par l'hydrogène du fait de son application.
- Attention à valider la compatibilité de l'épaisseur du revêtement et les tolérances du filetage.

Magni 565®

Formulateur : MAGNI COATINGS®
Système anticorrosion duplex à faible épaisseur, non électrolytique, combinant une sous-couche inorganique riche en lamelles de zinc et aluminium (Magni B46) et une couche de finition organique riche en aluminium (Série Magni B18 – différents coefficients de frottement de 0,06 à 0,24 suivant ISO 16047).

Nomenclature selon ISO 10683 : flZn/nc/TL.

Variantes

Magni 502 : système anticorrosion monoproduit, riche en lamelles de zinc, couleur argent, autolubrifié - µ 0,15 +/- 0,03.

Nomenclature selon ISO 10683 : flZnL/nc.

Magni 554E/556E : systèmes anticorrosion duplex argent – µ 0,12 +/- 0,03.

Nomenclature selon ISO 10683 : flZn/nc/TL.

Magni 575 : système anticorrosion duplex noir – Coefficients de frottement 0,12 +/- 0,03 et 0,15 +/- 0,03.

Nomenclature selon ISO 10683 : flZn/nc/TL.

Méthodes d'application

En vrac/vrac positionné par immersion (au trempé) puis centrifugation (selon les pièces) ou égouttage.

A l'attache : pulvérisation au pistolet pneumatique ou électrostatique.

Préparation par dégraissage puis grenaillage ou phosphatation.

Conditions de cuisson : 230-250°C selon les revêtements riches en zinc et 175-200°C selon les finitions.

Principales propriétés

- Les systèmes Magni sont exempts de métaux lourds, chrome et chromate, PCB, CFC, CMR. Conformes à la réglementation REACH et à la directive RoHS.
- Absence de fragilisation par l'hydrogène du fait des procédés d'application.
- Tenue au brouillard salin (ISO 9227) : 720 -1000 heures selon les épaisseurs de films secs, la géométrie des pièces et le procédé d'application.
- Excellente résistance chimique (solvants organiques, liquides automobiles...).
- Excellents systèmes contre la corrosion bimétallique.
- Maitrise du coefficient de frottement.
- Les finitions Magni sont applicables sur les dépôts électrolytiques de zinc pur et de zinc allié.

Attention à valider la compatibilité de l'épaisseur du revêtement et les tolérances du filetage.

Nota : La norme NF EN 10683 "Éléments de fixation - revêtements non électrolytiques de zinc lamellaire" a fait l'objet d'une révision parue en 2018.

Les principales modifications sont les suivantes :

- Mise à jour des références normatives.
- Suppression de la restriction du contrôle aux filetages extérieurs revêtus
- Suppression d'une colonne relative au jeu maximal pour la position de la tolérance e.

7.6 Galvanisation à chaud

Définition

La galvanisation à chaud consiste à recouvrir de zinc un métal ferreux, principalement l'acier, par l'immersion dans un bain de zinc en fusion. Le revêtement ainsi obtenu doit avoir les meilleures qualités de continuité, de régularité d'épaisseur et d'adhérence au métal de base. C'est la recherche de ces qualités qui conditionne les techniques d'exécution du procédé.

Caractéristiques du revêtement

La température de fusion du zinc est de 419°C ; la galvanisation à chaud s'effectue normalement de 440 à 460°C.
A l'immersion du fer (acier) dans le zinc fondu, il se produit une réaction entre les deux métaux qui amène une diffusion entre le fer et le zinc entraînant la formation de couches d'alliages.
L'examen micrographique de coupes des revêtements permet de différencier les phases qui se succèdent du fer vers la surface extérieure :

	Alliage de	Dureté (Mpa)
- phase gamma ou couche d'adhérence	21 à 28% de fer	4500-5500
- phase delta :	7 à 12% de fer	2500-4500
- phase dzêta :	5 à 6% de fer	1800-2700
- phase êta ou couche de zinc pur	≤ 0,03% de fer	300-500

La galvanisation apporte aux pièces en acier une double protection contre la corrosion :
- protection physique par la barrière / écran que forme le revêtement de zinc et sa tenue à la corrosion.
- protection électrochimique par effet cathodique, due au pouvoir sacrificiel en vas de blessure du revêtement.

La très faible vitesse de corrosion du zinc permet d'obtenir des pièces avec une longévité remarquable.

Annuel	Milieu	Temps moyen de longévité du zinc (*)
0,5 à 1,5 microns	Extérieur en milieu rural	50 ans et +
1 à 3 microns	Extérieur en milieu urbain, selon le taux de pollution	25 à 30 ans et +
1,5 à 4 microns	Milieu marin	20 à 30 ans et +
3 à 8 microns	Milieu industriel	15 à 20 ans et +

* Epaisseur de revêtement conforme à la norme NF EN ISO 1461 (Ces données n'ont aucune valeur contractuelle)

Les différences d'épaisseur de ces couches dépendent, comme d'ailleurs l'épaisseur totale du revêtement, d'un certain nombre de facteurs influencés par l'intensité et la durée de la réaction par l'opération d'immersion dans le bain de zinc.

L'importance des opérations de préparation

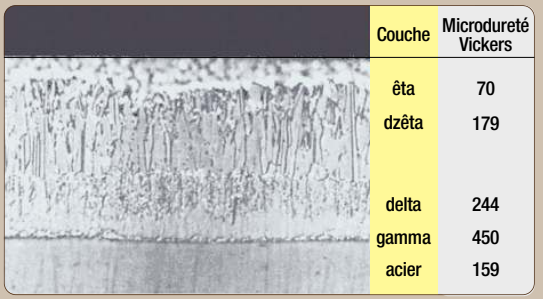
La galvanisation à chaud nécessite un traitement de préparation de surface particulier de façon à ce que le contact fer-zinc, dont il vient d'être question, se réalise intimement en tous points des pièces traitées.

Les opérations préliminaires sont, dans l'ordre : dégraissage, rinçage, décapage, rinçage, fluxage*, préchauffage et couvert (pour la galvanisation humide).

* **Le fluxage** consiste à déposer sur la surface des pièces un mélange de chlorure de zinc et de chlorure d'ammonium. L'opération a trois objectifs :
- parfaire la préparation de surface (dissolution des oxydes de fer réformés à la surface au cours de l'opération de rinçage),
- protéger la surface de toute oxydation avant immersion dans le bain de zinc,
- assurer une bonne mouillabilité de la surface des pièces par le zinc fondu.

La qualité finale du revêtement dépend en grande partie de la maitrise du process de préparation, puis de la maitrise du cycle de température pendant l'opération de revêtement proprement dite.

7.6-1 **Coupe micrographique d'un revêtement par galvanisation**



Galvanisation proprement dite

La qualité d'une galvanisation dépend des opérations préliminaires de préparation de surface que nous venons de voir, et dont le rôle est extrêmement important sur ce qu'on appelle la «prise de zinc» résultant du contact Fe-Zn. Elle dépend aussi d'un nombre appréciable de facteurs dont les principaux sont :

- la température du bain de zinc,
- la durée d'immersion,
- la vitesse de retrait des pièces,
- la composition du zinc dans le bain,
- le refroidissement suivant le retrait,

et évidemment l'influence de la nature des aciers, constituant les objets ou structures à galvaniser.

Applications

Les profilés galvanisés ont trouvé des applications particulièrement intéressantes dans la construction métallique : structures de bâtiments, charpentes, pylônes de grande hauteur, etc.
Au contact de la galvanisation avec le béton, il se crée une couche d'hydroxy zincate de calcium qui se comporte comme une couche de passivation et améliore l'adhérence au béton, évitant ainsi l'éclatement du béton provoqué par l'oxyde de fer.

Industrie du tréfilage de l'acier
La galvanisation à chaud est pratiquée systématiquement dans toutes les usines de tréfilage de l'acier. L'opération se fait en continu.

Industrie du tube d'acier
Toutes les usines de fabrication de tubes d'acier (tubes soudés et tubes étirés sans soudure) possèdent des installations de galvanisation très importantes et fortement mécanisées dans toutes les différentes opérations de traitement car le tube galvanisé a de très nombreuses applications, aussi bien comme conducteur de fluides (canalisations d'eau, de gaz, d'air comprimé, d'air de conditionnement thermique), que comme élément de construction : pylônes, échafaudages métalliques, structures et charpentes tubulaires, etc.

Industrie de la tôle d'acier
La galvanisation à chaud des tôles, qui s'effectuait, il y a encore quelques années, suivant le procédé classique sur des tôles en dimensions finies sous le nom de galvanisation feuille-à-feuille, est actuellement presque entièrement supplanté par la galvanisation des tôles en bandes continues.

Tôles prélaquées
Depuis les années 1960, les bandes d'acier galvanisées jouissent d'une présentation complémentaire qui, depuis lors, connaît une très forte progression de ses applications : il s'agit de la tôle prélaquée sur tôle d'acier galvanisée.

Les traitements de préparation de surface et d'application des laques sont réalisés sur des lignes de prélaquage importantes exploitant des procédés technologiques très perfectionnés qui concourent à l'obtention de produits de hautes performances en qualité, adhérence, ductilité... et en aspect : homogénéité, fixité des couleurs avec de nombreuses teintes de présentation des produits.

La tôle prélaquée est fournie commercialement en bandes de 0,60 à 1,50 m de largeur, en feuilles de mêmes largeurs et en bandes refendues toutes largeurs.

Ses principales applications se situent en construction métallique et bâtiment (couvertures, bardages, murs, rideaux...), en climatisation, en électroménager, en agriculture (équipements agricoles), en construction automobile, en emballage...

Application aux fixations

La norme NF EN ISO 10684 spécifie les matériaux, les étapes du procédé, les dimensions et caractéristiques fonctionnelles des revêtements de galvanisation à chaud s'appliquant aux fixations à pas gros de M8 à M64, de classes de qualité jusqu'à 10.9 pour les vis et goujons et jusqu'à la classe 12 pour les écrous.
La galvanisation à chaud n'est pas recommandée pour les fixations à pas fin et/ou de diamètre inférieur à M8.

Une des caractéristiques d'un revêtement par galvanisation est son épaisseur, au minimum de 40 µm localement et en moyenne au minimum de 50 µm. Les filetages doivent donc être adaptés afin de conserver les écarts fondamentaux (jeux fonctionnels) nécessaires. Deux méthodes le permettent :

- des vis dont le filetage est de position de tolérance g ou h avant revêtement, avec des écrous à filetage majoré, de classe de tolérance 6AZ ou 6AX après revêtement. L'écrou sera alors marqué Z ou X immédiatement après le marquage de sa classe de qualité.
- Des vis à filetage minoré, de classe de tolérance 6az avant revêtement, avec des écrous à filetage de position de tolérance H ou G après revêtement. La vis sera alors marquée U immédiatement après le marquage de sa classe de qualité.

Attention : Les écrous à filetage minoré ne doivent JAMAIS être montés sur des vis à filetage minoré il existe un risque majeur de ruine de l'assemblage par arrachement du filet.

- Les marquages Z, X ou U ci-dessus indiqués doivent être repris sur l'emballage.
- Cependant, si vis et écrous sont emballés ensemble, et livrés dans l'emballage scellé du fabricant, le marquage complémentaire des produits n'est pas obligatoire : le marquage obligatoire de l'emballage est considéré comme suffisant.
- Le marquage complémentaire des produits et de l'emballage n'est pas non plus obligatoire dans le cas d'un produit défini dans une norme de produit qui spécifie la tolérance de filetage des vis (ou goujons) et écrous, impliquant de ce fait que le fabricant n'a pas le choix de la tolérance de filetage.

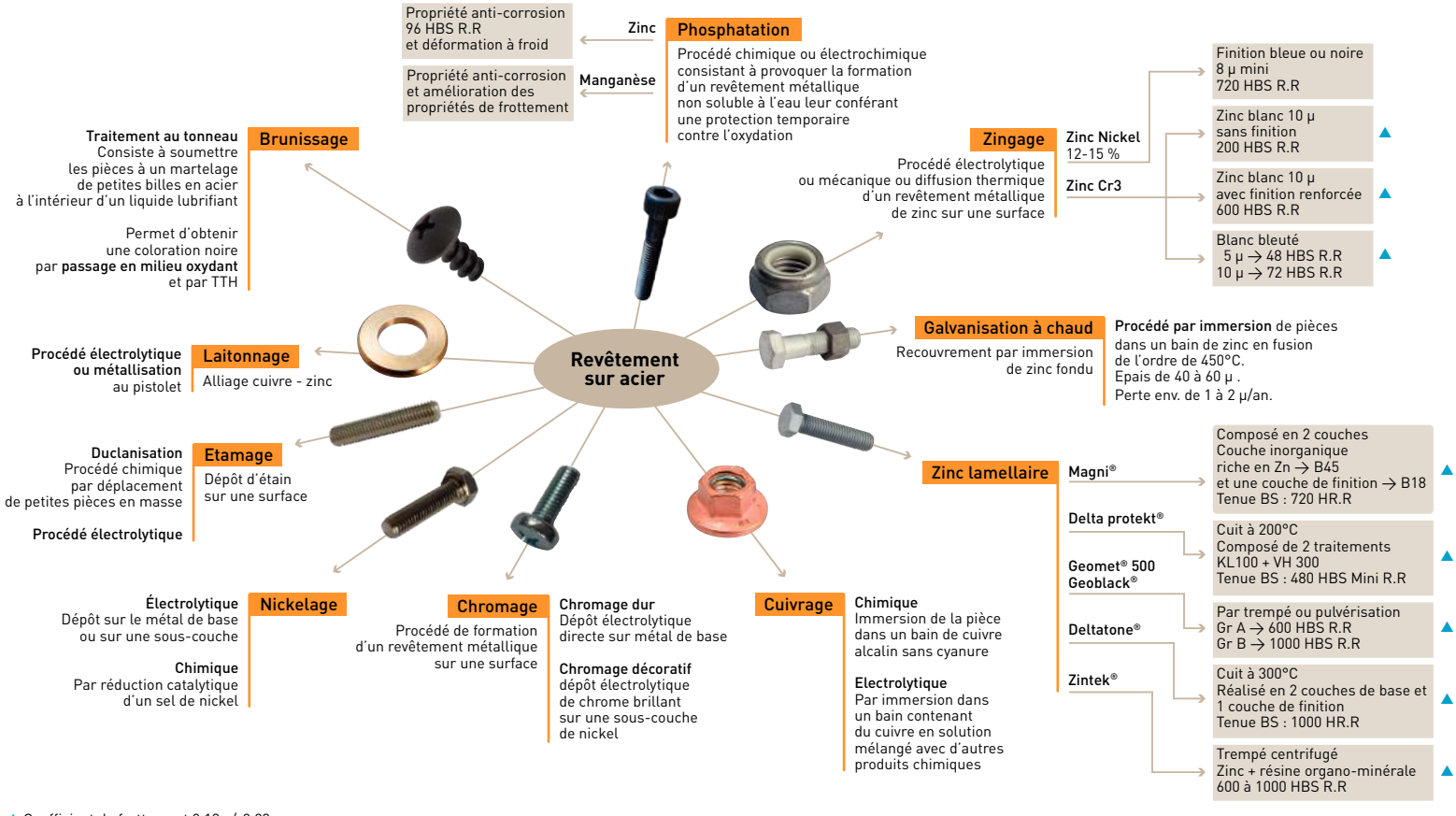
Avertissement : Pour les filetages M8 et M10, les charges d'épreuve et les contraintes sous charge d'épreuve des écrous ainsi que les charges ultimes en traction et les charges d'épreuve des vis et goujons sont spécifiées dans l'annexe A de la norme NF EN ISO 10684.

7.6-2 **Application de produits galvanisés : pylônes**

7.6-3 **Application de produits galvanisés : antennes**

7.7 Les autres traitements ou revêtements

7.7-1 **Synoptique des différents revêtements communs pour les fixations**



▲ Coefficient de frottement 0,12 +/-0,03

Généralités

Pour la fixation, il existe une multitude de revêtements qui ont des fonctions différentes, comme :

- la résistance à la corrosion,
- le contact électrique,
- l'esthétique.

Et qui peuvent être la résultante de contraintes particulières :

- contraintes mécaniques,
- contraintes dimensionnelles,
- contraintes physiques,
- contraintes esthétiques,
- Etc.

Ainsi on peut trouver un grand nombre de revêtements et de procédés d'application, qui répond à des besoins tous différents et spécifiques.

Chromage

Principe

Ce procédé de revêtement électrolytique est un des plus connus, bien que cette appellation désigne aussi improprement des protections multicouches, comme nickel + chrome.

Son importance industrielle se justifie tant par sa fonction décorative (non-ternissement), avec des épaisseurs inférieures ou égales au micromètre, que protectrice et mécanique (chromage dur) où le même dépôt de chrome est réalisé sur le métal de base, avec des épaisseurs d'une dizaine à quelques centaines de micromètres.

Les performances du chrome électrolytique, pour de telles applications, tiennent à sa dureté, à sa résistance à l'abrasion, à la passivité de la surface et aux qualités de frottement de pièces antagonistes, en glissement ou en rotation.

Mécanismes réactionnels lors du chromage

Pour que l'électrolyse donne lieu à un dépôt de chrome, une certaine proportion d'un anion catalyseur ($SO4^{--}$) est nécessaire (≃1/100^{e} en masse de l'anhydride chromique).

Les phénomènes sont schématisés par la figure 7.7-2 et correspondent aux réactions électrochimiques à la cathode et à l'anode.

Chromage décor

Cette appellation recouvre, en fait, un système de protection anticorrosion multicouches : Ni + Cr ou même Cu + Ni + Cr, le chrome apportant passivité, dureté superficielle et résistance au ternissement, mais une structure généralement fissurée ; le nickel, plus épais, ductile et non poreux, isole le métal de base du milieu ambiant. Anodique par rapport au chrome, le nickel se corrodera au niveau des fissures ou porosités du dépôt de chrome.

Il existe une grande variété de systèmes nickel + chrome dont les principaux sont, dans un ordre croissant de protection, les suivants :

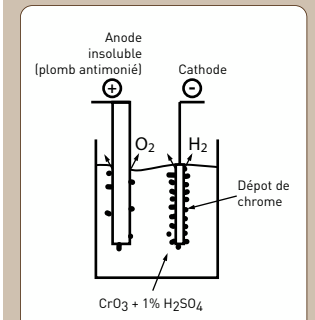
- nickelage brillant + chrome standard (par exemple, objets d'intérieur),
- nickelage brillant + chrome micro-fissuré,
- nickelage brillant + chrome duplex (non fissuré + micro-fissuré),
- nickelage duplex + chrome non fissuré,
- nickelage duplex + chrome micro-fissuré.

Ces systèmes de dépôt ont largement été utilisés dans l'industrie automobile, où les épaisseurs requises vont de 10 à 50 µm de nickel et de 0,1 à 1 µm de chrome.

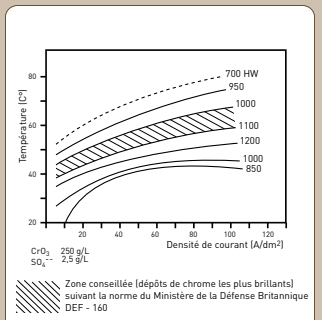
Les applications du chrome décoratif se rencontrent dans beaucoup d'industries, particulièrement :

- industrie automobile et équipements,
- instruments d'optique, de précision, et médicaux,
- matériels téléphoniques et électriques,
- mobiliers métalliques,
- articles de sports et appareillage domestique...

Les contrôles de qualité concernent l'adhérence, la porosité, l'épaisseur, la corrodabilité. C'est pourquoi les normes déjà citées pour le nickelage électrolytique, ainsi que la norme NF A 91-119, pourraient être consultées.



7.7-2 **Schéma de principe de l'électrolyse d'un bain de chromage**



7.7-3 **Courbes d'isodureté en fonction de la température et du courant cathodique**

Chromage dur et épais

Cette technique de chromage pour usages industriels concerne des dépôts plus épais que pour les usages décoratifs, et permet de tirer parti d'une ou plusieurs des propriétés suivantes :

- faible cohérence de frottement,
- propriétés anti-adhérentes,
- résistance à l'usure et haute dureté,
- résistance à la corrosion,
- qualités de résistance aux charges.

Caractéristiques du chromage dur

Les revêtements de chrome dur ont habituellement une épaisseur de 8 à 250 µm. Les bains utilisés sont tout à fait semblables à ceux utilisés en chromage décoratif, hormis la concentration en Cr3 plus faible (150 à 300 g/l) et la température à 50°C, ce qui permet des densités de courant jusqu'à 80 A/dm^2.

Pour obtenir les duretés les plus élevées (≃ 1000 HV), il faut considérer ensemble température et densité de courant cathodique (figure 7.7-3).

Le chromage épais mettant en jeu d'importantes densités de courant cathodique, et donc une grande intensité par unité de volume, il sera souvent utile de prévoir un système de refroidissement du bain adapté à la puissance dissipée par effet Joule.

Techniques d'application

Forme et état de surface

La qualité finale du dépôt de chrome épais est lié à l'état de surface et à la forme de la pièce à revêtir.

7.7-4

Etat de surface et forme	Défauts	Remèdes
Effet d'angles	Surépaisseurs sur arêtes, manque de dépôt dans les creux	Rayonner ou ne pas chromer l'angle
Rayures ou fissures	Absence ou réduction du dépôt	Adoucir par meulage
Filetage	Modification du diamètre et de l'angle de filetage	Compenser par usinage ou polissage électrolytique
Alésage	Irrégularité d'épaisseur	Utiliser une anode de forme ou prévoir un dégagement à la meule
Limite de dépôt	Surépaisseur	Reporter la limite en zone non fonctionnelle ou utiliser une cathode auxiliaire

Le chrome épais amplifie les défauts du métal de base et ce d'autant plus que son épaisseur est importante. La surface devra donc être exempte de piqûres, occlusions, zones écrouies, arrachements de métal, stries d'étirage, tapures de trempe, soufflures, etc.

Il faudra aussi tenir compte de l'amplification de la rugosité superficielle en prévoyant les opérations préalables de rodage, polissage ou rectification (rugosité totale $R_t \leq 1$ µm et $R_a \leq 0{,}5$ µm).
Usinable à la meule ou par pierrage, le chrome électrolytique permet d'obtenir par superfinition des rugosités très faibles : R_a de 0,1 à 0,02 µm.

Choix du dépôt

Pour une pièce cylindrique tolérancée, il est possible d'obtenir par chromage une surface utilisable sans retouche en considérant toutefois que la tolérance sur le diamètre chromé est la somme algébrique des tolérances d'usinage du support et de la tolérance d'épaisseur du chromage.

Chromage à la cote

- Epaisseur du chrome ≤ 12 µm : frottement à sec, outils de coupe, par exemple.
- Epaisseur du chrome 10 à 25 µm : moules.
- Epaisseur du chrome 20 à 60 µm : frottement de glissement, prévention légère de l'usure ou de la corrosion.

Chromage épais

Epaisseur > 50 µm, parfois jusqu'à 500 µm, pour assurer une cote précise après rectification sur des pièces :

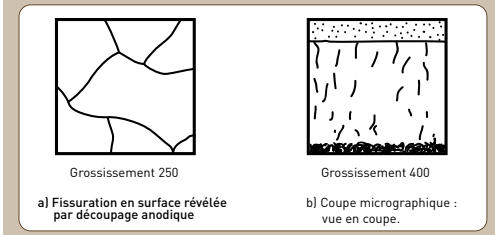
- neuves : protection, importante contre l'usure (abrasion et corrosion),
- défectueuses en usinage ou usées : apport > 50 µm et tolérance diamétrale ≤ 40 µm après rectification.

Pré et post-traitements

Les traitements préalables au chromage élimineront les souillures, les oxydes mais aussi la couche superficielle écrouie, et éventuellement abaisseront la rugosité. En vue d'améliorer l'endurance à la fatigue, un grenaillage de précontrainte peut être spécifié :

- intensité de grenaillage 0,3 mm d'arc, acier $R_m < 1100$ MPa,
- intensité de grenaillage 0,4 mm d'arc, acier $R_m \geq 1100$ MPa.

Après chromage électrolytique, les aciers à haute résistance, du fait de l'intense dégagement d'hydrogène, subissent une fragilisation.
Les propriétés de telles pièces sont restaurées par un traitement thermique dit de dégazage qui favorise la diffusion de l'hydrogène vers l'extérieur, aussitôt après chromage (moins de 4h) et avant toute finition mécanique.
Les pièces devant résister à la fatigue et non précontraintes subiront le traitement thermique suivant : 400 à 480°C pendant 1h minimum ; mais cela peut entraîner une diminution de la dureté du chrome et de l'acier.



7.7-5 **Structure d'un dépôt de chrome standard**

Il peut être prescrit une détente à une température de 135 à 150°C durant 2 à 5h, après rectification du dépôt de chrome.
Dans tous les cas, les contrôles magnétoscopiques ou par ressuage sont recommandés avant et après rectification du chrome, car une rectification mal conduite provoque une fissuration accrue du dépôt.

Structure et propriétés du chrome dur

Même à faible épaisseur 0,5 à 1 µm, le dépôt de chrome électrolytique se fissure car les tensions internes du dépôt (≈ 100 MPa) sont supérieures à la ténacité du chrome (≈ 15 MPa).

L'examen au microscope montre ainsi des réseaux de fissures caractéristiques, réseaux qui se superposent sans continuité au fur et à mesure de l'accroissement du dépôt (figure 7.7-5).

Une relative étanchéité du dépôt ne s'obtient qu'à partir de 30 à 50 µm d'épaisseur.

Au contraire, des autres dépôts électrolytiques, la taille des grains est excessivement fine, 0,008 à 0,12 µm ; elle est révélée seulement aux rayons X et n'est modifiée que par des traitements thermiques excédant 400°C et durant plus d'une heure, modification qui coïncide alors avec une baisse de dureté.

La dureté et la résistance à l'usure sont deux propriétés essentielles du chrome électrolytique. Les paramètres vus au paragraphe *« Caractéristiques du chromage dur »* permettront de fixer le plus souvent cette valeur, au mieux, entre 800 et 1000 HV.

Il est à noter que cette valeur correspond à des mesure effectuées sur dépôts épais (épaisseur supérieure à 50 µm), sans rupture du dépôt, ni fissuration aggravée.

Cependant, les dépôts de dureté intermédiaire 750 à 800 HV donneraient la meilleure résistance à l'usure (essai Taber).

Le faible coefficient de frottement du chrome électrolytique permet de très nombreux usages mécaniques : pistons, vérins, coulisseaux, soupapes, arbres, etc.

Parmi les nombreux procédés de revêtements, sont présentés ci-après, les revêtements non électrolytiques ou lamellaires les plus courants en matière de fixations.

Shérardisation (diffusion thermique)

La shérardisation est un procédé thermochimique de diffusion superficielle de zinc dans l'acier afin de protéger les articles contre la corrosion.
La pénétration mutuelle des métaux par combinaison ou par diffusion est un phénomène d'ordre très général. A température ordinaire, la réaction est extrêmement lente et ne serait réalisable que sous forte pression mais en élevant la température, la migration atomique est très sensiblement favorisée par l'agitation thermique des atomes.
La diffusion du carbone dans le fer est bien connue : c'est la cémentation classique, dite cémentation carburante. Mais la plupart des métaux et certains métalloïdes peuvent être utilisés comme céments et ils forment un revêtement d'un alliage riche du métal incorporé dans le cément.
Parmi les cémentations métalliques, la plus ancienne appliquée industriellement est celle de zinc, connue sous le nom de shérardisation, du nom de l'ingénieur anglais Sherard Cowper-Cowles.
Le cément est constitué par de la poudre de zinc auquel on ajoute une charge inerte dont l'objet est d'éviter d'endommager les pièces durant l'opération de chauffe et d'assurer une égale répartition de la poudre de zinc.
Le traitement s'effectue dans des récipients métalliques appelés caissons, soigneusement fermés afin d'opérer dans une atmosphère inerte non oxydante. Les pièces à traiter sont préalablement décapées puis noyées dans le cément à l'intérieur des caissons.
Ces caissons sont placés dans un four chauffant. Ils sont mis en rotation lente sur un axe horizontal, pour un brassage permettant une température homogène à l'intérieur du caisson.
La température de traitement est de l'ordre de 400°C, avec montée en température et retour à la température ambiante très lente afin d'éviter déformations et modifications des caractéristiques mécaniques.
La shérardisation confère aux pièces une excellente tenue à la corrosion, le revêtement est très régulier avec d'excellentes propriétés d'adhésion et d'un aspect gris mat.

Cataphorèse

La peinture par cataphorèse permet une bonne uniformité de revêtement, de couleur noire.
Pour les pièces soumises à des agressions mécaniques, une sous-couche de zinc de 5 à 6 µm améliore la tenue à la corrosion et la résistance aux agressions mécaniques.

Le procédé consiste en l'application d'une peinture qui est un primaire cationique. Celle-ci est une dispersion de molécules organiques et de pigments minéraux en milieu aqueux. En appliquant une tension de 200 à 350V en courant continu entre les pièces immergées à la cathode et les cellules d'électrodialyse faisant office d'anode, les molécules chargées (+) se déplacent à la cathode, entraînant les pigments minéraux et se déposent sur les pièces chargées (–). Après application, on procède à un rinçage puis à une polymérisation.
La couche obtenue peut être laissée en l'état ou servir de couche d'accrochage à une peinture d'aspect (peinture poudre ou liquide).

Méthodes d'application

S'applique sur tous matériaux conducteurs : aciers, alliages cuivreux, alliages d'aluminium, fonte, zinc et alliages, magnésium, aciers inoxydables...

Principales propriétés

- Couleur noire, aspect brillant.
- Epaisseur de 12 à 24 µm d'épaisseur uniforme, intervalle de tolérance de l'ordre de 5 µm.
- Adhérence excellente sur tout support, y compris sur tôle galvanisée ou pièces électrozinguées.
- Tenue à la corrosion : 500 heures au brouillard salin sur acier phosphaté, sans dégradation mécanique de la couche.
- Bonne tenue aux U.V.
- Bonne pénétration dans les corps creux.

Nickelage electrolytique

Le procédé consiste à assurer un dépôt de nickel par procédé électrolytique. Ce dépôt améliore les caractéristiques de frottement du métal sur lequel il est déposé et offre une bonne protection à la corrosion.
Le nickel électrolytique peut s'effectuer sur l'acier, l'inox, le cuivre/Laiton et l'aluminium.

Méthodes d'application

Traitement au tonneau

Il sera préféré au nickel chimique en cas de pièces ayant des cotes serrées pour des raisons d'inhomogénéité d'épaisseur du dépôt, caractéristiques propres aux dépôts électrolytiques.

Principales propriétés

- Aspect : Uniforme
- Epaisseur : 5 à 70 µm
- Résistance à la corrosion
- Dureté : 150 à 350 Hv

Nickelage chimique

Le procédé de nickelage chimique se distingue principalement du procédé par voie électrolytique par le fait que sa réaction se produit à vitesse constante en tout point de la surface de la pièce en contact avec la solution.

En nickelage électrolytique, la vitesse de dépôt est en général variable, puisque le flux du courant dépend de la géométrie de la pièce.

Cette propriété se traduit par un "effet de pointe" sur les arrêtes vives et par un dépôt pratiquement nul dans les cavités.

Cet avantage du nickelage chimique assure au revêtement deux qualités essentielles :
- Respect rigoureux des cotes, ce qui évite un usinage ultérieur.
Pratiquement, l'épaisseur d'un dépôt peut être garantie à 2 microns près.
- Uniformité de la protection, quelle que soit la complexité de la pièce.

Méthodes d'application

Traitement au tonneau ou à l'attache
En règle générale, grâce aux qualités de l'alliage nickel-phosphore, à la régularité et à la précision de son dépôt, à l'épaisseur de la couche pouvant varier de 0 à 200 µ et plus, le champ d'application du nickelage chimique ne connaît pratiquement pas de limites.

Principales propriétés

- Dureté importante
- Brillant ou satiné
- Bonne conductibilité électrique
- Epaisseur de 3 à 100 µ
- Adhérence Très bonne : comparable en tous points un dépôt électrolytique
- Tous types de métaux : acier carbone et inoxydable, aluminium et ses alliages, cuivre et ses alliages, fontes.

Cuivrage électrolytique

Le cuivre est très employé en sous-couche sur un grand nombre de substrats, non seulement pour la protection qu'il peut apporter si son épaisseur est convenable, mais aussi pour la liaison qu'il procure entre le métal de base et les dépôts terminaux.
Le cuivrage électrolytique peut s'effectuer sur l'acier, l'inox et l'aluminium.

Méthodes d'application

Traitement au tonneau

Principales propriétés

- Epaisseur : jusqu'à 20 µm
- Ductilité
- Propriétés mécaniques médiocres

Etamage

Le revêtement d'étain est souvent utilisé pour sa bonne résistance chimique, sa basse température de fusion facilitant la soudabilité, son comportement alimentaire (résistance et absence de toxicité), sa conductivité électrique, ainsi que son aspect gris-blanc décoratif.

Méthodes d'application

Traitement au tonneau ou à l'attache
Substrats cuivreux, acier ou fonte, aluminium

Principales propriétés

- Bonne tenue à la corrosion
- Bonne résistance chimique à l'oxydation
- Bonne conductibilité électrique
- Bonne soudabilité
- Bonne résistance au frottement
- Température limite d'emploi 150°C

Brunissage

Le brunissage est une oxydation superficielle des aciers obtenue par voie chimique, permettant l'obtention d'un aspect noir.
Ce traitement peut être effectué sur acier ou acier inoxydable.
La couleur obtenue sera fonction de la nature du métal.

Méthodes d'application

Dégraissage, décapage et conversion chimique.

Principales propriétés

- Protection temporaire.
- Finition sèche et grasse.
- Possibilité de ne pas huiler.
- Pas de surépaisseur.
- Résistance aux U.V.

7.8 Choix d'un revêtement anti-corrosion

Les directives européennes

Les directives européennes 2000/53/EC et 2002/95/EC (voir extraits en fin d'ouvrage) ont, dans le cadre de la protection de l'environnement et de la recyclabilité des produits, introduit la limitation de l'emploi de métaux lourds et/ou polluants, notamment le chrome hexavalent.
Par exemple, les véhicules automobiles mis sur le marché depuis le 1er juillet 2003 doivent contenir moins de 2 grammes de chrome hexavalent.
Les solutions constituent en la substitution du chrome 6 présent dans la chromatation par du chrome 3 dans les passivations. La résistance à la corrosion sera obtenue par l'ajout d'une couche organo-minérale complémentaire.

Eléments de choix

Du fait de l'ajout d'une couche complémentaire, le choix devient un compromis entre trois caractéristiques majeures induites par le revêtement, choix dépendant de l'application envisagée :
- épaisseur,
- tenue au brouillard salin,
- coefficient de frottement.

Par ailleurs, on remplace souvent un revêtement « générique » (par exemple le zingué jaune bichromaté) par un revêtement ayant fait l'objet de développements techniques par un formulateur et protégé.
Il convient donc de prendre en compte les préconisations du donneur d'ordre amont, souvent exprimées dans un cahier des charges qui peut spécifier une formulation particulière et la diffusion de la formulation dans le réseau de sous-traitants disponibles.

Le tableau 7.8-1 présente quelques éléments de choix de revêtements sans chrome 6 ; vos interlocuteurs Emile Maurin sont à votre disposition pour vous proposer une solution en fonction de vos critères particuliers.

7.8-1

Traitement	Aspect	Epaisseur	Tenue brouillard salin	Coefficient de frottement et remarques
Zingage blanc	Blanc bleuté	5 µm	48 h rouille rouge	
		10 µm	72 h rouille rouge	
Zingage Lanthane® sans finition renforcée	Argent	10 µm	200 h rouille rouge	
Zingage Lanthane® avec finition rapportée	Argent	10 µm	600 h rouille rouge	Possibilité de coefficient de frottement maîtrisé µ = 0,12 à 0,18
Zinc nickel 12-15% finition bleue	Bleuté	8 µm mini.	720 h rouille rouge	Evite la corrosion par couplage avec l'aluminium
Zinc nickel 12-15% finition noire	Noir	8 µm mini.	720 h rouille rouge	Evite la corrosion par couplage avec l'aluminium
Geomet 500® grade A	Gris	5 à 7 µm	600 h rouille rouge	Coefficient de frottement µ = 0,12 à 0,18
Geomet 500® grade B	Gris	8 à 10 µm	1000 h rouille rouge	Coefficient de frottement µ = 0,12 à 0,18
Delta Protekt®	Gris argenté	5 à 10 µm	600 à 1000 h rouille rouge	
Deltatone®	Gris argenté	6 à 10 µm	400 h rouille rouge	Avec finition Deltaseal GZ® coefficient de frottement µ = 0,10 à 0,14
		10 à 15 µm	800 h rouille rouge	

Guide d'aide au choix des traitements de surface pour les fixations

Ce guide a été rédigé avec la profession des fabricants de fixations pour fournir les principaux éléments d'aide au choix d'un traitement de surface d'une fixation en fonction de différents critères, qu'ils soient dimensionnels, fonctionnels ou autres. Il permet de préparer le dialogue entre client et fournisseur de solution de traitement, et contribue à n'oublier aucun critère important dans le choix qui sera fait.

Ci-dessous sont regroupées les principales questions à se poser pour choisir un traitement de surface. Le tableau 7.8-3 regroupe des informations couramment appliquées pour les procédés de traitement de surface dans le domaine des fixations métalliques. Le tableau 7.8-4 précise quelques considérations à prendre en compte.

Généralement, les choix de revêtement sont déterminés par retour d'expérience ou par une politique de standardisation de l'entreprise.

7.8-2 **Principales questions à se poser**

		Réponse
Q1	QUEL EST LE TYPE DE FIXATION ? Vis et produits longs, écrous et produits creux, rondelles et produits plats, clips, fixations élastiques, ...	
Q2	QUEL EST LE MATERIAU DE LA FIXATION ? C'est le matériau sur lequel le revêtement est directement appliqué : acier, alliage d'aluminium, alliage cuivreux, ...	
Q3	QUEL EST LE DIMENSIONNEL DE LA FIXATION ? Diamètre, longueur, masse, ...	
Q4	LA FIXATION COMPORTE-T-ELLE UN CORPS CREUX ? Empreinte, trou borgne ou débouchant, zone de rétention, ...	
Q5	QUELLES SONT LES NATURES DES MATERIAUX A ASSEMBLER ? Risque de couplage galvanique	
Q6	QUEL VOLUME DE FIXATIONS SERA A TRAITER ? Volume annuel de fixations à traiter, volume par lot	
Q7	QUELLE EPAISSEUR DE REVETEMENT MAXIMALE EST ADMISSIBLE POUR LA MONTABILITE ? C'est l'épaisseur de revêtement permettant de monter correctement la fixation.	
Q8	QUELLE TEMPERATURE MAXIMALE EST SUPPORTABLE PAR LES PIECES ? C'est la température qui peut endommager les caractéristiques mécaniques et/ou fonctionnelles de la fixation.	
Q9	Y AURA-T-IL DES TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES ?	
Q10	Y AURA-T-IL DES OPERATIONS SUPPLEMENTAIRES APRES REVETEMENT ? Patch sur filet, frein filet, sertissage, peinture, ... (compatibilité à vérifier)	

		Réponse
Q11	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE CONFORMITE REGLEMENTAIRE ? RoHS, VHU, alimentarité, eau potable, ...	
Q12	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE EN CORROSION ? Brouillard salin (NSS), Kesternich, test cyclique, ... et durées minimales associées. Sinon, milieu urbain, rural, industriel, marin, tropical, ...	
Q13	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE AUX AGENTS CHIMIQUES ? En milieu acide, alcalin, chloré, ...	
Q14	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE EN TEMPERATURE EN SERVICE ? En palier, en pointe, ...	
Q15	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE MECANIQUE DU REVETEMENT ? Ductilité (aptitude à suivre une déformation élastique et/ou plastique de la fixation sans altérer les caractéristiques fonctionnelles du revêtement), dureté, résistance au choc, à l'érosion, au gravillonnage, ...	
Q16	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE D'ASPECT ? Coloré, mat, brillant, irisé, uniforme, ...	
Q17	EXISTE-T-IL UN RISQUE DE FRAGILISATION PAR L'HYDROGENE POUR LES FIXATIONS EN ACIER ? Dureté maximale de la fixation, type de sollicitation, ...	
Q18	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE ?	
Q19	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE COEFFICIENT DE FROTTEMENT ?	

Informations généralistes* sur les procédés de traitement de surface

* Ce tableau est informatif et non exhaustif. Il regroupe les données courantes pour les principales applications dans le domaine des fixations métalliques.

7.8-3 **Tableau de recensement des types d'application des revêtements**

Lien avec Q (voir tableau 7.8-2)	Q2	Q1–Q3–Q4	Q8	Q7	Q12	Q13	Q14	Q16	Q15	Q19	Q9
Type de revêtement	**Matériau fixation**	**Mode d'application**	**Température de mise en œuvre du procédé TS**	**Epaisseur usuelle**	**Tenue en corrosion sur acier (NF EN ISO 9227 NSS et/ou NF A 05-109)**	**Tenue aux agents chimiques**	**Tenue en température**	**Aspect**	**Microdureté**	**Coefficient de frottement NF EN ISO 16047**	**Traitements complémentaires**
Zinc lamellaire revêtement non électrolytique composé de lamelles métalliques (majoritairement de Zn), dispersées dans un liant et suivi d'une cuisson NF EN ISO 10683	Acier Acier inox Aluminium et alliages	Par trempé centrifugé Par pulvérisation En vrac ou à l'attache	De 160 à 310°C selon le procédé	De 4 à 10 µm Peut également être exprimé en poids de couche, de 18 à 36g/m²	Protection temporaire : oui Usuellement de 480 à 1000 heures BS Usage extrême : jusqu'à 3000 heures BS	De pH1 à pH13 selon le système de Zn lamellaire	Variable selon le procédé 400°C sans dégrader la tenue à la corrosion 500°C possible	Gris ou noir en standard Autres couleurs possibles	Inférieur à 100 HV	0,30 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température
Zinc électrolytique revêtement de Zn déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : oui (sans passivation) Usuellement de 96 à 600 heures BS Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 250°C maximum possible	Gris ou noir ou irisé en standard Autres couleurs possibles	De 60 à 120 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Peinture Eventuellement top coat ou sealer
Zinc Nickel électrolytique (entre 12 et 16% Ni) revêtement d'alliage de ZnNi déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : non Usuellement de 480 à 1000 heures BS Usage extrême : au-delà de 2000 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	250°C sans dégrader la tenue à la corrosion 350°C possible	Gris ou noir ou irisé	De 350 à 450 HV	0,35 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Eventuellement top coat ou sealer
Zinc Fer électrolytique (entre 0,5 et 1,2% Fe) revêtement d'alliage de ZnFe déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : non Usuellement de 96 à 600 heures BS Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 200°C maximum possible	Noir en standard Gris ou irisé possible	De 200 à 240 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Peinture Eventuellement top coat ou sealer
Zinc par matoplastie revêtement de Zn et Zn allié en poudre obtenu par action mécanique - Zn - ZnSn (en multicouche ou alliage) - ZnAl (9-25% Al)	Acier	Par compactage mécanique En vrac	Température ambiante	De 5 à 20 µm	Protection temporaire : oui (sans passivation) Usuellement de 96 à 600 heures BS Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 250°C maximum possible	Gris en standard	De 60 à 120 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Eventuellement top coat ou sealer ou incorporation dans la masse (type PTFE)

7.8-3 (suite) NC : non concerné

Lien avec Q (voir tableau 7.8-2)	Q2	Q1-Q3-Q4	Q8	Q7	Q12	Q13	Q14	Q16	Q15	Q19	Q9
Zinc par shérardisation revêtement de ZnFe par tonnelage dans un mélange de poudre de Zn et d'air à haute température	Acier peu ou faiblement allié	Par diffusion thermique En vrac	De 320 à 450°C	De 15 à 60 µm	Usuellement de 96 à 600 heures BS Usage extrême : jusqu'à 2000 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	De 350 à 450°C	Gris anthracite ou noir	350 HV	De 0,3 à 0,2 sauf traitement complémentaire	Conversion au chrome trivalent Top coat noir Lubrification
Galvanisation à chaud revêtement par immersion dans un bain de Zn ou d'alliage de ZnAl fondu NF EN 10684	Acier	Par immersion Par trempé centrifugé En vrac ou à l'attache	De 455 à 480°C ou de 530 à 560°C selon teneur en silicium	De 50 à 70 µm	Essai BS non adapté Consommation annuelle de Zn située entre 1 et 4 µm en fonction de l'environnement	De pH4 à pH10	200°C sans dégrader la tenue à la corrosion 300°C maximum	Gris mat	Succession de 4 couches allant de 70 HV en surface jusqu'à 450 HV à l'interface	Jusqu'à 0,35 (risque de grippage) 0,10 ≤ K ≤ 0,16 avec traitement complémentaire (NF EN 14399-2)	Lubrification Passivation pouvant être colorée
Phosphatation couche de phosphates insolubles obtenue par immersion dans un bain d'acide phosphorique, de phosphates et d'additifs	Acier peu ou faiblement allié	Par immersion Par pulvérisation En vrac ou à l'attache	De 50 à 95°C	Couramment exprimé en poids de couche : de 3 à 20 g/m² (correspondant à une surépaisseur maxi de 6 µm)	Inférieure à 24 heures BS sans huilage	Aucune	150°C maximum	De gris à noir	NC	0,2 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Lubrification Peinture
Nickel chimique Allié au bore ou au phosphore - HP : haut phosphore (10-13%) - MP : moyen phosphore (5-10%) - BP : bas phosphore (2-5%)	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 95°C	De 20 à 100 µm	Haut phosphore - 20 < ép < 25 µm : 96 h - ép > 40 µm : supérieur à 200 h (maxi 600 h) Moyen et bas phosphore - 20 < ép < 25 µm : inférieur à 48 h	Excellente tenue en milieu alcalin (HP & BP) Assez bonne tenue en milieu acide (BP) Cas critique en présence de nitrique	Perte de résistance corrosion au-delà de 220°C Température de fusion : 860°C	Gris mat à brillant Eventuellement noir	De 450 à 750 HV sans traitement thermique De 800 à 1000 HV après traitement thermique de 1h à 380°C	0,4 non lubrifié 0,2 lubrifié dans la masse	Lubrification
Argentage	Acier Acier inox Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 35°C	De 6 à 30 µm	NC	De pH1 à pH14 Craint les composés soufrés	De 200°C à 500°C	Blanc argenté	De 40 à 180 HV	NC	NC
Dorure	Cuivre et alliages Revêtement de Ni	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 60°C	De 0,1 à 10 µm	NC	De pH1 à pH14	Maximum 300 à 400°C	Jaune Rose Blanc	De 50 à 300 HV	NC	NC
Cuivrage électrolytique	Acier Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 70°C	De 5 à 30 µm	NC	De pH1 à pH11 Craint l'acide nitrique	Maximum 800°C	Rouge orangé	De 50 à 200 HV	NC	Lubrification
Etamage	Acier Acier inox Cuivre et alliages Revêtement de Ni	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 40°C	De 5 à 20 µm	NC	De pH2 à pH12 Attaqué en milieu acide et très alcalin	Maximum 150°C	Blanc	De 10 à 40 HV	NC	NC
Cataphorèse	Acier Acier inox Acier zingué Alu. et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 150 à 180°C	De 8 à 45 µm	Usuellement de 96 à 800 heures BS	De pH1 à pH14	Maximum 220°C	Noir en général	NC	De 0,2 à 0,1	Lubrification Sealer Peinture

7.8-4 **Considérations à prendre en compte**

Q1-Q3	Généralement, les fixations sont traitées en vrac mais peuvent être traitées à l'attache selon la géométrie, le poids, l'aspect.
Q4	Le traitement des empreintes creuses inférieures à M4 et des trous borgnes est à valider par essai dans le cas des procédés en milieux liquides aqueux ou solvantés.
Q5	En plus d'assurer la résistance à la corrosion de la fixation, le revêtement peut permettre d'éviter la formation d'un couple galvanique entre la fixation et la structure qui la reçoit. Généralement, on considère comme préférable que les potentiels de la fixation et de la structure soient le plus proches possibles. D'autre part, il est préférable que le potentiel du matériau de la fixation soit plus noble que celui du revêtement de manière à ce que ce dernier se corrode préférentiellement (dépôt sacrificiel). De ce point de vue, tous les revêtements à base de zinc sont sacrificiels par rapport à l'acier ou à l'aluminium. A l'inverse, un dépôt de nickel est plus noble que l'acier ou l'aluminium, ainsi, ce sont ces derniers qui se corrodent préférentiellement.
Q6	Le volume annuel de fixations ou la taille de lot (quantité de fixations traitées ensemble en une seule fois) pourra conditionner la ligne de traitement (taille) et/ou le procédé utilisé, attache ou vrac (capacité des tonneaux).
Q7	L'épaisseur possible de revêtement sera limitée par le jeu disponible (cas des fixations à filetage métrique ISO) et/ou l'utilisation finale de la pièce (montabilité, fonctionnalité, ...) Selon l'utilisation, on prendra par exemple en compte une épaisseur maximale pour une montabilité et/ou une épaisseur minimale pour une tenue en corrosion dépendant du procédé utilisé. Il est préférable de définir une zone de référence pour mesurer l'épaisseur. Le poids de couche est défini comme la masse totale du revêtement rapporté à la surface totale de la fixation.
Q11	VHU : concerne l'absence de chrome hexavalent, mercure, cadmium et plomb dans les véhicules automobiles mis en décharge RoHS : concerne l'absence des mêmes éléments pour l'industrie électrique et électronique REACH : concerne toutes les industries et vise à l'élimination progressive des composés CMR (cancérigène, mutagène, reprotoxique), dans un premier temps le chrome hexavalent est visé.
Q12	Les exigences de tenue à la corrosion d'une fixation peuvent être qualifiées par 2 principaux types de tests, choisis en fonction de l'utilisation de la fixation : • tenue aux essais de brouillard salin (BS) : essai de corrosion au cours duquel les fixations sont exposées à un fin brouillard de solution saline - neutre (NSS) - acétique : avec un pH acide - cupro-acétique : avec ajout de cuivre • tenue aux essais Kesternich : essai de corrosion au cours duquel les fixations sont exposées à une atmosphère saturée en vapeur d'eau contenant du SO_2 (voir NF EN ISO 6988 et NF A05-132) La tenue à la corrosion de la fixation est fonction du milieu (intérieur, extérieur, marin, industriel, urbain, ...- voir ISO 9223). A noter que les tests de corrosion accélérés permettent des évaluations comparatives entre systèmes de revêtements mais ne représentent pas nécessairement les comportements en atmosphère extérieure, très variable par nature.
Q17	La fragilisation par l'hydrogène est la perte irréversible de ductilité d'un métal ou d'un alliage sous l'effet de contraintes de traction. Typiquement, à partir de 320 HV pour des pièces soumises à traction, vérifier que le traitement n'intègre pas une source de diffusion d'hydrogène dans l'acier. L'applicateur devra si besoin envisager un traitement de dégazage complémentaire pour minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène. Voir ISO DTR 20491
Q18	La conductibilité électrique dépend essentiellement du traitement complémentaire appliqué (passivation, top coat, sealer, ...)
Q19	Le coefficient de frottement dépend du procédé et/ou du traitement complémentaire appliqué (passivation, top coat, sealer, ...)

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.3 Notions élémentaires de mécanique

4. CHOIX D'UN ASSEMBLAGE BOULONNÉ

4.2 Règles d'implantation

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.58 Essais de couple-tension

9. FIXATION D'INFRASTRUCTURE

9.1 Les boulons CE et NF : les différences

9.14 Choix de l'outil de serrage

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

14 Performance des modes d'entraînement des vis

16 Couples de serrage pour visserie en acier ou inox

8

Serrage, auto-freinage, grippage

8.0 Principes mécaniques du serrage d'un assemblage vissé

Le serrage d'un assemblage vissé consiste à utiliser de façon optimum les propriétés élastiques de la vis, élément principal de l'assemblage.
Un assemblage vissé correctement se comporte comme un «ressort». Le serrage génère une précharge axiale de tension, égale et opposée à la compression qui s'exerce sur les pièces assemblées.
Selon les applications, le serrage doit :

- assurer la rigidité du montage et lui permettre de supporter les sollicitations de traction, compression, flexion et cisaillement,
- garantir une étanchéité,
- résister aux effets de desserrage spontané,
- éviter le cisaillement de la fixation,
- réduire les sollicitations de fatigue sur la fixation
- en veillant que les produits assemblés et la fixation restent en dessous de leur limite élastique.

Un serrage est optimum quand l'assemblage n'est trop, ni trop peu serré !

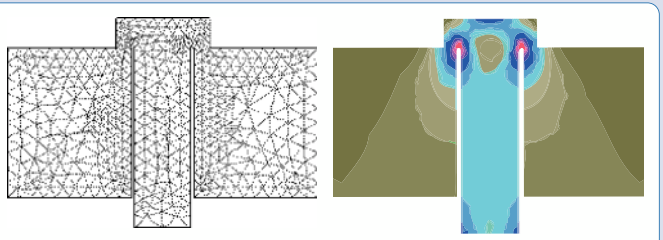
Modélisation d'une liaison par vis

Un assemblage vissé passant par un trou lisse peut être modélisé par la méthode des éléments finis (figure 8.0-1). La tension de serrage est simulée par un effort de traction pure appliqué sur la partie inférieure du corps de la vis.
Cette modélisation met en évidence :

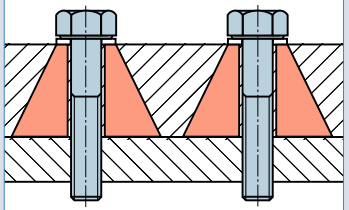
- la présence d'un cône de compression,
- une contrainte de pression maximale à l'interface tête de vis / support,
- une concentration de contrainte à la jonction tête et corps de la vis.

Cône de compression

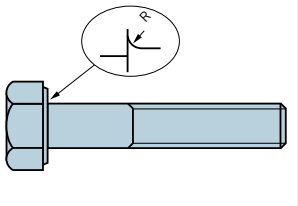
Sous l'effet de l'effort de serrage et de la mise en tension de la vis, les pièces serrées sont comprimées. La zone sous contrainte est assimilée à un cône prenant naissance sous la tête de la vis (figure 8.0-2). Par conséquent le serrage est inefficace au-delà d'une distance à l'axe de la vis correspondant à la trace de ce cône sur le plan de jonction des pièces assemblées.
Le choix de la qualité de liaison souhaitée (liaison homogène ou localisée) impacte donc le nombre de vis utilisées et leur diamètre. Si la liaison est susceptible de devoir transmettre un effort tangentiel, il convient de maîtriser le coefficient de frottement des pièces assemblées et d'obtenir un recouvrement des zones de compression.



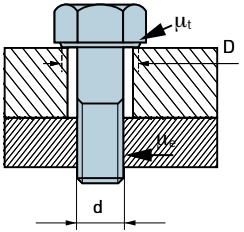
8.0-1 **Modélisation d'une liaison par vis**



8.0-2 **Cône de compression**



8.0-3 **Concentration de contrainte**



8.0-4 **Relation entre couple de serrage et effort de tension**

Contrainte de pression sous tête

La modélisation met en évidence le maximum de contrainte sous la tête de vis ou sous sa rondelle associée (figure 8.0-1). Il est donc nécessaire de valider la contrainte admissible par le matériau assemblé. Une rondelle d'appui interposée entre la tête de vis et le matériau permet de répartir la charge et de limiter la contrainte.

Concentration de contrainte

La concentration de contrainte à la jonction du corps de la vis et de sa tête peut conduire à des phénomènes de rupture sous tête. Le risque est limité par la présence d'un rayon de raccordement (figure 8.0-3). Dans le cas de l'utilisation d'une rondelle d'appui, son diamètre interne doit être maitrisé et suffisant pour éviter les interférences.

Relation entre couple de serrage et effort de tension dans la vis (figure 8.0-4)

En première approche, cette relation s'exprime par une équation simple de proportionnalité :

$$Cs = K \times F$$

Le coefficient **K** s'exprime par la formule de Kellerman et Klein :

$$K = \frac{p}{2\pi} + 0{,}583\, d\, \mu_f + \frac{D}{2}\mu_t$$

p : pas du filetage,
d : diamètre à flanc de filet,
μ_f : coefficient de frottement dans les filets,
D : diamètre moyen sous tête,
μ_t : coefficient de frottement sous tête.

Cette expression du coefficient **K** met en évidence le rapport direct entre le couple de serrage et les caractéristiques dimensionnelles de la vis d'une part et l'importance des coefficients de frottement.

Pour plus de détails concernant les règles de calcul, les normes de références sont la NF E 25030-1, la norme allemande VDE 2230, les normes d'essai ISO 16047, EN 14399-2 et EN 1090-2.
Le CETIM a développé un logiciel de calcul des assemblages vissés : COBRA®.

Relation couple / tension

Pour les assemblages vissés, la relation liant le couple de serrage appliqué et la tension qui en résulte dans la vis est tributaire des frottements. Ces frottements se localisent :
- entre les filets de la vis et de l'écrou ou du taraudage,
- mais aussi entre la face d'appui et la fixation entraînée en rotation (vis, ou écrou).
Les assemblages optimisés nécessitent une bonne maîtrise des frottements ainsi que l'emploi d'outils d'assemblage précis afin de respecter la plage de tension visée.

Les essais de couple/tension sont effectués :

- soit pour déterminer les caractéristiques réelles d'assemblage (à condition de disposer des pièces et des fixations à assembler),

- soit pour vérifier les caractéristiques d'un élément de fixation dans **des conditions de référence normalisées** :
• ISO 16047 + NF E 25-039 dans le cas général,
• EN 14399-2 pour les boulons de construction métallique,
• Normes internes des constructeurs Automobile, Aéronautique ...

Ces essais nécessitent l'utilisation d'un banc de serrage et d'algorithmes de calcul spécialisés.

Pour plus de détail sur ce type d'essai, se reporter au chapitre 5.58 page 200.

8.0-5 **Banc couple/tension Maurin Fixation**

8.0-6 **Détail d'un montage**

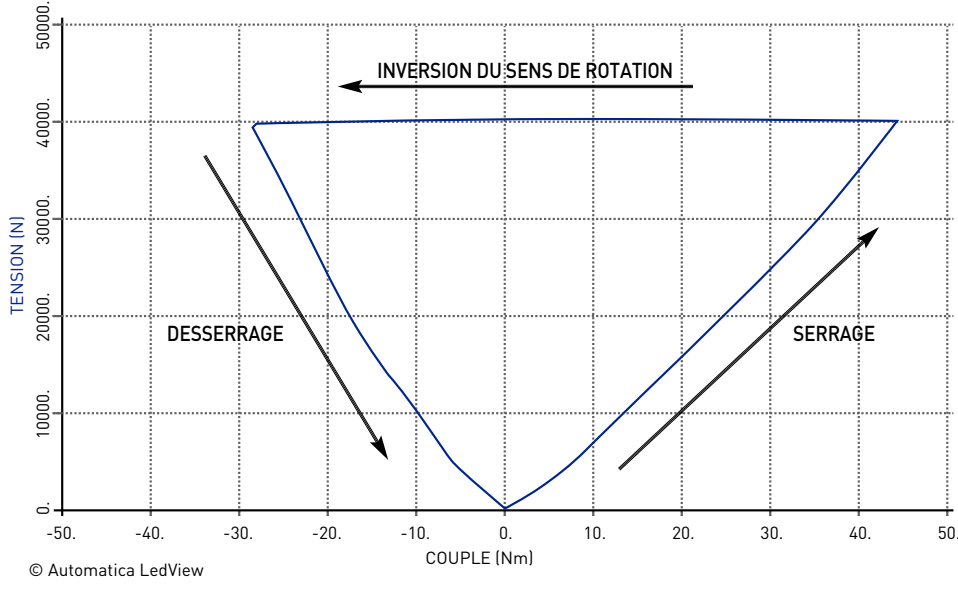
Le **coefficient de frottement μ** est généralement utilisé pour la construction **mécanique**, **l'automobile**, l'aéronautique, le ferroviaire ...). μ, nombre sans dimension calculé à partir de grandeurs physiques mesurées, dépend de la nature et de la géométrie des surfaces en contact. Dans le cas d'un filetage métrique ISO, la relation liant le couple de serrage et la tension dans l'assemblage s'écrit :

$$C = F \times (0{,}16 \times P + \mu \times (0{,}577 \times d_2 + Rm))$$

où **C** est le couple de serrage,
F la tension dans l'assemblage,
P le pas,
d_2 le diamètre à flanc de filet,
Rm le rayon moyen d'appui sous la partie tournante (tête ou écrou),
et **μ** le coefficient de frottement.

Remarque : si les caractéristiques de l'équipement d'essais le permettent, il sera possible de répartir le frottement dissipé dans le filetage et sous la partie tournante de l'assemblage (tête ou écrou).

Le coefficient de frottement, extrait de la formule précédente, permet de résumer la relation couple/tension simplement et indépendamment des caractéristiques géométriques de l'assemblage.



8.0-7 **Visualisation d'une courbe d'essai couple/tension**

La construction métallique pour les boulons précontraints (HR, HRC, HV) préfère utiliser le coefficient de rendement du couple K. Ce nombre sans dimension est calculé à partir du couple et de la tension mesurés par la relation suivante :

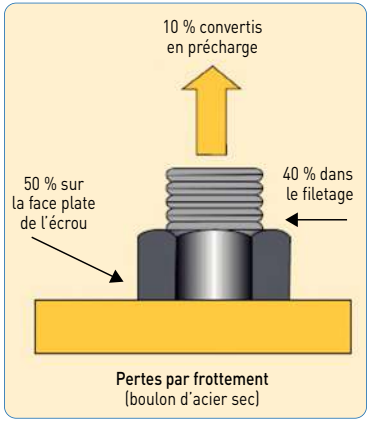
$$C = K \times d \times F$$

où **C** est le couple de serrage mesuré,
K le coefficient de rendement du couple,
d le diamètre de la fixation,
et **F** la tension mesurée dans l'assemblage.

Remarque : en sus du coefficient K, des critères liés à la rotation ou à l'allongement sont souvent vérifiés, mais nécessitent un équipement d'essais adapté.

Lors de la fabrication des fixations, la maîtrise des valeurs et de la dispersion de µ ou de K est réalisée à l'aide de lubrifiants, qui peuvent être intégrés dans le cas de revêtements anti-corrosion.

8.0-8 **Pertes par frottement**



Pertes par frottement
(boulon d'acier sec)

8.1 Méthodes, outils et limites des types de serrage

Selon l'application, le serrage doit assurer plusieurs fonctions qui doivent être déterminées au préalable pour choisir la méthode de serrage optimale.

Serrage au refus

Le «serrage jusqu'au refus» est obtenu par l'effort d'un homme seul utilisant une clé de dimension normale sans rallonge, et peut être fixé comme le point où une clé à chocs commence à se déclencher.

Le coefficient de frottement n'est pas maîtrisé, le couple de serrage n'a donc pas d'intérêt à être spécifié.

Serrage au couple

Le serrage au couple est la méthode la plus répandue de serrage. L'assemblage est serré à l'aide d'une clé dynamométrique avec une plage de serrage appropriée à l'assemblage concerné. Ces clés peuvent être manuelles ou automatiques pour les grandes séries (figures 8.1-5 et 8.1-7).
La méthode comprend les deux phases suivantes :

- une première phase avec une clé réglée à 75% du couple de référence. L'ensemble des éléments de fixation doit être serré ainsi avant de passer à la seconde phase. Une clé à chocs peut être éventuellement utilisée pour cette phase ;
- une deuxième phase ou la clé de serrage doit être réglée sur une valeur de couple à 110%.

Le couple de serrage doit être appliqué sans à-coups et de façon continue.
Nota : dans le cas de boulons à serrage contrôlé (norme EN 14399), se référer aux valeurs fondées sur la classe k déclarée par le fabricant.

8.1-1

Moyen de serrage	Précision sur la précharge	Coefficient d'incertitude de serrage
Clé dynamométrique. Visseuse rotative avec étalonnage périodique sur le montage (par mesure d'allongement de la vis ou mesure à la clé dynamométrique du couple de serrage).	± 20%	1,5
Clé à chocs avec adaptation de rigidité et étalonnage périodique sur le montage (au moins aux mesures à la clé dynamométrique du couple de serrage par lot).	± 40%	2,5
Clé à main. Clé à chocs sans étalonnage	± 60%	4

Limite du serrage au couple

Imprécision de l'effort de serrage

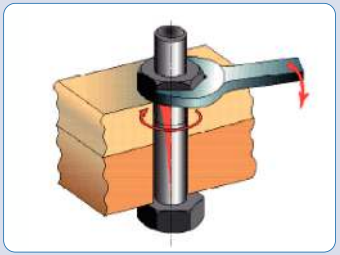
Le résultat du serrage dépend étroitement des coefficients de frottement au niveau des filets (μ_f) et sous tête (μ_t) mais dans la pratique ces paramètres sont très difficilement maîtrisables. De ce fait, pour un même couple de référence, la dispersion dans la tension finale pourra se situer entre ±20% au mieux, voire ±60%... selon le moyen de serrage utilisé.
Cette grande dispersion est due à la combinaison de trois phénomènes :

- l'imprécision sur le couple de serrage appliqué,
- les défauts géométriques et les états de surface des pièces assemblées et de la fixation,
- la lubrification des surfaces en contact.

Selon les classes de qualité des éléments de l'assemblage, les coefficients de frottement, la classe de précision de serrage désirée, il convient de se reporter à la norme NF E 25030.

Le phénomène de contraintes parasites de torsion

La méthode de serrage au couple provoque dans la fixation, en sus de la contrainte axiale voulue, une contrainte de torsion parasite dont le niveau peut atteindre 30% de la contrainte de traction. La contrainte résultante dans la fixation est fortement augmentée et peut dépasser la limite élastique du matériau, même si la contrainte de traction est dans les limites acceptables. De plus cette contrainte résiduelle en torsion peut faciliter le desserrage en fonctionnement (figure 8.1-2).



8.1-2 **Contrainte de torsion résultant d'un serrage au couple**
Le serrage "au couple"soumet le boulon à une contrainte de torsion "parasite"

8.1-3 **Le serrage au couple entraîne une détérioration des surfaces des éléments de l'assemblage. Les montages et démontages successifs accentuent ce phénomène**

Enfin, le couple étant appliqué généralement de façon asymétrique, il existe une contrainte de flexion. Son faible niveau permet en général de la négliger mais elle peut aussi intervenir dans les cas limites.

Détérioration des états de surface
Le frottement des pièces sous des efforts importants provoque des détériorations des surfaces en contact. Lors d'un serrage ultérieur, cela entraînera des forces de frottement qui engendreront une plus grande imprécision sur la tension de serrage. Par ailleurs cette détérioration peut avoir des conséquences sur la tenue en corrosion des pièces assemblées au droit des points d'assemblage (figure 8.1-3).

Difficultés de desserrage
La détérioration des états de surface, éventuellement augmentée par la corrosion, demande l'application d'un couple de desserrage très élevé qui peut atteindre la limite élastique du matériau de l'assemblage et provoquer sa ruine.

Limites dans le cas de boulons de grandes dimensions
Au delà d'un couple de référence de 1000 Nm, il est nécessaire de recourir à des clés à chocs mais la précision sur la précharge diminue. Une clé hydraulique de bonne qualité peut être une solution à envisager.

Difficulté de serrages simultanés
Avec la méthode du serrage au couple, il est rarement possible de procéder au serrage simultané de la totalité des fixations d'un assemblage.

Serrage à l'angle

Le serrage à l'angle s'effectue en deux phases :

- mise en contact par application d'un couple d'accostage servant de seuil pour la mesure angulaire. Cette opération a pour but le positionnement des pièces et l'élimination des défauts de surface. Le couple d'accostage doit être aussi faible que possible (figure 8.1-8).
- vissage avec un angle déterminé.
  Cette méthode permet des résultats plus précis que le serrage au couple car la précharge obtenue est quasiment proportionnelle à l'angle de serrage et les coefficients de frottement n'interviennent que modérément. Un contrôle final de couple permet de détecter une éventuelle anomalie.

Limites du serrage à l'angle
La mise en œuvre de cette méthode est donc simple mais l'approche théorique fait intervenir un nombre important de paramètres dont certains difficiles à maitrîser. La détermination de la consigne angulaire nécessite une mise au point préalable et des essais de vérifications. Elle ne peut économiquement se mettre en œuvre que pour des grandes séries sur chaîne de fabrication.

La fiabilité de la précharge atteinte est améliorée par la rigidité des pièces et la constance des caractéristiques des pièces. Un serrage à l'angle est par exemple à proscrire avec des assemblages comportant des joints.

L'imprécision du serrage dépend surtout de l'imprécision sur le couple d'accostage. Le rapport entre le couple d'accostage et le couple final dépend de la rigidité des pièces (de 30% pour des pièces très rigides à 50% si des pièces sont facilement déformables).

La contrainte de torsion parasite peut être sensiblement supérieure à celle obtenue par la méthode du serrage au couple.

Méthode combinée

Comme dans les méthodes précédentes, le serrage s'effectue en deux phases :

- une première phase avec une clé réglée à 75% du couple de référence. L'ensemble des éléments de fixation doit être serré ainsi avant de passer à la seconde phase ;
- une seconde phase dans laquelle une rotation spécifiée est appliquée à la partie de l'assemblage qui tourne. La position de l'écrou par rapport aux filets de la vis doit être repérée (à la peinture par exemple) dès la fin de la première phase pour déterminer la rotation finale de l'écrou par rapport aux filets en fin de deuxième phase. Sauf spécification contraire, l'angle de rotation doit être conforme aux valeurs du tableau 8.1-4 (pour des vis de classe de qualité 8.8 ou 10.9) :

8.1-4

Epaisseur nominale totale «t» des pièces à assembler (y compris toutes fourrures et rondelles) **/ d : diamètre de la vis**	**Rotation supplémentaire à appliquer (seconde phase de serrage)**	
	Degrés	**Fraction de tour**
$t < 2d$	60	1/6
$2d \leq t < 6d$	90	1/4
$6d \leq t \leq 10d$	120	1/3

Nota. Lorsque la surface sous tête de vis (en tenant compte des rondelles biaises, le cas échéant) n'est pas perpendiculaire à l'axe de la vis, il convient de déterminer par des essais l'angle de rotation requis.

Serrage à la limite élastique

Cette méthode consiste à serrer les vis jusqu'à l'atteinte de leur limite élastique apparente. Elle impose de mesurer en permanence et simultanément le couple et l'angle de serrage et de stopper l'opération dès qu'il y a perte de proportionnalité directe entre ces deux paramètres. Les erreurs sont dues uniquement à la dispersion des contraintes de torsion liée à la variation du coefficient de frottement. Cette dispersion est faible, une variation de coefficient de frottement de 25% n'entraînant qu'une erreur de 7%.

Il est utilisé une visseuse équipée d'un capteur de couple et d'un capteur d'angle, renvoyant leurs paramètres à un module électronique qui déclenche l'arrêt de la broche de vissage dès qu'il n'y a plus proportionnalité.

Chaque vis est serrée à sa limite élastique propre, c'est-à-dire au maximum de possibilités, indépendamment de toute programmation, ce qui évite les risques de casse de vis non conforme au montage.

La précontrainte est obtenue avec une précision de ±8%.

Limites du serrage à la limite élastique

L'utilisation d'une rondelle est à proscrire car elle peut fausser la mesure : un déplacement éventuel déclenche l'arrêt du vissage.

Si des efforts en fonctionnement entraînent des allongements supplémentaires des vis, il est possible de dépasser la limite élastique, provoquant une perte de précharge, un changement de performance de l'assemblage, voire sa ruine.
Les démontages et remontages d'une même vis sont à proscrire car la déformation de la vis sera cumulative jusqu'à la rupture. Le remplacement doit être systématique.

Serrage par tendeur hydraulique

Cette méthode consiste à appliquer sur la vis un effort de traction par l'intermédiaire d'un vérin annulaire. Une fois mise en tension, l'écrou est accosté manuellement ou avec un léger couple de serrage. Le vérin est ensuite relâché et l'effort hydraulique en grande partie transféré sur l'assemblage. Afin d'augmenter la précision un double accostage est recommandé :
la première opération permet la compensation des jeux et défauts de surface et établit l'équilibre des efforts au sein de l'assemblage. La deuxième opération permet l'obtention de la précision souhaitée dans la mise en tension de l'assemblage (photo 8.1-9).

Les produits présentés sont extraits des catalogues BETA et SKF. Vous pouvez trouver ces produits dans nos agences de Bordeaux et Toulouse pour les produits BETA, ou dans le réseau national de MICHAUD-CHAILLY pour les produits BETA et SKF.

Les contraintes de torsion dans la vis sont inexistantes, et les coefficients de frottement n'interviennent pas dans le serrage.

Cette méthode est particulièrement adaptée pour le serrage simultané de plusieurs vis (photo 8.1-10).

Limites du serrage par tendeur hydraulique
L'encombrement de l'appareil impose un écartement entre deux vis plus important qu'avec les autres outils de serrage. Le serrage est obligatoirement opéré coté écrou. Une hauteur de vis suffisante pour l'accrochage du vérin doit être prévue. On ne peut installer comme précharge qu'une partie de l'effort axial maximal admissible par la vis.

8.1-5 **Clé dynamométrique**

8.1-6 **Multiplicateur de couple**

8.1-7
Contrôleur de couple électronique digital avec transducteur

8.1-8 **Clé de serrage angulaire électronique**

8.1-9 **Serrage par tendeur hydraulique**

8.1-10 **Serrage simultané par tendeurs individuels avec alimentation centralisée**

8.1-11 **Contrôle par rondelle de mesure**

La principale difficulté est la connaissance de la précharge installée dans la vis, dépendant du rendement de l'opération. Ce rendement dépend de la raideur des éléments de l'assemblage et varie entre 50 et 90% selon la géométrie de celui-ci.

Moyens de contrôle du serrage

Contrôle à la clé dynamométrique
C'est le contrôle le plus aisé à mettre en œuvre. Il demeure néanmoins une incertitude importante sur la tension finale de serrage de l'assemblage.

Contrôle d'élongation par ultrasons
La méthode consiste à mesurer le temps de trajet d'une onde ultrasonore le long de l'axe de la vis. La mise en œuvre nécessite un personnel qualifié. Elle est notamment performante pour la visserie de petit diamètre (inférieur à 20 mm).

Contrôle d'élongation par jauge de contrainte
C'est une méthode de laboratoire inutilisable en application industrielle. Des jauges de contrainte sont collées sur le corps de la vis et connectées à un pont de Weston. La variation du signal obtenu correspond à la variation d'élongation du boulon préalablement étalonné.

Contrôle par rondelle de mesure
Cette méthode a l'avantage de mesurer directement l'effort de serrage. La rondelle de mesure est une rondelle instrumentée placée sous l'écrou de serrage qui agit comme un capteur de force. Il est recommandé de placer une rondelle «classique» entre écrou et rondelle de mesure pour éviter une détérioration de cette dernière. Cette méthode permet de mesurer et enregistrer l'effort de tension dans le boulon au cours de la vie de l'assemblage, aussi bien au repos qu'en service (photo 8.1-11).

8.2 Serrage : cas particulier des fixations en acier inoxydable

Comportement au montage

Les éléments de fixation en acier inoxydable présentent deux problèmes principaux lors du vissage :

- un important risque de grippage,
- une dispersion importante du coefficient de frottement.

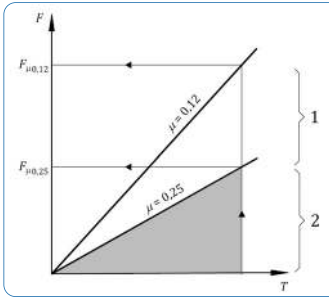
Ces deux phénomènes entraînent un risque majeur de non-fonctionnalité de l'assemblage par l'installation d'un niveau de tension incontrôlé. Etant donné que la précontrainte installée doit être maîtrisée lors d'un serrage au couple, il est impératif d'anticiper les problèmes en mettant en place des mesures préventives : la mise en place d'éléments de fixation en acier inoxydable doit s'accompagner d'une lubrification maîtrisée.

Essai de caractérisation couple/tension (NF E25-035-1) Application aux éléments de fixation en acier inoxydable

La norme NF E25-035-1 spécifie les essais couple/tension sur assemblage avec élément de référence, permettant de connaitre le coefficient de frottement de l'élément de fixation seul. Celui-ci peut être différent de l'assemblage réel. Par exemple, lorsque le coefficient de frottement de la vis et celui de l'écrou sont identiques ou similaires (par exemple µ vis ≈ 0,15 et µ écrou ≈ 0,15) lorsque soumis à essai dans les conditions de référence, le coefficient de frottement µ vis/écrou dans l'assemblage réel sera différent de 0,15, le frottement se produisant entre des surfaces autres de celles du présent document.

Ces essais s'appliquent aux fixations qui ont fait l'objet d'une finition lubrifiante, permettant d'obtenir les caractéristiques fonctionnelles de couple/tension maîtrisées, reproductibles (sans grippage). Les fixations doivent répondre à la norme NF EN ISO 3506.

8.2-1 Exemple de tensions installées dans un assemblage par fixations en acier inoxydable, lubrifiées et non lubrifiées



1 avec fixation lubrifiée (frottement maîtrisé)
2 avec fixation non-lubrifiée, risque de grippage très important
T couple de serrage
F tension dans l'assemblage

Définition du grippage

Le seuil de grippage d'un couple de matériaux est défini par la valeur de la pression de contact à laquelle se produit un transfert de matière d'une surface à l'autre. Il existe un seuil de grippage pour chaque couple de matériaux métalliques. Outre l'état de surface, ce seuil dépend de la nature chimique et métallurgique de chacun des deux alliages en présence.

La norme ASTM G-08 décrit une méthode de caractérisation du seuil de grippage de deux matériaux métalliques. Ce test consiste à frotter un pion métallique (mode de contact : plan/plan ; diamètre de pion 12,7 mm) à l'extrémité plane sur une surface plane d'un bloc.

Le tableau 8.2-2 récapitule les essais menés sur plusieurs alliages, réalisés dans le cadre d'une étude du CETIM «*frottement des aciers inoxydables pour applications agro-alimentaires*» de janvier 2002.

8.2-2

Matériau mobile	Dureté Brinell	410	416	430	440C	304	316	17-4PH (630)
410	352	21	28	21	21	14	14	21
416	342	28	90	21	145	165	290	14
430	159	21	21	14	14	14	14	21
440C	560	21	145	14	75	21	255	21
304	140	14	165	14	21	14	14	14
316	150	14	290	14	250	14	14	14
17-4PH	415	21	14	21	21	14	14	14

Bien que ces essais ne soient pas représentatifs des conditions de frottement entre deux éléments de fixation filetés lors du serrage (surface plane sous tête et surface hélicoïdale dans les filets), il apparaît clairement que les aciers inoxydables présentent un comportement médiocre au grippage.

Cas des assemblages vissés en acier inoxydable

Pour les assemblages vissés, le grippage des éléments de fixation en acier inoxydable peut se produire en deux étapes lors d'un vissage.

Micro-grippage
Tandis que le couple augmente, la tension n'augmente plus de façon linéaire mais par paliers. Il s'agit de microsoudures provoquées puis rompues par le couple appliqué au fur et à mesure de leur occurrence (phénomène de «stick-slip»). Une rotation relative demeure possible entre les deux éléments mais le serrage est perturbé.

Le phénomène peut-être localisé :
- entre la vis et l'écrou, au niveau des filets,
- entre l'élément entraîné et la pièce d'appui, c'est-à-dire sous la tête de vis ou l'écrou.

Grippage total
Tandis que le couple augmente, la tension n'augmente plus du tout : toute rotation est alors bloquée.

Ces deux étapes sont facilement identifiables lors d'un essai couple/tension. Par exemple, un test effectué sur une vis M20x1,5 en A4-80 non lubrifié montre une apparition du micro-grippage à partir de 800 N.m qui s'accentue jusqu'au grippage total vers 1600 N.m.

8.3 Lubrification des fixations en acier inoxydable

Pour la visserie en acier inoxydable, une lubrification contrôlée produira deux effets :
- réduction du risque de grippage avec amélioration de la montabilité,
- abaissement du coefficient de frottement et de sa dispersion et donc meilleur contrôle de la tension installée au serrage.

Lors d'un serrage au couple, l'installation d'une précontrainte contrôlée requiert un couple et un coefficient de frottement maîtrisé. La valeur du couple appliqué dépend des moyens de serrage. Le coefficient de frottement dépend des caractéristiques de l'assemblage (matériaux de la fixation et des pièces serrées) et du lubrifiant / revêtement utilisé.

Au regard de la relation couple/tension de l'assemblage, pour une précision identique du couple de serrage, l'abaissement du coefficient de frottement et de sa dispersion entraîne une réduction de la dispersion de la tension de serrage et une réduction du couple nominal nécessaire.

Elément lubrifié

Il convient de lubrifier l'élément de fixation par lequel est serré l'assemblage (élément tournant). De cette manière, l'utilisateur sera amené à lubrifier ou revêtir la vis/le goujon ou l'écrou dans le cas du boulonnage, et à lubrifier et/ou revêtir la vis ou le goujon dans le cas d'un vissage dans une pièce taraudée.
Il est possible de lubrifier et/ou revêtir les deux éléments de fixation. Pour une utilisation occasionnelle ou des assemblages non sécuritaires, l'application d'un lubrifiant liquide ou pâteux avant montage permettra d'anticiper le risque de grippage. Une caractérisation couple/tension de l'assemblage sera suffisante pour déterminer le couple de serrage adapté. Il est préférable d'intégrer la lubrification au procédé de fabrication au moyen d'un traitement de surface pour obtenir des caractéristiques tribologiques satisfaisantes.

Le sur-serrage induit un risque de rupture au vissage, le sous-serrage un risque de rupture en service.

Lubrifiants organiques

- Gardolub L 6204 :
  . Cire, traitement en vrac
  . Formulateur : CHEMETALL (BASF group)
- TNT 15 :
  . Film incolore, traitement en vrac
  . Formulateur : Mac Dermid
- Molycote P-1900 :
  . Pâte, dépose au moment du montage
  . Formulateur : Molycote
  . Revendeur : SAMARO
  . Coefficient de frottement : environ 0,10
- Precote 709
  . Lubrifiants solides minéraux à pré-enduire
  . Formulateur : Precote
  . Coefficient de frottement : environ 0,09 - 0,13
- Gleitmo 605
  . Lubrifiant sous film sec
  . Formulateur : Fuchs
  . Coefficient de frottement : environ 0,09 - 0,11

Diffusion métallique

- STANAL 400 :
  . Diffusion métallique, traitement en vrac
  . Formulateur : HEF
  . Coefficient de frottement : 0,18 - 0,21

Traitements électrolytiques, chimiques

- Zingage, étamage, GEOMET, etc.
- Brunissage sur INOX :
  . Traitement chimique en vrac
  . Absence de contact inox sur inox

Elément de choix d'une lubrification

Le choix d'un revêtement sera lié :
- aux matériaux de la fixation et des pièces serrées. Selon les nuances des métaux, il sera préférable de déposer un top-coat ou un traitement de surface ;
- à l'environnement de service des pièces d'assemblage : il conviendra d'appliquer un traitement de surface satisfaisant les paramètres température, ambiance acide ou basique, alimentaire, conductibilité électrique...
- à d'autre types de critères éventuels : nombre de montage / démontage, longueur vissée, protection contre la corrosion galvanique....

Valeur indicative de coefficients de frottement

A l'état brut dégraissé, la visserie en acier inoxydable présente généralement un coefficient de frottement élevé et très dispersif dans la fourchette de 0,2 - 0,4.

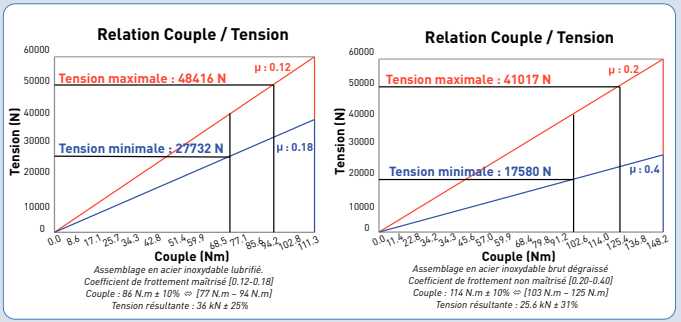
Avec un revêtement lubrifiant, il est possible d'obtenir des plages de coefficients de frottement standard de 0,12 à 0,18 ou 0,08 à 0,14. La réduction du coefficient de frottement permet ainsi de gagner en précision lors du serrage au couple et l'abaissement de la valeur moyenne du coefficient de frottement permet de réduire le couple de serrage nécessaire pour atteindre un niveau de tension donné.

Démontage

Un assemblage fileté précontraint demeure démontable tant qu'aucun grippage n'a lieu entre les éléments de fixation après serrage. Appliqué à la fixation en acier inoxydable, ce critère impose le respect des règles et la mise en place des précautions suivantes :

- éviter tout grippage ou micro-grippage lors du serrage initial ; mettre en place une lubrification adaptée,
- éviter toute corrosion pendant le service ; bien choisir la nuance des éléments de fixation et/ou mettre en place une protection galvanique adaptée,
- assurer le maintien d'un coefficient de frottement correct pendant la vie de l'assemblage ; mettre en place une lubrification adaptée.

8.3-1 **Illustration de l'effet d'une lubrification avec coefficient de frottement maîtrisé**



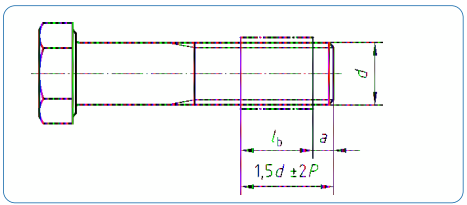
8.4 Systèmes de freinage et étanchéité par dépôt sur filet (pré-application)

Il existe dans le marché de la fixation des solutions techniques permettant, via la dépose d'un produit dans les filets d'une vis, d'obtenir un freinage, un collage et/ou une étanchéité dans un assemblage vissé. Ces solutions permettent de remplacer les freins filets traditionnels en bouteille disponibles au poste de montage. Ce sont des moyens secs au touché, qui évitent tout oubli de dépose de colle avant montage et permet un gain de temps pour l'opérateur.

Ces solutions sont multiples du fait de la grande diversité d'applications mais également de formulateurs. En effet, comme pour les revêtements, il y a un panel large d'acteurs qui proposent des produits similaires, mais pas toujours équivalents. Néanmoins il existe deux normes qui permettent d'avoir une base de comparaison simple pour deux types d'applications courantes :

- la DIN 267-27 : pour les éléments de fixation avec revêtement adhésif (par dépose),
- la DIN 267-28 : pour les éléments de fixation avec revêtement freinant.

Dans les deux cas, les normes décrivent les conditions standard de positionnement du revêtement frein sur la vis selon des règles de calcul basique :



Avec une longueur d'implantation de 1,5 que multiplie le diamètre et une tolérance de plus ou moins 2 pas.

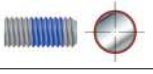
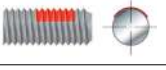
Avec un début d'implantation après les 2 ou 3 premiers filets de l'élément concerné.

Elles décrivent également les performances minimales acceptables de couple de décollement/dévissage suivant les diamètres et classes de qualité concernés. Ces performances sont en général inférieures à celles des produits disponibles pour le marché. Il faut alors se reporter aux spécifications techniques de chaque produit, en prenant garde des conditions dans lesquelles lesdites performances sont garanties (revêtement sur la pièce enduite, couple de serrage pour l'essai, etc.).

Les applications les plus courantes du métier sont le frein filet colle, permettant un blocage permanent de l'assemblage vissé, et le frein nylon, permettant un freinage mécanique de l'assemblage et la possibilité d'ajuster le serrage.

Ci-dessous, les avantages et inconvénients de chaque technologie :

8.4-1

Enduction	Frein filet colle	Frein filet nylon
Norme	DIN 267-27	DIN 267-28
Repositionnable	Non (sauf colle spécifique : sur des temps courts → phase de montage uniquement)	Oui
Démontable	Selon demande. Attention dans le cas d'un frein démontable, la fixation n'est pas réutilisable, et la contre-partie filetée doit être nettoyée avant mise en place d'une nouvelle fixation.	Oui
Mode de fonctionnement	Colle polymère bi-composant (micro-billes)	Frein à déformation plastique
Blocage	Oui (plusieurs niveaux de performance suivant produit)	Freinage mécanique uniquement, performance variable suivant épaisseur de nylon déposée
Couleur	Choix vaste selon le formulateur/ produit	
Maitrise du coefficient de frottement	Oui (pour certains produits)	Non
Mode de dépose	Enduction via pinceaux/ buse/goutte/trempé-essuyé 360 ° 	Enduction via projection de poudre nylon sur pièce chauffée par induction 180 ° 
Péremption Stockage	2 ans après dépose et avant utilisation Au sec	NA

Le choix de la technologie et du produit se fera donc sur les conditions de montage et démontage souhaitées. Les paramètres essentiels étant la performance au desserrage voulue, la notion de démontabilité/réutilisabilité, l'environnement d'utilisation.

Il est à noter que techniquement, l'enduction sur vis/goujon ou goujons est plus simple, mais que l'enduction sur écrou existe également. Moins courante, elle permet d'enduire l'élément vissé femelle dans le cas où l'élément mâle est fixe sur un sous-ensemble.

Maurin fixation propose une large gamme de systèmes en pré-application pour répondre aux divers besoins de ses clients. Ci-dessous, quelques exemples de nos produits proposés en standard.

8.4-2

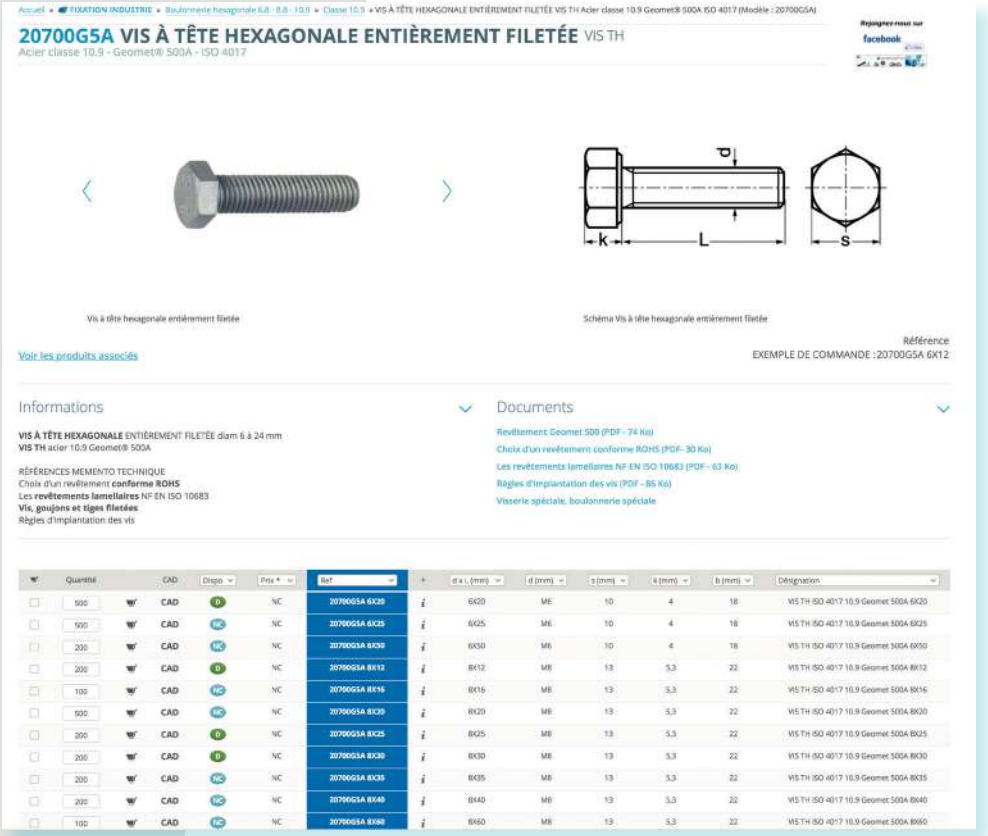
Produit		Fonction principale	Performance	Aspect
Loctite Dri-Loc 2020	LOCTITE®	Frein	Faible	Microencapsulé sec couleur pourpre
Loctite Dri-Loc 2045		Frein	Moyen	Microencapsulé sec couleur jaune
Loctite Dri-Loc 2040		Frein	Moyen à fort	Microencapsulé sec couleur rouge
Dri-loc plastic		Frein	Moyen + réglage (repositionnable)	Patch plastique de couleur rouge
Precote 10	precote®	Frein	Frein léger + réglage (repositionnable)	Patch plastique de couleur verte
Precote 30		Frein	A la demande	Microencapsulé de couleur rouge
Precote 80		Frein	Résistant huile secteur automobile	Microencapsulé de couleur rouge/verte
Precote 85		Frein	Coef de frottement maitrisé 0,10 – 0,15	Microencapsulé de couleur turquoise
3M 2353	3M	Frein	Utilisation température standard	Microencapsulé de couleur bleue
3M 2510		Frein	Utilisation haute température possible	Microencapsulé de couleur orange
3M 4291		Étanchéité	Résistant huile, eau, essence, liquides...	Microencapsulé de couleur blanche
Tuflok 180	Kerb Konus	Frein	Freinage faible mécanique (repositionnable)	Patch plastique de couleur bleue
Tuflok 360		Frein + étanchéité	Freinage faible mécanique + étanchéité (repositionnable)	Patch plastique de couleur bleue

Maurin Fixation

Les informations techniques sur les pages produits de notre site internet

- Indication dans le **libellé de la classe de qualité et du revêtement**.
- Tableau des **dimensions**.
- **Dessin technique 2D**.
- **Documentations et vidéos techniques** associées au produit.
- **Téléchargement 3D** accessible (CAD).

Retrouvez ces informations sur
fixation.emile-maurin.fr



Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

4. CHOIX D'UN ASSEMBLAGE BOULONNÉ

4.4 Les boulons

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.0 Vis, goujons et tiges filetées en acier carbone

5.1 Ecrous en acier carbone

5.2 Vis, goujons et tiges filetées en acier inoxydable

5.3 Ecrous en acier inoxydable

10. AUTRES MODES D'ASSEMBLAGES

10.4 Chevillage

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

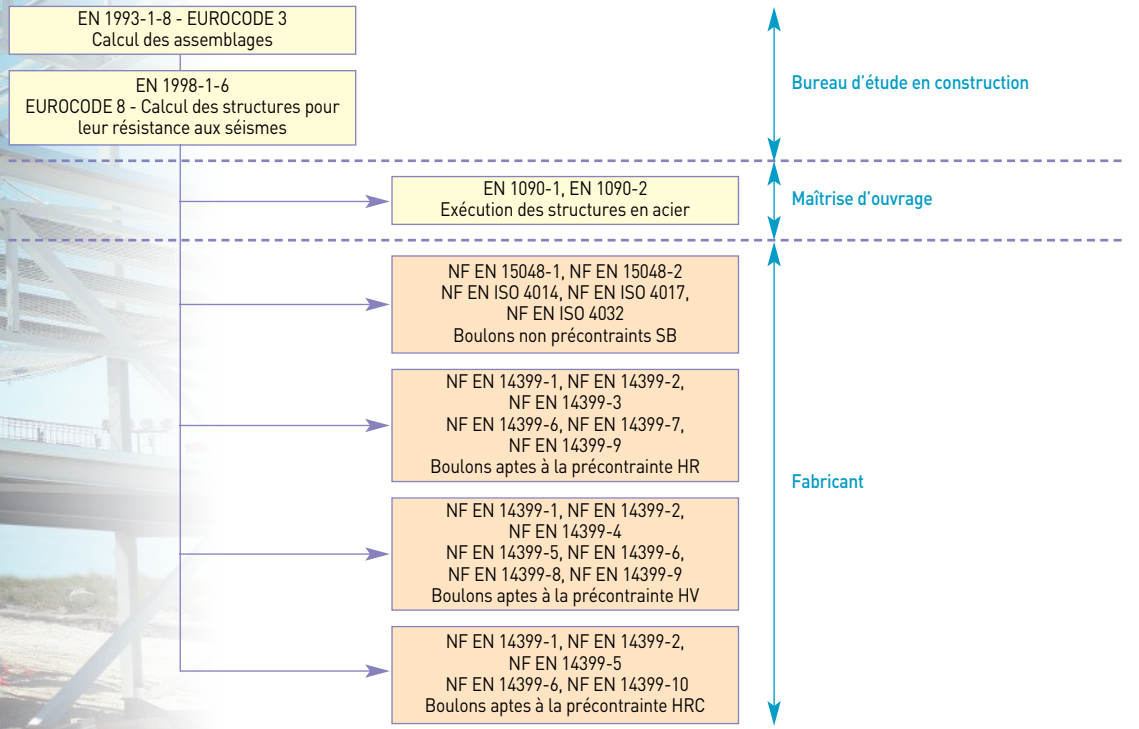
27 Environnement et législation

9 Fixation d'infrastructure

9.0 Généralités boulonnerie de construction métallique

La publication des normes de boulonnerie non précontrainte pour la construction métallique (NF EN 15048) et de boulonnerie précontrainte pour la construction métallique (NF EN 14399 et NF E25-805), ainsi que les normes d'exécution des structures en acier (Eurocode 3 EN 1090-1 et 2) ont profondément modifié l'utilisation des produits de boulonnerie en construction métallique.

Les normes de produits harmonisées (c'est-à-dire publiées au Journal Officiel de la Communauté Européenne) ont rendu le marquage « CE » obligatoire et d'application réglementaire pour les différents types de boulonnerie de construction métallique.



Documents rattachés à la norme d'exécution NF EN 1090-2

- NF DTU 32.1 → Travaux de bâtiment : Partie 1 Charpente en acier
- NF P 22-101-2/CN → Complément national à la NF EN 1090-2 : 2009
- NF DTU 32.1 P2 → Travaux de bâtiment : Partie 2 Cahier des clauses administratives spéciales type (CCS)

La norme française NF DTU 32.1 P1 est un document faisant référence à la NF EN 1090-2 et la norme NF P 22-101-2/CN en proposant des clauses techniques pour l'exécution de tous types de bâtiment à ossature en acier.

Les différenciations des règles d'exécution dépendent de la classe d'exécution, qui doit être indiquée lors de la définition du projet.

Suite à publication de l'arrêté du 30 mai 2012, le fascicule 66 du CCTG, indique que les dispositions applicables aux marchés du bâtiment sont désormais spécifiées dans des normes harmonisées au sein du système européen et que celles-ci doivent prévaloir.

CCTG : Cahier des Clauses Techniques Générales (Travaux)

Détermination de la classe d'exécution

9.0-1 **Définition des classes de conséquences "Ouvrages"**

Classes de conséquences «Ouvrage»	Exemples de constructions courantes
CC0.1	• Maisons individuelles • Bâtiments agricoles • Bâtiments peu fréquentés, dont aucune partie ne se situe à une distance d'un autre bâtiment ou d'une zone fréquentée, inférieure à 1,5 fois leur hauteur (par exemple petit stockage, activité artisanale unique).
CC0.2a	• Bâtiments d'habitation collective, d'hôtellerie, et de bureaux jusqu'à R+3 • Bâtiments industriels de hauteur jusqu'à 8 m à la sablière • Locaux de vente au détail jusqu'à R+2, surface de plancher par niveau inférieure à 1000 m^2 • Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à R+1, surface de plancher par niveau inférieure à 2000 m^2 (sauf ceux cités dans une classe supérieure du fait de leur destination) • Parkings aériens couverts à simple rez-de-chaussée.
CC0.2b	• Bâtiments d'habitation, d'hôtellerie, de bureaux, et locaux de vente au détail jusqu'à 28 mètres de hauteur • Bâtiments scolaires • Bâtiments industriels de hauteur au-delà de 8 m à la sablière • Autres bâtiments recevant du public, jusqu'à 28 mètres de hauteur, surface de plancher par niveau inférieure à 5000 m^2 • Autres bâtiments accueillant plus de 300 personnes en fonctionnement normal • Parkings aériens jusqu'à R+5.
CC0.3	• Bâtiments définis en CC0.2b en dehors des limites fixées • Tous bâtiments de catégorie d'importance IV au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010* • Bâtiments abritant des substances ou produits dangereux (SEVESO seuil haut et bas)**.

* Exemples de bâtiments de catégorie d'importance IV :
- les bâtiments abritant les moyens de secours,
- les bâtiments des établissements de santé au sens de l'article L. 711-2 du code de la santé publique,
- les bâtiments de production ou de stockage d'eau potable,
- les bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie,
- les bâtiments des centres météorologiques, etc.

** Installations classées soumises aux régies de la DIRECTIVE SEVESO III.

9.0-2 **Définition des familles d'éléments structuraux**

Famille	Types d'élément structural
A	**Eléments secondaires ne participant pas à la stabilité générale*** • Empannage : pannes, éclisses, échantignoles, liernage, bracons, chevêtres • Eléments de façade : lisses, montants de bardage, linteaux • Eléments de plancher jusqu'à 8 mètres de portée • Auvents jusqu'à 3 mètres de portée et acrotères • Bacs et tôles de couverture si classe de construction I ou II.
B	**Eléments de circulation courants** • Eléments porteurs de passerelle de circulation jusqu'à 10 mètres de portée, et jusqu'à 2 UP (unités de passage) • Poutraison, limons, et supports d'escaliers • Eléments porteurs des passerelles d'entretien.
C	**Eléments de plancher** • Solives de portée supérieure à 8 mètres • Poutres à âme pleine, de portée supérieure à 8 mètres • Poutres alvéolaires (toutes configurations) • Poteaux pendulaires et consoles supports de plancher • Composants métalliques des dalles mixtes.
D	**Supports d'équipements industriels** • Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité inférieure ou égale à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports • Supports de machines courantes (capacité limitée à 100 kN).
D+	**Supports d'équipements industriels lourds** • Chemins de roulement pour ponts roulants de capacité supérieure à 100 kN, contreventements associés, consoles-supports • Supports de machines lourdes.
E	**Eléments courants de structure principale **** • Eléments constitutifs de portiques de portée inférieure ou égale à 35 mètres et de hauteur inférieure ou égale à 15 mètres (poteaux, traverses à âme pleine, traverses treillis) • Poutres treillis de portée inférieure ou égale à 35 mètres • Poutres-au-vent, palées de stabilité • Bacs de couverture ou de plancher si fonction diaphragme • Auvents (portée maximum 6 mètres) • Eléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 10 mètres et inférieure ou égale à 35 mètres, de plus de 2 UP (Unités de passage).
E+	**Eléments complexes de structure** • Eléments constitutifs de portiques de portée supérieure à 35 mètres (poteaux, traverses à âme pleine, traverses treillis) ou de hauteur supérieure à 15 mètres • Poutres treillis de portée supérieure à 35 mètres • Auvents (portée supérieure à 6 mètres) • Eléments porteurs de passerelle de circulation de portée supérieure à 35 mètres.

* Les éléments participant à la stabilité générale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts horizontaux, dus aux actions extérieures (vent, séisme, ...), jusqu'aux fondations et qui assurent le contreventement de la structure principale.

** Les éléments de structure principale sont constitués des éléments structuraux qui conduisent les efforts principaux, dus aux actions extérieures, jusqu'aux fondations.

9.0-3 Définition des classes de conséquences par famille d'éléments

Classes de conséquences CC								
Classe de conséquences de l'élément structural		Familles d'éléments						
		A	B	C	D	D+	E	E+
Classe de l'ouvrage	CC0.1	CC1	CC1	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2
	CC0.2a	CC1	CC1	CC2	CC1	CC2	CC2	CC2
	CC0.2b	CC1	CC1	CC2	CC2	CC2	CC2	CC3
	CC0.3	CC1	CC1	CC2	CC2	CC3	CC3	CC3

9.0-4 Critères de choix des catégories de service

Catégorie de service	Exemples
SC1	• Eléments structuraux calculés pour des actions quasi statiques [a], sauf cas définis en SC2 • Eléments structuraux calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants de classe S0 [b] • Eléments structuraux avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans la classe de ductilité DCL et DCL+ [c]
SC2	• Eléments structuraux calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants de classe S1 à S9 [b] • Eléments structuraux calculés pour des actions dynamiques induites par la foule [d] ou les machines tournantes • Eléments structuraux avec leurs assemblages, calculés pour des actions sismiques dans les classes de ductilité DCM et DCH [e] • Structures sensibles aux instabilités aéroélastiques ou au détachement tourbillonnaire (Annexe E de la NF EN 1991-1-4) mais aussi les structures pour lesquelles la part dynamique (C_d) du coefficient structural C_sC_d dépasse la valeur seuil de 1,25.

(a) Le vent est considéré comme une action quasi-statique : voir la NF EN 1991-1-4 (chapitre 3.3).
(b) Les classes S0 à S9 sont définies dans le Tableau 2.11 de la NF EN 1991-3. Ces classes prennent en compte la fréquence d'utilisation du pont et le niveau usuel de chargement.
(c) Voir les « Recommandations pour le dimensionnement parasismique des structures en acier et mixtes non ou faiblement dissipatives » de la CNC2M.
(d) Certains escaliers de secours relèvent de cette catégorie en fonction de la destination des ouvrages qu'ils desservent.
(e) La catégorie SC2 concerne les éléments conçus pour avoir un comportement dissipatif, ainsi que leurs assemblages, en tant qu'éléments de structure parasismique en classe de ductilité DCM ou DCH selon la norme NF EN 1998-1. Les autres éléments de la structure, non dissipatifs, peuvent être considérés en catégorie SC1.

9.0-5 Critères de choix des catégories de production

Catégorie de production	Exemples
PC1	• Éléments non soudés fabriqués à partir de produits en acier, quelles que soient leurs nuances • Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier inférieure à S355 • Soudures âme/semelle de PRS de nuance d'acier inférieure ou égale à S355.
PC2	• Eléments soudés (toutes nuances) comportant des assemblages de continuité par soudures bout à bout • Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier supérieure ou égale à S355 • Éléments essentiels à l'intégrité de la structure qui sont assemblés par soudage sur le chantier de construction • Éléments devant subir un formage à chaud ou un traitement thermique au cours de la fabrication • Éléments de treillis tubulaires nécessitant des découpes en gueule de loup • Assemblages particuliers tels que certains inserts à goujons.

9.0-6 Définition des classes d'exécution par famille d'éléments structuraux

Classe d'exécution	CC1		CC2		CC3	
	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
PC1	EXC1*	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

* Pour les bâtiments soumis à une exigence parasismique, la classe d'exécution de la structure primaire résistant au séisme ne peut pas être inférieure à EXC2 (voir les recommandations citées dans la NF EN 1998-1/NA : 2013).

Définition : boulons non précontraints/précontraints, méthode de serrage

Un boulon non précontraint est un boulon dans lequel la tension mise dans l'ensemble n'est pas maitrisée. Le couple appliqué se fait par un serrage au refus. Serrage par un homme à l'aide d'une clé de dimension standard. Les boulons non précontraints (SB) travaillent en cisaillement.

Un boulon précontraint est un boulon dans lequel la tension mise dans l'ensemble est maitrisée. La tension installée se fait par un serrage contrôlé. Les boulons précontraints travaillent en tension, et sont dimensionnés pour éviter le glissement et/ou le décollement des éléments assemblés.

Pour les boulons précontraints, il existe 3 classes :

- La classe K0 : pas de spécification de serrage
- La classe K1 : serrage à l'angle
- La classe K2 : serrage au couple ou serrage à l'angle

9.0-7 **Classes de performance K**

Classe K	Caractéristiques du boulon	Commentaires
K0	**Aucune valeur déclarée** Pas de valeur pour le coefficient k* et le couple de serrage	Les boulons de classe K0 ne sont pas adaptés pour le serrage nécessitant une clé dynamométrique
K1	**k compris entre deux valeurs** Exemple : 0,110 < k < 0,160 (pour un boulon M20, le couple sera compris entre 426 Nm et 621 Nm, donc une incertitude de ± 98 Nm)	La classe K1 peut convenir pour la méthode combinée : un pré-serrage par clé dynamométrique à un couple estimé, puis un angle de rotation de l'écrou (60°, 90°, 120° selon l'épaisseur à serrer)
K2	**k moyen réel et dispersion pour chaque lot** (pour un boulon M20, avec k_m = 0,125 et V_k = 0,04, le couple sera de 485 Nm avec seulement une incertitude de ± 24 Nm)	La classe K2 est la seule utilisable pour la méthode du couple. Le boulon de classe K2 est utilisable pour les autres méthodes de pose

k* : le coefficient k est le coefficient de rendement du couple, prenant en compte frottement, diamètre et pas d'un boulon.

(1) Les boulons SB disponibles sur le marché sont généralement en acier zingué, de classe de qualité 8.8 et en tête hexagonale.
(2) Sauf pour les assemblages à simple recouvrement comportant une file de boulons, 2 rondelles de dureté 200HV minimum sont exigées conformément au § 8.2.4 de l'EN 1090-2.
(3) Les boulons HV disponibles sur le marché sont généralement de classe K1, donc ne pouvant être serrés en utilisant la méthode du couple. Ils doivent être livrés en kit (vis, écrou et rondelles) dans la même boite sous un seul et unique numéro de lot pour garantir la conformité à l'essai d'aptitude à l'emploi.

9.0-8 **Synthèse des systèmes de boulonnerie de construction métallique**

Produit	Boulons précontraints à serrage contrôlé			Boulons non précontraints
	HR	HV	HRC	SB
Normes fondamentales	NF EN 14399-1 NF EN 14399-2 NF E25-805	NF EN 14399-1 NF EN 14399-2	NF EN 14399-1 NF EN 14399-2	NF EN 15048-1 NF EN 15048-2
Normes produits	NF EN 14399-3 → HR NF EN 14399-7 → HR TF	NF EN 14399-4 → HV NF EN 14399-8 → HV ajusté	NF EN 14399-10 → HRC	NF EN 15048
Marquage CE	OUI	OUI	OUI	OUI
Forme de tête	Tête hexagonale Tête fraisée	Tête hexagonale	Tête hexagonale Tête ronde Tête fraisée	Toutes formes de tête
Classe de qualité (acier)	8.8 10.9	10.9	10.9	4.6/4.8/6.5 6.8/8.8 (1) 10.9
Classe de qualité (inox austénitique)	NON	NON	NON	50/70/80 (1)
Classe de qualité (aluminium)	NON	NON	NON	AL1 à AL6
Résilience	27J à -20°C	27J à -20°C	27J à -20°C	Classes 4.8/5.8/6.8 27J à 20°C Autres classes 27J à -20°C
Diamètre	M12 à M36 M39 à M72	M12 à M36 sauf M14, M18	M12 à M36 sauf M14, M18	M12 à M36 structural M5 à M10 non structural
Rondelles	Obligatoires 1 rondelle en classe 8.8 2 rondelles en classe 10.9	Obligatoires 1 rondelle côté écrou 1 rondelle côté tête	Obligatoires 2 rondelles ou 1 rondelle	Aucune Optionnelles (2)
Revêtement	Brut Galvanisé à chaud	Brut Galvanisé à chaud	Brut Galvanisé à chaud Zinc lamellaire	Brut Galvanisé à chaud Electrozingué
Exigence aptitude à l'emploi	0,10 < km < 0,23 et Vk ≤ 0,06	0,1 < ki < 0,16	Vfr ≤ 0,06	
Classe de serrage	K0 K1 K2	K0 (3) K1 (3) K2 (3)	K0 avec écrou HRD K2 avec écrou HRD K2 avec écrou HR	
Méthode de serrage	Méthode du couple (K2) Méthode combinée (K1) Rondelle indicatrice (K0)	Méthode du couple (K2) Méthode combinée (K1) Rondelle indicatrice (K0)	Méthode HRC (K0, K2) Méthode du couple (K2)	Serrage au refus
Existant sous marque NF	OUI en classe K2	NON	OUI en classe K2 avec écrou HR	OUI

Législation

En terme de documentation, le fabricant doit être certifié CE et fournir les DOP. Sur produit, le marquage des lettres désignant le produit : SB, HV, HR et HRC, l'identification du fabricant ainsi que la classe de qualité du boulon doivent être inscrits pour garantir le produit CE.

Quand faut-il mettre en œuvre des boulons précontraints ?

Le tableau qui suit tient compte des recommandations pour le dimensionnement parasismique des structures acier et mixtes non et faiblement dissipatives qui imposent l'utilisation de boulons précontraints à serrage contrôlé en classe de ductilité DCL avec q=2.

Un boulon non précontraint travaillant en cisaillement est à déconseiller lorsque la maitrise des jeux dans l'assemblage est un enjeu (poutres-treillis, pannes en continuité totale).

En cas de chocs, chargements rapides ou vibrations significatives, les assemblages susceptibles de desserrage des boulons seront précontraints ou munis d'un dispositif anti-desserrage.

Avertissement : les tableaux suivants ne sont qu'un guide indicateur et ne sauraient engager la responsabilité d'EMILE MAURIN.

9.0-9 **Assemblage dans les bâtiments industriels type portique à un niveau avec ou sans ponts roulants**

Assemblage avec boulons ou tiges d'ancrage	Type de sollicitations					
	Hors séisme / chemin de roulement	Séisme Classe de ductilité			Présence de pont roulant	Inversion significative des efforts (1)
Normes de calcul	NF EN 1993-1-8	NF EN 1998 DCL q=1 ou 1,5	NF EN 1998 DCL q=2	NF EN 1998 DCM/DCH	NF EN 1993-1-8 NF EN 1993-1-9	NF EN 1993-1-8 §2,6(2)
Continuité de traverse par platine d'about	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Non	
Travers-poteau par platine d'about	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Non	
Couvre-joints						Oui
Platine d'about poteaux / corbeaux soutenant des charges de roulement		Non	Oui Cat. C	Oui	Oui lorsque pont roulant classe ≥ S1	
Platine d'assise de pied de poteau articulé ou encastré	Non				Non	
Platine d'about de portique de stabilité longitudinale	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui lorsque pont roulant classe ≥ S1	
Barre de contreventement des palées de stabilité longitudinale et des poutres au vent	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui lorsque pont roulant classe ≥ S2	Oui Cat. C
Transmission des efforts horizontaux de chemin de roulement à l'ossature		Non	Oui Cat. C	Oui	Oui Cat. C	Oui Cat. C
Goussets / raidisseurs des bracons de stabilité pour traverses, poteaux, charges de roulement	Non, à condition qu'un assemblage plein trou soit réalisé par alésage sur chantier					Sinon, Oui Cat. C
Pannes, lisses et sablières hors poutre au vent	Non					
(1) : Hors actions de fatigue ou sismique						
Oui : boulonnerie précontrainte uniquement acceptable Non : boulonnerie non précontrainte acceptable						

(extrait de la fiche technique n°21 du CTICM)

9.0-10 **Assemblage dans les bâtiments multi-étages**

Assemblage avec boulons ou tiges d'ancrage	Types de sollicitations					
	Hors séisme	Séisme Classe de ductilité				Inversion significative des efforts (1)
Normes de calcul	NF EN 1993-1-8	Hors zones dissipatives	NF EN 1998 DCL q=1 ou 1,5	NF EN 1998 DCL q=2	NF EN 1998 DCM/DCH	NF EN 1993-1-8 §2,6(2)
Continuité de poteaux, par platine ou couvre-joints	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui Cat. C lorsque faisant partie du système principal de contreventement. Sinon, Non
Poutre sur poteau par platine d'about stabilisant des poteaux faisant partie du système principal de contreventement	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui
Continuité d'une poutre, par platine ou couvre-joints, stabilisant des poteaux faisant partie du système principal de contreventement	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui Cat. C
Autres assemblages de continuité de poutre ou de poteau	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	
Appuis de poutre par attache d'âme stabilisant des poteaux faisant partie du système principal de contreventement	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui Cat. C
Autres assemblages de poutres par attache d'âme	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	
Assemblage des barres de contreventement sur goussets	Non	Non	Non	Oui Cat. C	Oui	Oui Cat. C
Platines d'about des pieds de poteaux articulés ou encastrés	Non					

(1): Hors actions de fatigue ou sismique

Oui : boulonnerie précontrainte uniquement acceptable
Non : boulonnerie non précontrainte acceptable

9.1 Les boulons CE et NF : les différences

La commercialisation de boulonnerie de construction métallique non « CE » est illégale sur l'ensemble du marché de la communauté européenne. Le marquage européen est une autorisation de libre circulation des produits dans l'espace économique européen. La marque NF est une garantie de qualité et de sécurité des produits concernés, validée par des procédures d'audit de l'ensemble de la chaine de commercialisation et des contrôles de conformité de produits par un organisme tiers (CETIM).

Un produit « NF » est obligatoirement « CE », un produit CE n'étant pas automatiquement « NF ».

Le marquage « CE » est de nature réglementaire. La marque « NF » résulte d'une démarche volontaire visant à se démarquer sur le marché par des produits de grande qualité.

9.1-1

	CE Réglementaire Système 2+	NF Fabrication Marque NF 070 volontaire
Normes obligatoires	**Boulons précontraints** Annexe ZA de NF EN 14399-1 **Boulons non-précontraints** Annexe ZA de NF EN 15048-1	**Boulons précontraints HR** NF EN 14399-1 et NF EN 14399-2 NF EN 14399-3 (HR) ou NF EN 14399-10 (HRC) NF EN 14399-6 (rondelles) **Boulons non-précontraints SB** NF EN 15048-1 et NF EN 15048-2 NF EN ISO 4014 ou 4017 (vis) NF EN ISO 4032 (écrous)
Tâches du fabricant	**Essais de type initiaux** Caractéristiques essentielles	**Essais de type initiaux** • Les caractéristiques essentielles • Toutes les caractéristiques physiques, mécaniques, dimensionnelles et fonctionnelles prévues dans les normes • Les caractéristiques supplémentaires prévues dans le référentiel
	Contrôles fabrications Contrôles sur les produits selon ses procédures et fréquences	**Contrôles fabrications** • Toutes les caractéristiques pour chaque lot de fabrication • Moyens de contrôle en propre • Suivi statistique des caractéristiques
Tâches de l'organisme tiers	• Vérification sur **dossier** des essais de type initiaux • **Inspection initiale** de l'établissement de fabrication et du Contrôle de la Production en Usine (CPU)	• Vérification sur **dossier** ET sur **site industriel** des essais de type initiaux • Vérification des **moyens mis en œuvre et résultats** - **Contre-essais** chez le fabricant par tierce partie - **Contre-essais** dans un laboratoire indépendant • Audit d'admission initiale (normes européennes et compléments du référentiel) • **Examen et admission par le comité de marque NF**
	Surveillance et appréciation du CPU	• Audit de surveillance (semestriel ou annuel) - **Contre-essais** chez le fabricant par tierce partie • **Examen et reconduction par le comité de marque NF**
		NF Distribution Marque NF 382 volontaire
Tâches du distributeur	Pas d'exigence	• Préservation complète des boulons dans leur emballage d'origine du fabricant titulaire • Traçabilité totale amont et aval et sur les composants via la gravure du numéro de lot sur chaque élément (vis, écrou, rondelle) • Livraison directe au client final sans intermédiaire

Marquage CE par le fabricant et déclaration des performances (DoP)

Certification NF des produits par AFNOR Certification

9.10 Boulons SB selon EN 15048

Le boulon SB (Structural Bolt) est le seul boulon non précontraint du marché. Il peut avoir toute forme de tête, être en acier carbone, acier inoxydable, en aluminium, il peut être brut, revêtu en zinc électrolytique ou en galvanisation à chaud mais sur le marché, on le retrouve à 99% en tête H, classe 8.8 zingué et GAC.

Tableaux caractéristiques dimensionnelles, épaisseurs de serrage

9.10-1

Selon NF EN 15048 CE	Diamètre											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
Clé (surplat) (mm) (s)	13	16	18	21	24	27	30	34	36	41	46	55
Cote sur angle (mm) (e)	14,38	17,77	20,03	23,36	26,75	30,14	33,53	37,72	39,98	45,2	50,85	60,79
Ø ext. douille (mm)	19	22,8	(S) 25,5	(k) 32	(k) 35,8	(k) 39,6	(k) 43,3	(k) 45,8	(k) 50,8	(k) 57,1	(k) 63,3	(k) 76,6
Pas de filetage (P)	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Hauteur tête (mm)	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15	17	18,7	22,5
Hauteur écrou (mm) (m)	6,8	8,4	10,8	12,8	14,8	15,8	18	19,4	21,5	23,8	25,6	31
Long. filet (mm) (l < 120)	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78
Section As (mm^2)	36,6	58	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561	817
Section A (mm^2)	50,3	78,5	113	154	201	254	314	380	452	573	707	1029

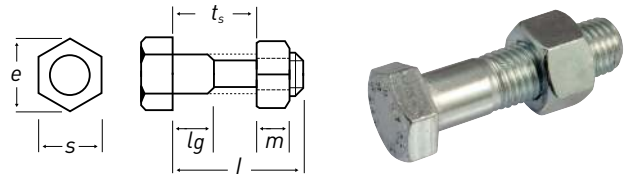
9.10-2

Epaisseurs serrables (mm) t_S (EN 1090-2) t_S mini = (*lg max*) + 1 t_S maxi = *l* - *m* - 1,5 *P*	*l* (mm)	Diamètre											
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
	16	7 à 8											
	20	7 à 11	7 à 10										
	25	7 à 16	7 à 15										
	30	7 à 21	7 à 20										
	35	7 à 26	7 à 25										
	40	7 à 31	7 à 30										
	50	29 à 41	25 à 40	22 à 37									
	60	39 à 51	35 à 50	32 à 47	28 à 44								
	70	49 à 61	45 à 60	42 à 57	38 à 54	34 à 52	30 à 51						

9.10-2 (suite)

	l (mm)	Diamètre											
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
Epaisseurs serrables (mm) t_s (EN 1090-2) t_s mini = (*lg max*) + 1 t_s maxi = *l* - *m* - 1,5 *P*	80	59 à 71	55 à 70	52 à 67	48 à 64	44 à 62	40 à 61	36 à 58					
	90		65 à 80	62 à 77	58 à 74	54 à 72	50 à 71	46 à 68	42 à 67	39 à 64			
	100		75 à 90	72 à 87	68 à 84	64 à 82	60 à 81	56 à 78	52 à 77	49 à 74	43 à 72		
	110			82 à 97	78 à 94	74 à 92	70 à 91	66 à 88	62 à 87	59 à 84	53 à 82	48 à 80	
	120			92 à 107	88 à 104	84 à 102	80 à 101	76 à 98	72 à 97	69 à 94	63 à 92	58 à 90	
	130				92 à 114	88 à 112	84 à 111	80 à 108	76 à 107	73 à 104	67 à 102	62 à 100	
	140				102 à 124	98 à 122	94 à 121	90 à 118	86 à 117	83 à 114	77 à 112	72 à 110	60 à 104
	150					108 à 132	104 à 131	100 à 128	96 à 127	93 à 124	87 à 122	82 à 120	70 à 114
	160					118 à 141	114 à 141	110 à 138	106 à 137	103 à 134	97 à 132	92 à 128	80 à 124
	180						134 à 161	130 à 158	126 à 156	123 à 154	117 à 152	112 à 148	100 à 143
	200							150 à 178	146 à 176	143 à 174	137 à 170	132 à 168	120 à 163

9.10-3



Méthode de serrage

Serrage à minima jusqu'au refus

Serrage boulon par boulon réalisé par l'effort d'un homme avec une clé de dimension standard sans ajout de rallonge.

9.11 Boulons HV selon EN 14399-4 en classe de serrage K1

Le boulon HV fait partie des boulons précontraints. La tête a une cote surplat plus grande que les têtes H standard, il est toujours en classe 10.9 et peut être brut ou revêtu en galvanisation à chaud, zinc lamellaire, mécanique ou thermodiffusion, mais on le trouve exclusivement en GAC sur le marché. Il a une longueur filetée courte, ce qui lui confère des plages de serrage assez faible. On le retrouve quasiment toujours en classe de serrage K1. Ils doivent être livrés en kit (vis, écrou et rondelles) dans la même boite sous un seul et unique numéro de lot pour garantir la conformité à l'essai d'aptitude à l'emploi.

Tableaux caractéristiques dimensionnelles, épaisseurs de serrage

9.11-1

Selon NF EN 14399-4-6 CE	Diamètre							
	12	16	20	22	24	27	30	36
Clé (surplat) (mm) (s)	22	27	32	36	41	46	50	60
Cote sur angle (mm) (e)	23,91	29,56	35,03	39,55	45,2	50,85	55,37	66,44
Pas de filetage (P)	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Hauteur tête (mm)	8,45	10,75	13,9	14,9	15,9	17,9	20,05	24,05
Hauteur écrou (mm) (m)	10	13	16	18	20	22	24	29
Ø ext. rondelle (mm)	24	30	37	39	44	50	56	66
Epais. rondelle (mm) (h)	3	4	4	4	4	5	5	6
Section As (mm^2)	84,3	157	245	303	353	459	561	817

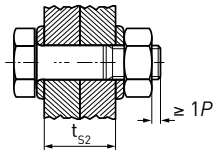
9.11-2

Filetage (d)		M12		M16		M20		M22		M24		M27		M30		M36	
l		t_s2, min et t_s2, max															
	nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Epaisseurs serrées t_s2 (mm) avec 2 rondelles inclus t voir NF EN 14399-4	**35**	10	15														
	40	15	20	9	14												
	45	20	25	14	19	10	15										
	50	25	30	19	24	15	20	14	19								
	55	30	35	24	29	20	25	19	24								
	60	35	40	29	34	25	30	24	29	21	26						
	65	40	45	34	39	30	35	29	34	26	31						
	70	45	50	39	44	35	40	34	39	31	36	26	31				
	75	50	55	44	49	40	45	39	44	36	41	31	36	29	34		
	80	55	60	49	54	45	50	44	49	41	46	36	41	34	39		
	85	60	65	54	59	50	55	49	54	46	51	41	46	39	44	31	36
	90	65	70	59	64	55	60	54	59	51	56	46	51	44	49	36	41

9.11-2 (suite)

Filetage (d)		M12		M16		M20		M22		M24		M27		M30		M36	
l		t_s2, min et t_s2, max															
	nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Epaisseurs serrées t_s2 (mm) avec 2 rondelles inclus t voir NF EN 14399-4	95	70	75	64	69	60	65	59	64	56	61	51	56	49	54	41	46
	100			69	74	65	70	64	69	61	66	56	61	54	59	46	51
	105			74	79	70	75	69	74	66	71	61	66	59	64	51	56
	110			79	84	75	80	74	79	71	76	66	71	64	69	56	61
	115			84	89	80	85	79	84	76	81	71	76	69	74	61	66
	120			89	94	85	90	84	89	81	86	76	81	74	79	66	71
	125			94	99	90	95	89	94	86	91	81	86	79	84	71	76
	130			99	104	95	100	94	99	91	96	86	91	84	89	76	81
	135					100	105	99	104	96	101	91	96	89	94	81	86
	140					105	110	104	109	101	106	96	101	94	99	86	91
	145					110	115	109	114	106	111	101	106	99	104	91	96
	150					115	120	114	119	111	116	106	111	104	109	96	101
	155					120	125	119	124	116	121	111	116	109	114	101	106
	160							124	129	121	126	116	121	114	119	106	111
	165							129	134	126	131	121	126	119	124	111	116
	170									131	136	126	131	124	129	116	121
	175									136	141	131	136	129	134	121	126
	180									141	146	136	141	134	139	126	131
	185									146	151	141	146	139	144	131	136
	190									151	156	146	151	144	149	136	141
	195									156	161	151	156	149	154	141	146
	200											156	161	154	159	146	151

9.11-3



Méthode de serrage

Méthode de serrage combinée K1 (HV)

Méthode en 2 étapes :

- 1re phase : un couple de pré-serrage est appliqué sur l'ensemble des boulons d'un même groupe (environ 75 % du couple final).
- 2e phase : une rotation spécifiée est appliquée en fonction de l'épaisseur à serrer.

9.11-4 **Boulons HV aptes à la précontrainte pour construction métallique NF EN 14399-4**
Couple de serrage K1 : méthode combinée (couple + angle)

PHASE 1 selon NF EN 1090-2	
Diamètre	Couple de serrage initial Mr, i en (Nm)
	Avec K = 0,125
Ø en mm	Classe 10.9
12	67
16	165
20	322
22	439
24	557
27	815
30	1107
36	1935

PHASE 2 selon NF EN 1090-2		
Epaisseur totale "t" des pièces à assembler	Rotation supplémentaire à appliquer	
d = Ø de la vis	Classe 10.9	
t < 2d	60°	1/6 de tour
2d ≤ t ≤ 6d	90°	1/4 de tour
6d ≤ t ≤ 10d	120°	1/3 de tour

Selon NF EN 1090-2	
Diamètre	Précontrainte minimale nominale requise Fp, c (kN)
Ø en mm	Classe 10.9
12	59
16	110
20	172
22	212
24	247
27	321
30	393
36	572

Avec	Fp, c = 0,7 x Fub x As
	Mr, 1 = 0,125 x d x Fp, c
	K = 0,10 ≤ Ki ≤ 0,16
1re phase	0,75 Mr 1 = 0,094 x d x Fpc

PHASE 1

Application de couple de pré-serrage

PHASE 2

Ajout de l'angle de rotation

9.12 Boulons HR selon EN 14399-3 (M12 à M36) ou NF E25-805 (M39 à M72) en classe de serrage K2

Le boulon HR fait partie des boulons précontraints. La tête a une cote surplat plus grande que les têtes H standard, on peut le trouver en classe 8.8 ou 10.9 et peut être brut ou revêtu en galvanisation à chaud, zinc lamellaire, mécanique ou thermodiffusion. Mais on le trouve généralement en 10.9 brut ou GAC sur le marché. On le retrouve en classe de serrage K2.

Tableaux caractéristiques dimensionnelles, épaisseurs de serrage

9.12-1

Selon NF EN 14399-3 NF EN 14399-10	Diamètre									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
Clé (surplat) (mm) (s)	22	24	27	30	32	36	41	46	50	60
Cote sur angle (mm) (e)	23,91	26,17	29,56	32,95	35,03	39,55	45,2	50,85	55,37	66,44
dm (mm)	22,96	25,56	28,28	31,48	33,52	37,78	43,1	48,43	52,69	56,8
Ø ext. douille (mm)	33,4	35,7	39,5	43,2	45,7	50,7	57	63,2	68,2	75,02
Pas de filetage (P)	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Hauteur tête (mm)	7,95	9,25	10,75	12,4	13,4	14,9	15,9	17,9	19,75	22,5
Hauteur écrou HR (mm) (m)	10,8	12,8	14,8	15,8	18	19,4	21,5	23,8	25,6	31
Ø ext. rondelle (mm)	24	28	30	34	37	39	44	50	56	66
Epais. rondelle (mm) (h)	3	3	4	4	4	4	4	5	5	6
Section As (mm^2)	84,3	115	157	192	245	303	353	459	561	817
Long. embout HRC (mm)	16		18		20	21	21,5	24	26	31

9.12-2

Selon NF E25-805	Diamètre									
	(M39)	M42	(M45)	M48	M(52)	M56	(M60)	M64	(M68)	M72
Clé (surplat) (mm) s	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Cote sur angle (mm) e	71,3	77	82,6	88,3	93,6	99,2	104,9	110,5	116,2	121,8
Pas de filetage	4	4.5	4.5	5	5	5.5	5.5	6	6	6
Hauteur de tête (mm)	25	26	28	30	33	35	38	40	43	45
Hauteur écrou HR (mm) m	33,4	36,1	38,7	41,3	45,2	49,3	54	57,6	61,2	64,8
Ø ext. rondelle (mm)	72	78	85	92	98	105	110	115	120	125
Epais. rondelle (mm) h	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10
Section As nom (mm^2)	976	1121	1306	1473	1758	2030	2362	2676	3055	3460

9.12-3

Filetage (d)				M12		(M14)		M16		(M18)		M20		M22		M24		M27		M30		M36	
l				t_s2, min et t_s2, max																			
	nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
	35	33,75	36,25	9	14																		
	40	38,75	41,25	9	19			9	13														
	45	43,75	46,25	17	24			9	18														
	50	48,75	51,25	22	29	11	27	9	23			13	19	13	18								
	55	53,5	56,5	27	34	24	32	9	28			13	24	13	23								
	60	58,5	61,5	32	39	29	37	23	33	13	31	13	29	13	28	17	25	16	20				
	65	63,5	66,5	37	44	34	42	28	38	26	36	13	34	13	33	17	30	16	25				
	70	68,5	71,5	42	49	39	47	33	43	31	41	27	39	13	38	17	35	16	30	20	28		
Épaisseur serrée avec deux rondelles t_s2	75	73,5	76,5	47	54	44	52	38	48	36	46	32	44	28	43	17	40	16	35	20	33		
	80	78,5	81,5	52	59	49	57	43	53	41	51	37	49	33	48	17	45	16	40	20	38		
t_s (EN 1090-2)	85	83,25	86,75	57	64	54	61	48	57	46	56	42	54	38	52	36	50	16	45	20	42	22	35
	90	88,25	91,75	62	69	59	66	53	62	51	61	47	59	43	57	41	55	34	50	20	47	22	40
t_s mini = (*lg max*) + 4 *P* - 2 *h* t_s maxi = *l* - 1 *P* - *m* - 2 *h*	95	93,25	96,75	67	74	64	71	58	67	56	66	52	64	48	62	46	60	39	55	20	52	22	45
	100	98,25	101,75	72	79	69	76	63	72	61	71	57	69	53	67	51	65	44	60	40	57	22	50
Voir NF EN 14399-3	110	108,25	111,75			79	86	73	82	71	81	67	79	63	77	61	75	54	70	50	67	22	60
	120	118,25	121,75			89	96	83	92	81	91	77	89	73	87	71	85	64	80	60	77	48	70
	130	128	132			93	106	87	102	85	101	81	98	77	97	75	94	68	90	64	87	52	79
	140	138	142			103	116	97	112	95	111	91	108	87	107	85	104	78	100	74	97	62	89
	150	148	152			113	126	107	122	105	121	101	118	97	117	95	114	88	110	84	107	72	99
	160	156	164			123	134	117	130	115	129	111	126	107	125	105	122	98	118	94	115	82	107
	170	166	174													115	132	108	128	104	125	92	117
	180	176	184													125	142	118	138	114	135	102	127
	190	186	194													135	152	128	148	124	145	112	137
	200	196	204													145	162	138	158	134	155	122	147

Méthode de serrage

Méthode de serrage au couple K2 (HR)

Méthode en 2 étapes :

- 1re phase : un couple de pré-serrage est appliqué sur l'ensemble des boulons d'un même groupe (environ 75 % du couple final).
- 2e phase : le couple final est appliqué afin d'atteindre la tension minimale requise. Le couple de pose est indiqué sur chaque boite par le fabricant.

9.12-4 **Boulons HR aptes à la précontrainte pour construction métallique NF EN 14399-3**
Couple de serrage K2 : méthode du couple (Mr, 2 = Km x d x Fp, c)
K = 0,10 ≤ Km ≤ 0,23

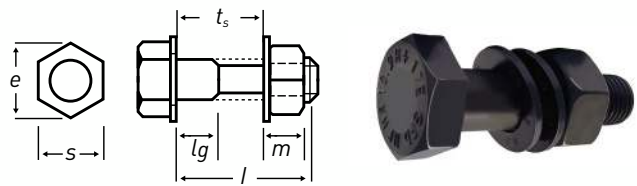
PHASE 1 selon NF EN 1090-2															Fp, c = 0,7 x Fub x As	
Diamètre			Couple de serrage initial Mr, i à 75 % en (Nm). Mr, i = 0,75 x Mr, 2												Précontrainte ciblée : à titre indicatif 0,75 x Fp, c (kN)	
	Avec K = 0,1		Avec K = 0,11		Avec K = 0,12		avec K = 0,13		Avec K = 0,14		Avec K = 0,15		Avec K = 0,16			
Ø en mm	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9
12	42	53	47	58	51	64	55	69	59	74	63	80	68	85	35	44
16	106	132	116	145	127	158	137	172	148	185	158	198	169	211	66	83
20	206	258	226	284	247	310	267	335	288	361	308	387	329	413	103	129
22	281	350	309	385	337	420	365	455	393	490	421	525	449	560	128	159
24	356	445	392	489	428	534	463	578	499	622	535	667	570	711	149	185
27	520	650	572	715	625	780	677	845	729	910	781	975	833	1040	193	241
30	707	884	777	973	848	1061	918	1150	989	1238	1060	1326	1130	1415	236	295
36	1237	1544	1360	1699	1484	1853	1608	2008	1731	2162	1855	2317	1979	2471	344	429

PHASE 2 selon NF EN 1090-2																
Diamètre			Couple de serrage final Mr à 110 % en (Nm). Mr = 1,1 x Mr, 2												Précontrainte ciblée : à titre indicatif 1,1 x Fp, c (kN)	
	Avec K = 0,1		Avec K = 0,11		Avec K = 0,12		Avec K = 0,13		Avec K = 0,14		Avec K = 0,15		Avec K = 0,16			
Ø en mm	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9	Classe 8.8	Classe 10.9
12	62	78	68	86	74	93	81	101	87	109	93	117	99	125	52	65
16	155	194	170	213	186	232	201	252	217	271	232	290	248	310	97	121
20	301	378	332	416	362	454	392	492	422	530	452	568	482	605	151	189
22	411	513	453	564	494	616	535	667	576	718	617	770	658	821	187	233
24	523	652	575	717	627	782	680	848	732	913	784	978	836	1043	218	272
27	763	953	840	1049	916	1144	992	1239	1069	1335	1145	1430	1221	1525	283	353
30	1036	1297	1140	1427	1243	1556	1347	1686	1451	1816	1554	1945	1658	2075	345	432
36	1814	2265	1995	2492	2176	2718	2358	2945	2539	3171	2721	3398	2902	3624	504	629

Selon NF EN 1090-2		
Diamètre	Précontrainte minimale nominale requise Fp, c (kN)	
Ø en mm	Classe 8.8	Classe 10.9
12	47	59
16	88	110
20	137	172
22	170	212
24	198	247
27	257	321
30	314	393
36	458	572

Attention,
toujours prendre le couple indiqué sur boite.

9.12-5

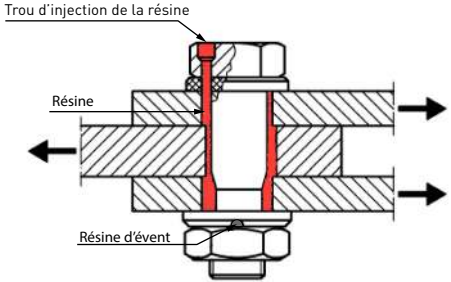


Complément de gamme HR

La boulonnerie de structure est un produit technique qui pour répondre aux attentes et besoins de plus en plus poussés des utilisateurs se développe et se réinvente. Nos fabricants suivent l'actualité des nouvelles techniques de construction pour proposer les produits les mieux adaptés.

Boulons injectés NF CE

Le principe est de partir sur un boulon HR standard et d'apporter les modifications nécessaires. La tête de vis ainsi qu'une rondelle sont usinées pour permettre le passage d'une résine spécifique. Une fois la résine injectée et polymérisée, le jeu est comblé, les efforts seront transmis entre les pièces et le boulon par pressions diamétrales. Règles de calcul à appliquer selon norme NF EN 1993-1-8. Pour l'application, voir norme d'exécution NF EN 1090-2.



Bouts filetés CE sous norme NF E25-136

Permet d'appliquer la précontrainte selon la norme d'exécution EN 1090-2. Montage en classe K2 similaire au montage de boulon HR respectant l'EN 14399-1. En complément pour les longueurs hors standard des boulons.

9.13 Boulons HRC selon EN 14399-10 en classe de serrage K0 ou K2

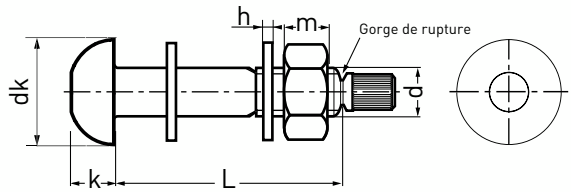
Le boulon HRC fait partie des boulons précontraints. La tête peut être hexagonale ou ronde, on le trouve en classe 10.9 et peut être brut ou revêtu en galvanisation à chaud, zinc lamellaire, mécanique ou thermodiffusion. Mais on le trouve généralement sur le marché en 10.9 brut, GAC ou zinc lamellaire en classe de serrage K0, Maurin Fixation le livre également en K2 pour les cas de montage impossible à la boulonneuse HRC. Ce boulon est le seul à ne pas subir de torsion lors du serrage (tension pure).

Tableaux caractéristiques dimensionnelles, épaisseurs de serrage

9.13-1

Selon norme 14399-10 CE	Diamètre							
	12	16	20	22	24	27	30	36
Diamètre de tête (mm) (dk)	21	27	34	38,5	43	48	52	66
Hauteur tête cylindrique (mm) (k)	8	10	13	14	15	17	19	23
Pas de filetage (P)	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Hauteur écrou HRD (mm) (m)	12,35	16,35	20,65	22,65	24,65	27,65	30,65	36,80
Ø ext. rondelle (mm)	24	30	37	39	44	50	56	66
Epais. rondelle (mm) (h)	3	4	4	4	4	5	5	6
Section As (mm^2)	84,3	157	245	303	353	459	561	817
Long. embout HRC (mm)	16	18	20	21	21,5	24	26	31

9.13-2



9.13-3

Condition* : - Ecrou : HRD - Rondelles : EN 14399-6	Ep. rondelle	3		4		4		4		4		5		5		6	
	Pas	1,75		2,00		2,50		2,50		3,00		3,00		3,50		4,00	
		Valeur T															
Epaisseur serrée avec 2 rondelles	Filetage (d)	12		16		20		22		24		27		30		36	
	l. nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
min : (*lg max*) + 4 *p* - 2 *h* max : *l* - 1 *p* - *m* - 2 *h* selon EN 1090-2	35	8	15,25														
	40	8	20,25	8	14												
	45	16	25,25	8	19												
	50	21	30,25	8	24	12	19,50	12	17,50								
	55	26	35,25	8	29	12	24,50	12	22,50								
	60	31	40,25	22	34	12	29,50	12	27,50	16	25	14	20				
	65	36	45,25	27	39	12	34,50	12	32,50	16	30	14	25				
	70	41	50,25	32	44	26	39,50	12	37,50	16	35	14	30	18	26,50		
	75	46	55,25	37	49	31	44,50	27	42,50	16	40	14	35	18	31,50		
	80	51	60,25	42	54	36	49,50	32	47,50	16	45	14	40	18	36,50		
	85	56	65,25	47	59	41	54,50	37	52,50	35	50	14	45	18	41,50	20	33
	90	61	70,25	52	64	46	59,50	42	57,50	40	55	32	50	18	46,50	20	38
	95	66	75,25	57	69	51	64,50	47	62,50	45	60	37	55	18	51,50	20	43
	100	71	80,25	62	74	56	69,50	52	67,50	50	65	42	60	38	56,50	20	48
	110			72	84	66	79,50	62	77,50	60	75	52	70	48	66,50	20	58
	120			82	94	76	89,50	72	87,50	70	85	62	80	58	76,50	46	68
	130			86	104	80	99,50	76	97,50	74	95	66	90	62	86,50	50	78
	140			96	114	90	109,50	86	107,50	84	105	76	100	72	96,50	60	88
	150			106	124	100	119,50	96	117,50	94	115	86	110	82	106,50	70	98
	160							106	127,50	104	125	96	120	92	116,50	80	108
	170									114	135	106	130	102	126,50	90	118
	180									124	145	116	140	112	136,50	100	128
	190									134	155	126	150	122	146,50	110	138
	200									144	165	136	160	132	156,50	120	148

* h = épaisseur rondelle (nominal)
m = hauteur écrou (nominal)

Méthode de serrage

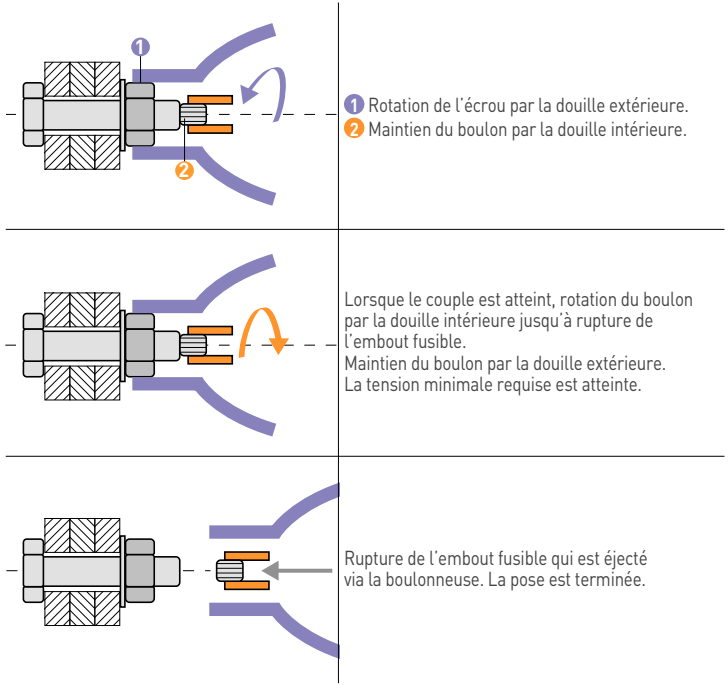
en K0

Méthode en 2 étapes :

- 1re phase : serrage à l'aide d'une boulonneuse spécifique jusqu'à ce que la douille extérieure arrête de tourner sur l'ensemble des boulons d'un même groupe.
- 2e phase : serrage jusqu'à rupture de l'embout fusible à l'aide de la boulonneuse spécifique.

En K2

(voir chapitre boulon HR)



9.14 Choix de l'outil de serrage

9.14-1

Sous-serrage	Serrage requis	Sur-serrage
	Outils étalonnés avec une précision de +/- 4%	
	Clé dynamométrique	
	Clé hydraulique	
	Visseuse calibrée	
	Clé dynamométrique à barre de flexion	
	Clé dynamométrique avec rallonge	
	Visseuse électrique ou pneumatique à coupure d'air	
	Visseuse pneumatique	
	Visseuse ou clé à chocs	

Le choix de l'outil de serrage ainsi que sa précision est aussi important que le reste. Chaque méthode de serrage impose les outils adaptés.

Une mauvaise méthode appliquée ou l'utilisation d'un outil non adapté peu entrainer un risque dans l'assemblage.

9.15 Vibrations : rondelle autobloquante (à pente) de construction

Ces rondelles spécifiques dédiées à la construction métallique sont sous ATE (Agrément Technique Européen) et ont donc le marquage CE qui est imposé dans ce domaine.

Il faut placer sur l'ensemble boulon deux jeux de rondelles de construction. Une paire sous la tête de vis, une autre paire sous l'écrou.

Les rondelles sont chanfreinées des deux côtés afin d'éviter tout risque de montage incorrect et toute interférence avec le rayon sous tête de vis.

Les deux phases de serrage selon la norme NF EN 1090-2 doivent être respectées.

Attention : les valeurs du couple de la 1re phase ainsi que celles de la 2e phase sont différentes.
Du fait du changement de rondelles et donc du changement du coefficient de frottement, les valeurs de couple à prendre en compte sont les valeurs données par le fabricant de rondelles de construction.
Pour les boulons précontraints HR ou HRC, un re-calcul du couple de serrage doit être réalisé pour chaque lot sous la maitrise du fournisseur.

Leur domaine d'application est vaste, allant de la simple passerelle piétonne aux ponts autoroutiers en passant par les ensembles ponts roulants.

9.15-1

Etant donné que l'angle des cames 'α' est plus grand que l'angle d'hélice du filetage 'β', un effet de rampe est créé par les cames, ce qui empêche la fixation de se dévisser spontanément.

9.16 Trous de perçage pour la boulonnerie pour la construction métallique

Dimensions des trous

La définition du diamètre nominal du trou combinée au diamètre nominal du boulon devant être utilisé dans ce trou détermine l'appellation « normal » ou « surdimensionné » pour ce trou. Les termes « court » et «long » appliqués aux trous oblongs font référence à deux natures de trous utilisés dans les calculs des boulons précontraints. Ces termes peuvent également être employés pour désigner les jeux dans le cas de boulons non précontraints. Il convient que les dimensions spéciales des assemblages glissants soient spécifiées.

Les jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation non prévus pour fonctionner dans des conditions ajustées doivent être tels que dans le tableau 9.16-1 le jeu nominal est défini comme étant :

- La différence entre le diamètre du trou et le diamètre nominal du boulon pour les trous ronds.
- La différence entre la longueur ou la largeur du trou et le diamètre nominal du boulon pour les trous oblongs.

9.16-1 **Jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation (en mm)**

Diamètre nominal d du boulon ou de l'axe d'articulation (en mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 et plus
Trous ronds normaux [1]	1 [2] [3]		2					3
Trous ronds surdimensionnés	3		4				6	8
Trous oblongs courts (sur la longueur) [4]	4		6				8	10
Trous oblongs longs (sur la longueur) [4]	1,5d							

(1) Pour des applications telles que les tours et les mâts, le jeu nominal pour les trous ronds normaux doit être réduit de 0,5 mm, sans spécification contraire.
(2) Le jeu nominal de 1 mm peut être augmenté de l'épaisseur du revêtement des éléments de fixation comportant un revêtement.
(3) Il est possible d'utiliser dans les conditions données dans l'EN 1993-1-8 des boulons ayant un diamètre nominal de 12 mm et de 14 mm ou des boulons à tête fraisée dans des trous présentant un jeu de 2 mm.
(4) Les valeurs nominales de jeu dans le sens transversal des boulons utilisés dans des trous oblongs doivent être identiques aux valeurs de jeu spécifiées pour les trous ronds normaux.

Pour les boulons ajustés, le diamètre nominal du trou doit être égal au diamètre de la partie lisse de la tige du boulon ; à noter que selon la norme ISO EN 14399-8, le diamètre nominal de la partie lisse de la tige est supérieur de 1 mm au diamètre nominal de la partie filetée.

Tolérances sur le diamètre des trous

Sauf spécifications contraires, les diamètres des trous doivent satisfaire les conditions suivantes :

- Trous pour boulons et axes d'articulation ajustés : classe H11 selon norme ISO 286-2
- Autres trous : tolérance de ±0,5 mm, le diamètre du trou retenu étant la moyenne des diamètres d'entrée et de sortie.

Exécution du perçage

Les trous destinés aux éléments de fixation ou aux axes d'articulation peuvent être formés par n'importe quel procédé (forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage thermique) à condition que celui-ci laisse un trou fini tel que :

- Les exigences de coupage se rapportant à la dureté locale et à la qualité de la surface de coupe, conformément à l'article 6.4 de l'ISO EN 1090-2 soient satisfaites.
- Tous les trous appariés destinés à des éléments de fixation ou axes d'articulation coïncident exactement les uns avec les autres de telle manière que les éléments de fixation puissent être insérés librement dans les éléments assemblés dans une direction perpendiculaire aux faces de contact.

Le poinçonnage est autorisé à condition que l'épaisseur nominale de l'élément ne soit pas supérieure au diamètre nominal su trou ou, pour un trou non circulaire, à sa dimension minimale.

Sauf spécification contraire, pour les classes d'exécution EXC1 et EXC2, les trous peuvent être formés par poinçonnage sans alésage.

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le poinçonnage sans alésage n'est pas autorisé si l'épaisseur de la tôle est supérieure à 3 mm. Pour une épaisseur de tôle supérieure à 3 mm, les trous doivent être poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 2 mm au diamètre définitif. Pour une épaisseur de tôle inférieure ou égale à 3 mm, les trous peuvent être poinçonnés directement à la dimension finale.

9.17 Montage et préconisations

Les produits, les moyens de serrage et les méthodes sont décrits dans l'EN 1090-2.

Maurin Fixation a travaillé avec le CETIM® (Centre Techniques des Industries Mécaniques) et d'autres experts du métier pour la réalisation de fiches techniques sur l'environnement des boulons de construction métallique.

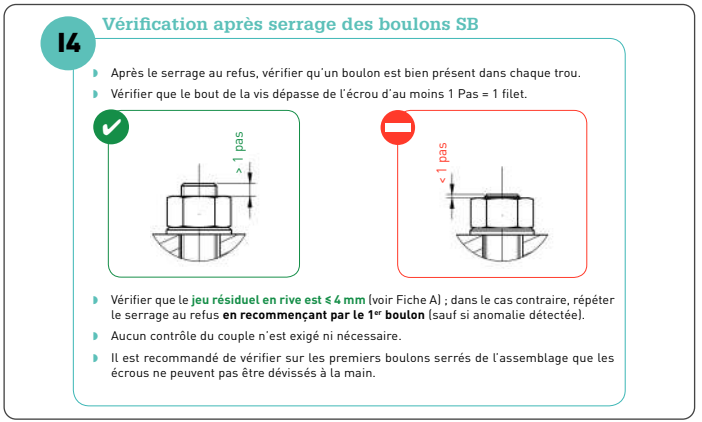
Elles sont disponibles sur le site internet de Maurin Fixation **https://fixation.emile-maurin.fr** dans la partie « SUPPORT TECHNIQUE ».

Les principaux thèmes abordés sont les suivants :

- Rappel de la règlementation et des normes en vigueur.
- Les différents boulons de construction.
- Le stockage, la pose des boulons ainsi que le retour de chantier.
- Les informations règlementaires et étiquettes.
- Les différents moyens de serrage et le contrôle du serrage.
- Les équipements de pose.

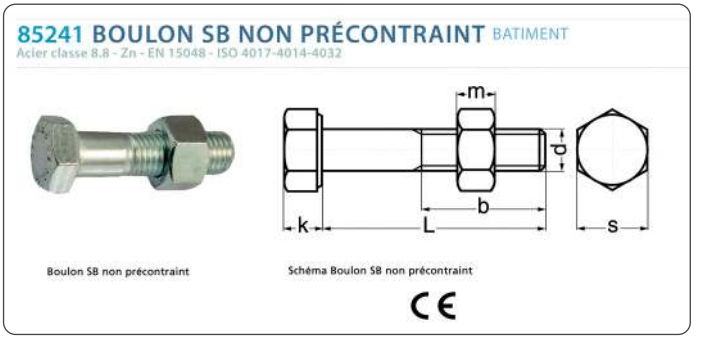
Ces fiches d'aide et de préconisation s'adressent à l'ensemble des acteurs du métier de la construction : poseurs, conducteurs de travaux, responsables de chantier, ingénieurs et bureaux d'études. Le but est de rappeler à chacun des intervenants, les règles et bonnes pratiques de pose des boulons.

9.17-1 **Extrait de la fiche I «Serrage des boulons non-précontraints SB»**



Pour faciliter l'accès aux informations, des fiches techniques sur les plages de serrage, préconisation, montage, Eurocode... sont accessibles directement sur chaque page produit de notre site web dans la partie « FIXATION BATIMENT ET INFRASTRUCTURE / boulonnerie de construction ».

L'image ci-dessous montre l'exemple du boulon SB zingué.



Pour cet exemple du boulon 85241, voici les documents associés qui sont téléchargeables sur notre site internet.

Documents

Boulon SB non précontraint NF EN 15048 ISO 4017/4014/4032 - Acier classe 8.8 Zn (PDF - 92 Ko)

Boulon SB : plage de serrage (PDF - 48 Ko)

Boulon SB : procédure d'utilisation (PDF - 103 Ko)

Couples de serrage pour visserie en acier ou inox (PDF - 116 Ko)

Eurocode 3 : calcul des assemblages pour structures en acier NF EN 1993-1-8 : 2005 (PDF - 46 Ko)

Produits de construction métallique non précontraints : arrêté du 6 mars 2008 (PDF - 32 Ko)

Tout savoir sur la pose des boulons de construction

Normes de boulonnerie de construction métallique (PDF - 34 Ko)

Guide produits boulonnerie de construction (PDF - 148 Ko)

9.2 Crapautage

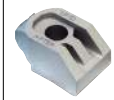
Le crapaud de fixation, comme la majorité des produits Lindapter®, ne nécessite aucun perçage ou soudage sur place, ce qui fait gagner du temps et de l'argent en diminuant les coûts d'installation.

De nombreux projets réalisés avec succès de par le monde prouvent que cette solution est parfaitement adaptée à la construction et à la réfection des charpentes métalliques.

Avantages

- Temps de conception réduit.
- Charges garanties et homologuées.
- Aucun perçage ou soudage sur site.
- Aucun 'travail à chaud' (permis feu) nécessaire.
- Moins de travaux en hauteur.
- Seuls des outils à main sont nécessaires pour l'installation.
- Réglable sur place.
- Ne nécessite pas d'alimentation électrique.
- Possibilité de démontage et de réutilisation plutôt que démolition.
- Homologués par des instituts internationaux tels que la Lloyds et la TÜV pour les charges statiques et dynamiques.

9.20 Boulonnerie associée

Standard	Type A & B	Boulonnerie CE non-précontrainte SB classe de qualité 8.8	Convient pour des ailes d'inclinaison maximale 8°	Type A & B		
Haute résistance	Type AF Type AAF Type CF	Boulonnerie CE précontrainte HR - HV - HRC classe de qualité 8.8 ou 10.9	Charges utiles de traction jusqu'à 250 kN (facteur de sécurité 3,2:1) pour quatre boulons	 Type AF Type AAF Type CF		ICC ES ESR-3976 Agrément sismique pour les crapauds type AF et AAF
Auto-réglable	Type LR	Boulonnerie CE non-précontrainte SB classe de qualité 8.8	Plage de serrage de 3-24 mm	Type LR		

9.21 Exemples d'applications

Fixation tablier sous pont suspendu : fixation type LR

Fixation sous plafond : fixation type AAF

Fixation sur structure tramway : fixation type AF

Fixation sur structure gare : fixation type A

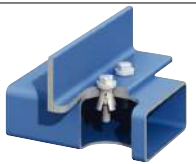
9.22 L'Hollo-bolt®

L'ancrage pour section creuse (ou boulon à expansion) remplace avantageusement les solutions classiques comme les systèmes à tige filetée traversante et taraudage, l'assemblage par soudage...) sur section creuse ou tube, ou tout autre type de section aveugle dont l'accès n'est possible que d'un côté de la pièce. Le temps de pose est nettement réduit, le soudage est inutile (pas de permis feu), le produit bénéficie d'une résistance élevée à la traction et au cisaillement et le résultat est esthétique.

Le produit bénéficie du marquage CE

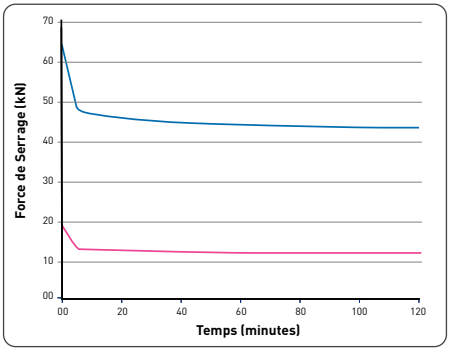
et d'un agrément sismique ICC-ES ESR-3330

Pose

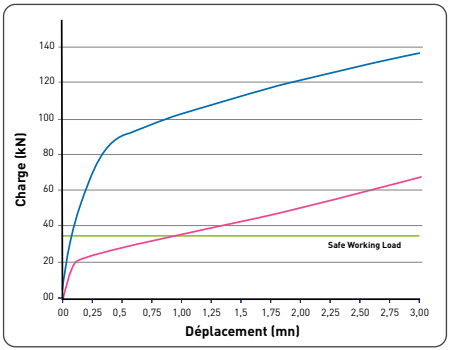
1 – Aligner les pièces pré-percées et insérer l'ancrage Hollo-Bolt®.	
2 - Maintenir le collier de l'ancrage Hollo-Bolt® avec une clé fourche.	
3 - Utiliser une clé dynamométrique pour serrer au couple recommandé.	

Cas des ossatures primaires

Les Hollo-Bolt® de taille M16 et M20 sont optimisés pour des assemblages d'ossatures métalliques primaires, et se distinguent par un mécanisme breveté de Haute Force de Serrage (HCF = High Clamping Force). Ce mécanisme permet d'avoir une force de serrage trois fois supérieure à celle obtenue avec un produit de même taille sans ce mécanisme.



98500



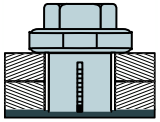
M20 :
jusqu'à 3.5 fois la force de serrage

M20 :
Charge appliquée par rapport au déplacement de l'assemblage

sans mécanisme HCF
(ancrage composé de 3 parties)

avec mécanisme HCF
(ancrage composé de 5 parties)

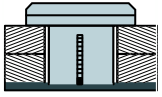
La gamme



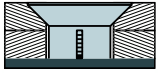
Hexagonal : le collier du Hollo-Bolt® ainsi que la tête de vis de classe de qualité 8.8 sont clairement visibles à la surface de la section assemblée.

Ces produits existent en 4 versions :

1) acier zingage brillant plus JS 500,
2) acier galvanisation par immersion à chaud,
3) Sheraplex acier zingué par shérardisation + filmogène
4) acier inoxydable nuance 316.



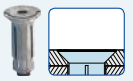
Fraisé : pour un dépassement minimal, l'ancrage est doté d'une vis fraisée de classe de qualité 10.9 avec un collier spécial permettant de noyer entièrement la tête de vis et d'éviter de percer des trous fraisés dans la section à assembler.



Flush fit : pour n'avoir aucune saillie visible, avec une tête entièrement noyée dans un trou fraisé.

Comparaison des variantes de tête Hollo-Bolt

Lindapter peut également fabriquer des produits sur mesure répondant à des exigences spécifiques d'assemblage, par exemple freinage / tête hémisphérique et dimensions spéciales.

		Variantes de tête		
		Hexagonal Dépassement visible normal	**Fraisé** Dépassement visible minime	**Flush Fit** Pas de dépassement visible
				
Tailles	M8	✔	✔	✔
	M10	✔	✔	✔
	M12	✔	✔	✔
	M16 HCF	✔	✔	-
	M20 HCF	✔	-	-
Protection contre la corrosion	JS500	✔	✔	✔
	Galvanisé à chaud	✔	-	-
	Sheraplex	✔	✔	✔
	Acier inoxydable	✔	✔	✔

Exemples d'applications

Mégaprojet de fusion nucléaire ITER (Cadarache)

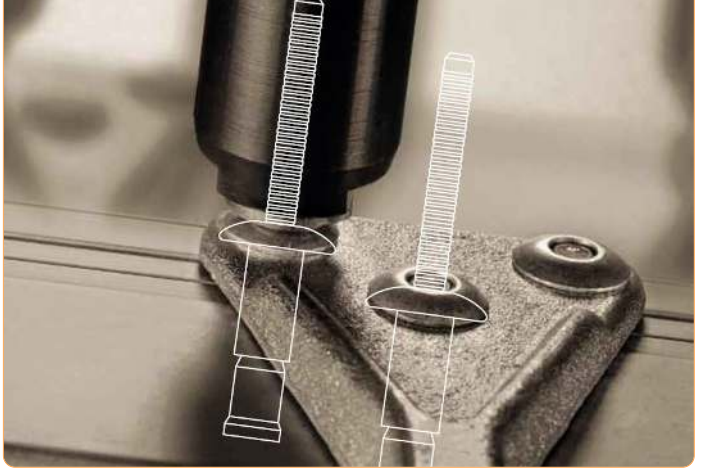
Application :
Supportage de tuyauterie de grand diamètre avec conditions sismiques.

Site Roland Garros / Court Philippe CHATRIER

Application :
Garde-corps sur le nouveau court.

9.3 Rivetage de structure

Le rivet de structure ou le boulon à sertir font également partis des systèmes de fixation utilisés dans l'infrastructure. Il s'agit là de gammes spécifiques adaptées à ce type d'environnement. Chaque produit répond à des caractéristiques qui leur sont propres, chaque fabricant ayant son modèle breveté.

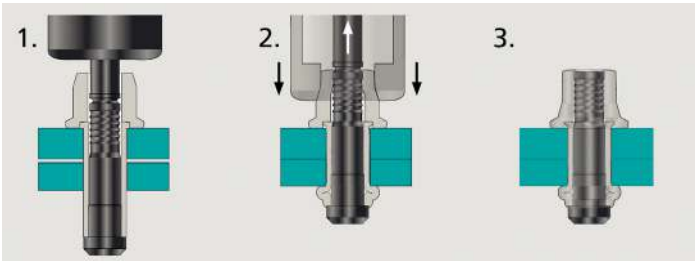


Choix d'un rivet

- Plage de serrage.
- Taille du trou.
- Remplissage du trou.
- Caractéristiques mécaniques.
- Résistance à la corrosion.
- Etanchéité.

9.30 Principe de fonctionnement

Rivet de structure

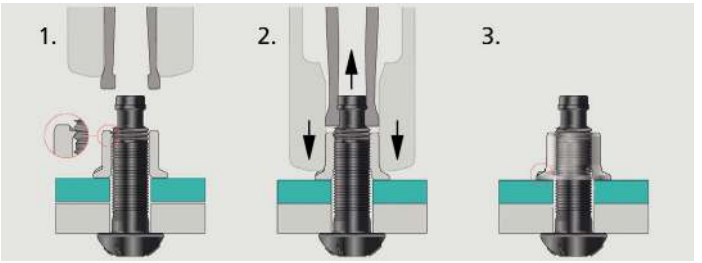


1. Insérez la fixation dans le trou de l'application et insérez sa tige dans le nez de l'outil de pose.

2. Première étape de traction sur la tige pour former le bulbe. Le corps possède une zone de recuit qui assure la formation du bulbe au bon endroit. Dès que le bulbe est formé, la tension est installée dans l'assemblage. La matière de la bague reflue dans les cannelures de sertissage maintenant la précontrainte et formant un verrouillage résistant aux altérations.

3. L'amorce de rupture se rompt selon une charge prédéfinie. L'extrémité de la tige est évacuée et l'assemblage est achevé.

Boulon à sertir de structure



1. La tige est insérée dans l'application à assembler et la bague est vissée sur le premier filet de la tige. Placez l'équipement de pose de l'outil complètement sur l'extrémité de la tige.

2. Lors de l'activation de l'outil, les mâchoires se ferment et tirent la tige. L'enclume avance sur la bague en faisant fluer la matière dans les cannelures de verrouillage de la tige.

3. Une fois la bague entièrement matricée, la course de l'outil est stoppée et inversée afin de relâcher la fixation. L'assemblage est terminé.

9.31 Typologie de produit

Les rivets semi-structurels

Rivet à rupture de tige avec de grandes résistances mécaniques. Selon la fonctionnalité première recherchée, il existe différents types pouvant répondre à des sollicitations de traction, de cisaillement ou un besoin d'étanchéité. Applications type armoires et coffres, ventilation, véhicules utilitaires...

Hemlok®
Rivets structurels à rupture de tige avec résistance exceptionnelle au cisaillement et à la traction et large surface d'appui côté aveugle.

Monobolt®
Rivets structurels à rupture de tige multi-grip permettant d'obtenir un joint parfaitement étanche et un verrou visible.

Interlock®
Rivets structurels à rupture de tige multi-grip permettant d'obtenir un assemblage parfaitement étanche.

Les rivets structurels

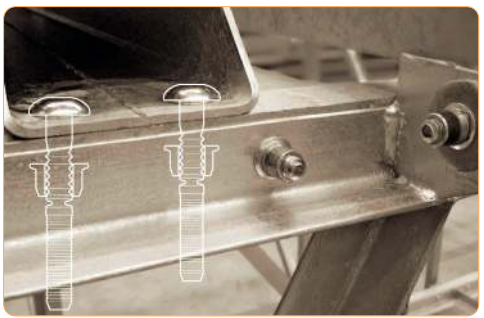
Rivet (ou boulon) de structure aveugle en acier haute résistance conçu pour être utilisé dans des applications structurelles lourdes telles que la construction.

Avbolt®
Tige en acier allié avec une oxydation noire.
Corps en acier au carbone en zingué.
Bague en acier au carbone en zingué.
Gamme du diamètre 4,8 à 16 mm avec multiples longueurs.

Les boulons à sertir

Conçus pour un montage sûr et à haute résistance requise dans les applications structurelles porteuses. Ils représentent la solution idéale lorsque la soudure par point n'est pas pratique et que d'autres solutions sont coûteuses. Utilisés dans la construction, les chemins de fer, châssis automobiles...

	Acier	**NeoBolt®** Pas de rupture de la tige. Haute résistance et résistant aux vibrations. Installation rapide et homogène.
	Alliage aluminium Acier Inox	**Avdelok®** Haute résistance au cisaillement. Bague contrôlée.
	Acier	**Avdelok® XT** Résistance exceptionnelle au cisaillement et à la traction. Tailles de Ø 12,7 mm à Ø 28,6 mm.
	Alliage aluminium Acier	**Maxlok®** Gamme à large plage d'utilisation. Haute résistance au cisaillement.
	Acier	**Avtainer®** Haute résistance au cisaillement. Fixation des panneaux composite à des structures métalliques. Etanche.



9.4 Construction structure bois

Cette typologie de produit est réglementée sous norme Européenne.
EN 14592 Structures en bois : éléments de fixation de type tige.

Côté fixation, deux produits sont représentés. Les vis à bois techniques ainsi que les boulons.

La conformité du produit à cette norme permet d'apposer sur le produit le marquage CE et donc de le commercialiser sur le marché de la construction. Tout comme le boulon de structure métallique, une Déclaration de Performance (DoP) ainsi qu'un certificat CE du fabricant peuvent être fournis.

9.40 Vis à bois technique

Le marquage sur tête n'est pas imposé. Mais par souci de qualité et de traçabilité, les fabricants notamment européens s'imposent un marquage.

Exemples de marquage sur tête vis à bois

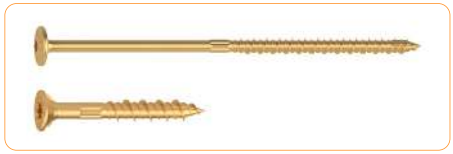
Il existe différents types de revêtements sur le marché avec des finitions d'aspects différentes.

Ci-dessous, quelques exemples. Le standard restant le type zingué.

Tenue brouillard salin pouvant aller de 48 HBS à 1 500 HBS.

Remarque : le contact avec un produit de protection bois (traitement) riche en Iodure de Cuivre, diminue considérablement la protection anticorrosion d'un revêtement Zingué-Nickel.

Vis filetage partiel (quelques exemples)



Assemblage contrefiche (photo 9.40-1)
à faible charge et pour la fixation d'éléments (assemblages).

Il est recommandé d'utiliser des vis à filetage partiel.

Recommandation : la vis filetage partiel « tête large » assure une meilleure pression sur l'assemblage, un montage jointif et étanche.

Les coefficients de résistance sont plus élevés.

Lorsque les charges sont conséquentes, il est recommandé d'utiliser des vis «filetage intégral». Cela augmente la capacité de reprise de charge de part un assemblage beaucoup plus rigide.

Fixation poteaux (photo 9.40-2)

Ces assemblages demandent des vis filetage partiel de grandes longueurs. Les vis RAPID® Komprex dotées d'un double filet assurent une rapidité de vissage hautement plus performante.

Connecteurs métalliques (photo 9.40-3)

Les vis RAPID® dual ou RAPID® SuperSenkFix sont parfaitement adaptées pour les assemblages par ferrures.

Ces deux types de vis disposent d'un épaulement sous tête assurant un centrage et un ajustement optimal.

9.40-1

9.40-2

9.40-3

Vis filetage total (quelques exemples)

Support rail (photo 9.40-4)
ex. pour pont roulant (poutre en **I** bleue)

La distance entre la charge verticale et le pilier génère un « moment de basculement ». La vis horizontale absorbe ce moment de basculement.

La charge verticale est supprimée par le raccord vissé en diagonale.

Le raccordement de poutre au support (pilier) avec vis filetage partiel (photo 9.40-5)

Tête plate : permet préalablement d'assurer un assemblage serré et étanche.

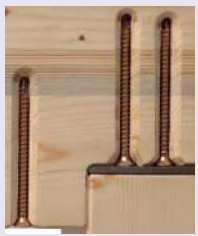
Plus les vis d'assemblages croisés (filetage intégral) sont placées en hauteur de la poutre secondaire, plus cette zone est critique et nécessite un renforcement en traction transversale.

Renfort transversal (mis-bois) (photo 9.40-6)

Le bureau d'étude doit contrôler si la charge transversale est trop élevée pour la section du bois utilisée ; la poutre est renforcée et sécurisée dans la zone du point de rupture à l'aide de vis filetage intégral.

9.40-4

9.40-5



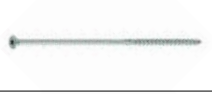
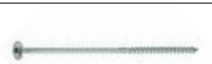
9.40-6

schmid schrauben hainfeld

Agrément Technique Européen ETA12/0373 - ETA18/0829

Les produits ci-dessous peuvent être vissés, sans pré-perçage, si la masse volumique n'excède pas 350 kg/m³ (résineux) à l'exception de la Rapid Hardwood 730 kg/m³ (bois durs) - **Norme EUROCODE 5**
Les revêtements contre la corrosion correspondent à la **classe de résistance 2** - Zingué bichromaté (Yellwin : Cr6 free) ou Zingué blanc (Bluewin) sont cependant des revêtements non exposables aux intempéries.

9.40-7

Réf Maurin	Marques déposées	Vis de structure	Diamètres vis	Filetage	Caractéristiques produit	Avantages produit	Résistance corrosion - Classe 2	Application / Mise en œuvre
36721	Stardrive GPR® Tête fraisée		Ø4 Ø4,5 Ø5 Ø6 Ø8 Ø10	Filetage partiel Filet simple	Filetage début pointe Filet entraineur Filetage grand pas Crans sous tête fraisée Alésoir de meulage Revêtement plastifié Zingué blanc (Bluewin)	Amorce précise - Anti-fendage Augmentation du couple de vissage / serrage Polyvalence assemblage bois/bois - bois/panneaux. Cran sous tête (idéal pour les ferrures métalliques - étriers - sabots) Tête fraisée (Ø6 mm) longueur max. **300 mm** Tête fraisée (Ø8-10 mm) longueur max. **400 mm** Tête plate (Ø6 mm) longueur max. **200 mm** Tête plate (Ø8-10 mm) longueur max. **400 mm**	Coefficient de résistance à la corrosion (Bluewin) 80 h Test brouillard salin	Menuiserie - Agencement Construction bois Assemblages charpentes
36731	Stardrive GPR® Tête plate		Ø6 Ø8 Ø10					
	Rapid® Tête fraisée		Ø3 Ø3,5 Ø4 Ø4,5 Ø5 Ø6 Ø8 Ø10 Ø12	Filetage partiel Double filet	Pointe striée Compresseur de fibre Filetage HI-LO (primaire/secondaire) Poche sous tête fraisée Alésoir de meulage longitudinal Revêtement plastifié Zingué bichromaté (Yellwin 500)	Amorce précise et rapide - Anti-fendage Compresseur de fibre (effet de pré-perçage) Vissage rapide Noyage propre (limite l'écrasement des fibres en surface) Tête fraisée (Ø6 mm) longueur max. **300 mm** Tete fraisée (Ø8-10 mm) longueur max. **500 mm** Tête plate (Ø6 mm) longueur max. **300 mm** Tête plate (Ø8-10 mm) longueur max. **500 mm**	Coefficient de résistance à la corrosion (Yellwin 500+) 500 h Test brouillard salin	Menuiserie - Agencement Gros œuvres - Coffrage Construction CLT (murs bois massif) Charpentes traditionnelles (fortes sections de bois) Planchers bois massif
	Rapid® Tête plate		Ø6 Ø8 Ø10					
	Rapid® Ligne menuiserie		Ø3,5 Ø5	Filetage partiel Double filet	Pointe striée Compresseur de fibre Filetage simple (jusqu'à 25 mm) Filetage HI-LO (à partir de 30 mm)	Empreinte TX20 - (1x embout par carton)	Excellent coefficient de résistance à la corrosion (Yellwin+) 500 h Test brouillard salin	Menuiserie - Agencement - Ebénisterie
36811	Rapid® SuperSenkFix		Ø6 Ø8 Ø10	Filetage partiel Double filet	Pointe striée Alésoir de meulage longitudinal Compresseur de fibre Filetage HI-LO (primaire/secondaire)	Polyvalence assemblages bois/bois - bois/panneaux Tête fraisée + épaulement + Tête plate combinés (idéal pour ferrures) Compresseur de fibre (effet de pré-perçage)	Coefficient de résistance à la corrosion hautement supérieur (Bluewin+) 700 h Test brouillard salin	Assemblages bois/bois Construction CLT (murs bois massif) Systèmes poteaux - Poutres Panneaux sandwichs Planchers bois massif
36741	Rapid® Dual		Ø8 Ø10 Ø12	Filetage partiel Double filet	Pointe striée Alésoir de meulage longitudinal Compresseur de fibre Filetage HI-LO (primaire/secondaire)	Polyvalence assemblages bois/bois - métal/bois Centrage optimal pour rondelles incurvées Double empreinte (Torx - Hexagonale) - Transmission de puissance élevée Classe résistance hautement supérieure aux DIN 571 (Ø12 mm est l'équivalent d'un tirefond de Ø16 mm)	Coefficient de résistance à la corrosion (Bluewin) 80 h Test brouillard salin	Charpentes métalliques (assemblages bois/bois - bois/métal) Idéal pour assemblages par ferrures métalliques Tous corps de métiers (remplace les tirefonds) Assemblages charpentes (chevrons sur panne - Ø12 mm)

9.40-7 (suite)

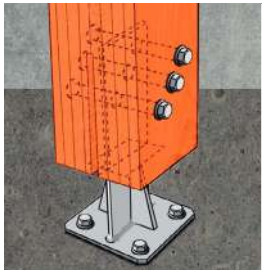
Réf Maurin	Marques déposées	Vis de structure	Diamètres vis	Filetage	Caractéristiques produit	Avantages produit	Résistance corrosion - Classe 2	Application / Mise en œuvre
	Rapid® Hardwood		Ø8	Filetage partiel Double filet	Pointe striée Filets grands pas Crans sous tête Compresseur de fibre Alésoir longitudinal	Assemblages des bois durs sans pré-perçage - **Densité bois 730 kg/m³ max.** Eclatement réduit - Noyage optimal Dureté noyau Ø8 mm équivalent aux Ø10 standard Longueur max. 240 mm	Coefficient de résistance à la corrosion hautement supérieur (Bluewin+) 700 h Test brouillard salin	Agencement Construction bois Assemblages charpentes Rénovation monuments historiques Renforcement de structure
	Rapid® T-Lift + Vis		Ø12	Anneau de levage + Vis	Filet grand pas Cône sous tête	Capacité de charge 1,3 To (vis à 90°/220 mm) Double empreinte (Torx - Hexagonale) Charge max. par vis 400 kg Ø12 - Longueurs 120 et 160 mm standard	Coefficient de résistance à la corrosion (Bluewin) 80 h Test brouillard salin	Transport de panneaux - murs - poutres Construction CLT (murs bois massif) Lamellé collé Panneaux sandwichs Planchers bois massif
36752	Rapid® Filetage intégral		Ø8 Ø10 Ø12	Filetage intégral	Demi-pointe brevetée Compresseur de fibre	Tête fraisée - Tête cylindrique Amorce rapide en position oblique - Assure un guidage précis Idéal pour les assemblages par ferrures Compresseur de fibre (effet de pré-perçage) Reprend les efforts de charge (traction/ compression/ cisaillement)	Coefficient de résistance à la corrosion haut de gamme (Yellwin) 500 h Test brouillard salin (Zingué Nickelé) sur demande 1000+/1500 h Test brouillard salin	Construction lamellé collé Construction CLT (murs bois massif)
	Rapid® T-Con		Ø8	Filetage partiel	Filet grand pas Cône sous tête Alésoir de meulage	Connecteurs pour planchers collaborant **(bois/béton)** - **Logiciel de calcul sur demande** Assurent la liaison entre chappe et structure porteuse (bois) Protection améliorée contre les incendies - Isolation thermique/acoustique. **Certification ETA-18/0829** - Homologué pour une épaisseur béton de 50 mm	Coefficient de résistance à la corrosion haut de gamme (Redwin)	Planchers collaborant (bâtiment neuf) Rénovation
36771	Rapid® Top2Roof		Ø8	Filetage semi-intégral	System Sarking Isolation par l'extérieur	Le filetage sous tête permet la fixation optimale des contrelattes **Logiciel de calcul sur demande**	Coefficient de résistance à la corrosion (Bluewin) 80 h Test brouillard salin	Isolation par l'extérieur (Sarking)

9.41 Boulon structure bois

Comme dans la construction métallique, les constructions bois ont une obligation de marquage CE. La boulonnerie en fait bien sûr partie. Ces boulons doivent répondre à la norme EN 14592.

Exemple d'application

Sabot de charpente



Pied de poteau

Assemblage de poutres

Données techniques

La certification CE ainsi que la DoP font gage de qualité et de bonne fonctionnalité du produit. De ces documents, en ressortent les caractéristiques mécaniques.

- Classe de qualité avec la résistance à la traction et la limite élastique
  Ex : 6.8 Rm 600 Mpa et Re : 480 Mpa
- Moment d'écoulement plastique (My,k) en Nm
- Norme produit : ISO 4014 / ISO 4032
- Revêtement (classe de service)

9.41-1

Classe	Catégories de corrosion NF EN ISO 14713-1	Niveau de risque de corrosion	Impact µm/an
C1	Intérieur sec	Très bas	≤ 0.1
C2	Intérieur : condensation occasionnelle Extérieur : zone rurale	Bas	0.1 - 0.7
C3	Intérieur : humidité élevée, pollution de l'air Extérieur : zone urbaine et littorale	Moyen	0.7 - 2
C4	Intérieur : piscine et industries chimiques diverses Extérieur : industrie et zone côtière	Haut	2 - 4
C5	Extérieur : industrie avec humidité et air marin très important	Très haut	4 - 8
C5 I & M	Industrie & Maritime salinité élevée	Très haut	10 - 20

Caractéristiques mécaniques

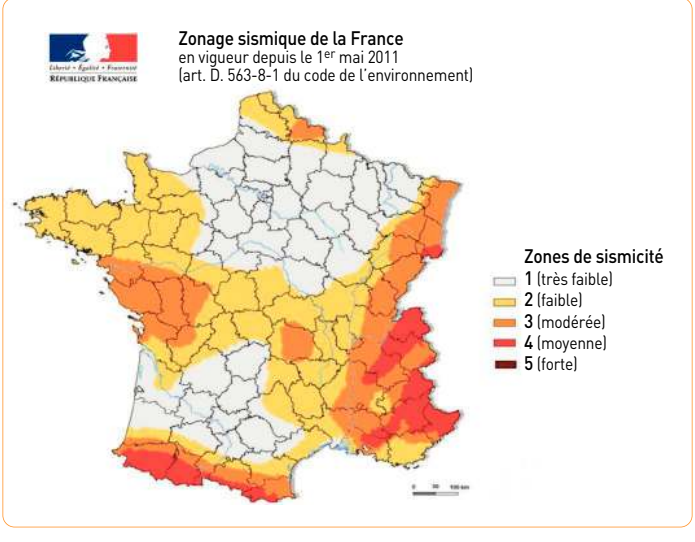
9.41-2 **Spécifications des matériaux et des classes de résistance des boulons et écrous**

Acier au carbone			
Partie boulon		Partie écrou	
Classe de résistance	Norme	Classe de résistance	Norme
4.6	EN ISO 898-1	5, 6, 8	EN ISO 898-2
4.8			
5.6		5, 6, 8	
5.8			
6.8		6, 8	
8.8		8	
Acier inoxydable			
Partie boulon		Partie écrou	
Classe de résistance	Norme	Classe de résistance	Norme
50	EN ISO 3506-1	50, 70, 80	EN ISO 3506-2
70		70, 80	
80		80	

9.5 Ancrage sur béton

Système de fixation permettant de mobiliser un effort de traction par adhérence au béton. En fonction de la solution choisie, mécanique, scellement chimique ou scellement béton, les efforts sont répartis entre traction et cisaillement.

Les performances sismiques sont nécessaires et classées en 2 catégories : C1 ou C2.



Zone de sismicité	Catégories d'importances du bâtiment			
	I	II	III	IV
1				
2			C1 / C2*	C2
3		C2	C2	C2
4		C2	C2	C2
5		C2	C2	C2

* Structurelle / ou non

Ces produits contrairement à la boulonnerie de construction métallique n'ont pas de norme propre à eux.

Le marquage CE obligatoire dans ce domaine passe donc par une validation de type :

- ATE : Agrément Technique Européen,
- ETE : Evaluation Technique Européenne qui remplace progressivement les ATE et qui a été mis en place via le RPC.

Cet agrément est délivré par un organisme d'évaluation technique, à la demande d'un fabricant.

Un dossier technique comporte au moins la définition technique précise du produit, son (ses) usage(s) prévu(s), le(s) principe(s) de fabrication et de maîtrise de la constance des performances et les éléments de démonstration des performances à déclarer.

L'organisme réalise l'ensemble des essais nécessaires et en fonction délivre ou non l'agrément.

Cet agrément donne lieu à une Déclaration de Performance (DoP) et à l'apposition du marquage CE pour mise sur le marché.

De manière générale, nos produits d'ancrage ont tous les agréments requis.

Voici par exemple les pictogrammes pouvant être retrouvés sur nos produits.

9.50 Ancrage mécanique

Goujons d'ancrage CE

R-HPT goujons d'ancrage

Béton fissuré C20/25 - C50/60

Béton armé

Béton non fissuré C20/25 - C50/60

Goujon d'ancrage CE
- Acier inoxydable A4
- Acier zinc lamellaire

Avec agrément pour
- Zone sismique
- Résistance au feu

Applications
- Bardage
- Clôtures / portails
- Ascenseurs

R-XPT goujons d'ancrage

Béton armé

Béton non fissuré C20/25 - C50/60

Goujon d'ancrage CE
- Acier inoxydable A4
- Acier zingué

Avec agrément pour
- Résistance au feu

Applications
- Murs rideaux
- Charpentes métalliques
- Mains courantes

9.50-1 **Mise en œuvre**

1. Percer un trou au diamètre et profondeur requis.

2. Nettoyer le trou de la poussière et des débris (à l'aide d'une pompe soufflante ou d'une méthode équivalente).

3. Introduire le goujon d'ancrage au travers de la pièce à fixer à l'aide d'un marteau.

4. Serrer au couple recommandé avec une clé dynamométrique.

Vis béton R-LX CE

Béton fissuré - Option 1

Béton non fissuré - Option 7

Convient également *

Brique silico-calcaire pleine

Brique pleine

Pierre naturelle

Hourdis

Bloc béton plein

Brique creuse

* Essai d'arrachement recommandé

- Acier zingué
- Acier zinc lamellaire

Avec agrément pour
- Zone sismique
- Résistance au feu

Avec marquage sur tête pour identification
- Identification du fabricant
- Indication du modèle
- Diamètre + longueur

Avantages
- Réglable et réutilisable
- Différentes têtes
- Résistance supérieure aux goujons

9.50-2 **Mise en œuvre**

1. Perçage 2. Nettoyage 3. Montage

Gamme et applications

6 versions de têtes

HF
Version tête hexagonale avec rondelle

CS
Version tête fraisée

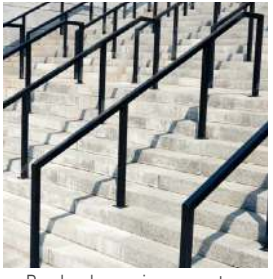
H
Version tête hexagonale sans rondelle

P
Vis béton à tête plate bombée

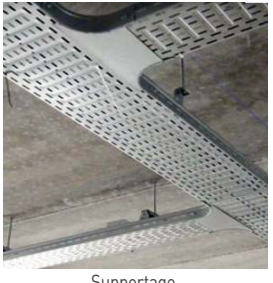
I
Vis béton à tête spéciale à filetage interne

E
Vis béton à tête à filetage externe

Gradins, sièges, bancs publics


Rambardes, mains courantes, garde-corps

Rayonnages, racks, structures de stockage


Supportage, bardage

9.51 Ancrage scellement chimique

Scellement chimique cartouche CE

Il existe un grand nombre de résine, chaque résine ayant sa propre caractéristique et est adaptée à un support et type d'assemblage.

Bloc béton plein | Brique pleine | Brique silico-calcaire pleine | Brique silico-calcaire perforée | Brique creuse | Bloc béton léger creux | Béton cellulaire | Béton fissuré

A savoir : les DoP (déclaration de performances) donnent toutes les indications nécessaires au choix de la résine ainsi que pour les calculs.

9.51-1 **Mise en œuvre pour supports creux**

9.51-2 **Mise en œuvre pour supports pleins**

1. Percer un trou de diamètre et profondeur adéquats pour l'installation de la tige filetée ou douille employée.
2. **Supports pleins :** nettoyer le trou à l'aide d'un écouvillon et de la pompe soufflante au moins quatre fois de chaque. Cette étape est indispensable avant l'installation.
   Supports creux : utilisation avec tamis d'injection.
3. Insérer la cartouche dans le pistolet extrudeur et attacher l'embout mélangeur.
4. Extruder la résine jusqu'à l'obtention d'une couleur uniforme.
5. Faire entrer l'embout jusqu'à l'extrémité du trou et extruder la résine. Remplir le trou jusqu'à 2/3 tout en retirant lentement la buse.
6. Immédiatement après l'application de la résine, lentement enfoncer la tige filetée dans le trou avec un mouvement de rotation. Enlever la résine qui déborde du trou.
   Ne plus manipuler avant le durcissement complet.
7. Positionner la pièce à fixer et serrer l'écrou au couple recommandé.

Exemples d'applications

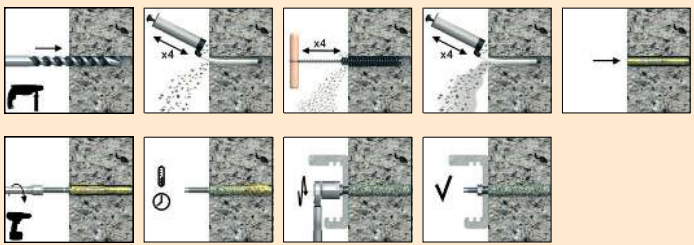
- Mains courantes.
- Charpentes métalliques.
- Clôtures / Portails.
- Mobilier public...

Scellement chimique capsule CE

Capsule contenant la quantité exacte de chaque élément nécessaire pour garantir une tenue optimum. Mélange pour charge lourde. Convient aux scellements sous-marin.

Béton
non fissuré
C20/25 - C50/60

9.51-3 **Mise en œuvre**



1. Percer un trou au diamètre et à la profondeur adaptés à la taille de la douille femelle.
2. Nettoyer le trou à l'aide d'un écouvillon et de la pompe soufflante au moins quatre fois de chaque. Cette étape est indispensable avant l'installation.
3. Introduire la capsule dans le trou. Monter la tige filetée ou la douille sur le perforateur à l'aide de l'embout six pans et de l'adaptateur si nécessaire.
4. Présenter la tige ou la douille devant la capsule, mettre en marche le perforateur et mélanger de façon régulière en rotation percussion. Arrêter dès que le fond est atteint afin de ne pas trop mélanger.
5. Ne plus toucher la tige filetée ou la douille avant le durcissement complet.
6. Positionner la pièce à fixer et serrer l'écrou au couple recommandé.

Exemples d'applications

- Plateformes.
- Ascenseurs / Escaliers mécaniques.
- Infrastructures urbaines.
- Balustrades.

9.52 Ancrage scellement béton

Norme en cours de création à partir d'une ancienne norme NF E27-811 (1970- Tiges de scellement à queue de carpe).

Il a été proposé courant 2019 de compléter la norme d'application NF EN 1090 en incluant les produits d'ancrage béton actuellement utilisés. Il faut pour cela homologuer ces produits sous un même référentiel (NF E25-811) et appliquer le marquage CE reprenant les caractéristiques de l'EN 15048.

Les produits concernés à ce jour pour cette évolution normative sont :

- les queues de carpe,
- les crosses et cannes d'ancrage,
- les tiges filetées.

Pour vous, acteurs des métiers de la construction

MAURIN FIXATION
INFRASTRUCTURE

propose ses fiches de
préconisation sur les boulons de construction métallique
pour les chantiers.

Les thèmes abordés sont les suivants :

- Les différents boulons de construction métallique.
- La codification pour la commande, l'étiquetage.
- La réglementation, les normes, le marquage CE, la certification NF.
- Les équipements requis selon les usages.
- Les bonnes pratiques : contrôle, stockage, pose et serrage.

Parce que bonnes pratiques et sécurité sont indissociables.

Retrouvez l'ensemble de notre savoir-faire technique sur
fixation.emile-maurin.fr/support-technique/

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.1 Approche des technologies

3. PROCESS DE FABRICATION DES FIXATIONS

4. CHOIX D'UN ASSEMBLAGE BOULONNÉ

4.0 Démarche de choix d'un élément d'assemblage

10

Autres modes d'assemblage

10.0 Rivetage

Assemblage par rivets aveugles

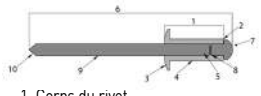
Définition

Le rivet aveugle est un élément de fixation qui permet l'assemblage de deux pièces de façon simple, économique et permanente. L'essentiel des rivets sont des fixations de maintien uniquement (travail en cisaillement). Il n'y a pas de mise en tension dans les pièces assemblées sauf pour les rivets de structure (tension faible par rapport à un système boulonné).

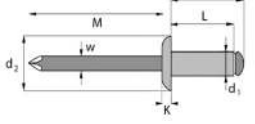
Le rivet à rupture de tige est réalisé en 2 parties : Le corps et le clou. Le corps est fabriqué soit à partir d'un tube pour les rivets de grande longueur (>50mm), soit à partir d'un fil extrudé puis frappé à diverses reprises pour le mettre à la forme et dimensions souhaitées.

Ils assurent des fonctions particulières telles que :

- pion de centrage,
- entretoise,
- étanchéité,
- longueur de tige adaptée permettant, avec un nez de pose, d'accéder aux joints où l'encombrement d'un outil standard ne le permet pas.



1. Corps du rivet
2. Extrémité finale du corps du rivet
3. Tête du rivet
4. Partie cylindrique du rivet
5. Partie intérieure du corps de rivet
6. Clou du rivet
7. Tête du clou
8. Point de rupture du clou
9. Corps du clou
10. Pointe du clou

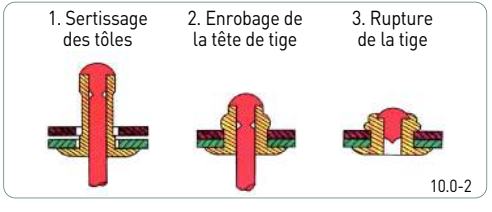


l : longueur totale sous tête
L : longueur du rivet sous tête
d_1 : diamètre du corps de rivet
d_2 : diamètre de la tête du rivet
K : épaisseur de la tête du rivet
w : diamètre du clou
M : longueur du clou sous tête

10.0-1

Cycle de pose d'un rivet standard

La pose d'un rivet aveugle s'effectue en trois phases après l'introduction du rivet dans le logement.



10.0-2

Forme de tête

- Bombée : c'est la forme la plus vendue. Elle s'adapte sur tous types de matériaux à l'exception des matériaux tendres et cassants.
- Fraisée : ce type de tête permet de riveter sur une plus grande épaisseur et elle est désignée pour obtenir une surface plane.
- Bombée large : elle double la surface de contact et permet d'obtenir une plus grande répartition de l'effort de serrage. Elle est conçue pour des matériaux tendres et cassants qui doivent être assemblés à un matériau support plus rigide.

10.0-3

Appareils de pose

10.0-4

Technique de pose

1 - Respecter le diamètre de perçage propre au rivet utilisé.
2 - Mettre le rivet dans l'embouchure de la pince.
3 - Placer le rivet en position dans le support à riveter.
4 - Actionner la pince en veillant à rester dans l'axe du rivet.

Problèmes de pose

1 - Le support se casse ou se déforme (rivet mal adapté à la matière - voir les caractéristiques de l'application dans tableau 10.0-6 page suivante).
2 - Le clou dépasse après avoir cassé (mauvais perçage, épaisseur à sertir non respectée, embouchure usée ou inadaptée).
3 - Mauvaise formation du bourrelet arrière (rivet utilisé trop court ou trop long).
4 - Marque sur la tête du rivet (embouchure inadaptée).

Fonctions particulières des rivets aveugles à grande plage de sertissage

- Grande plage de sertissage.
- Possibilité de remplacer environ 3 rivets (réduction des coûts et simplification de la gestion des stocks).
- Absorbe les variations d'épaisseur jusqu'à 6 mm.
- Assemblage solide et sûr, même en cas de perçage imprécis.
- Résistance aux vibrations grâce au remplissage total du logement.
- Tête de clou imperdable.

10.0-5

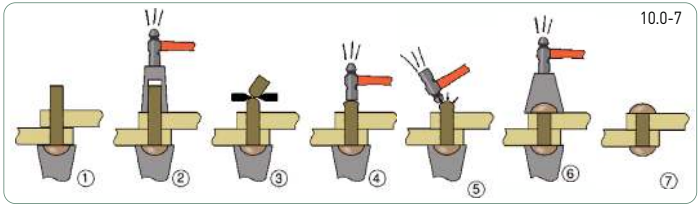
Aide au choix d'un rivet aveugle standard en fonction de l'application

10.0-6

Normes iso	Forme de tête	Catégorie	Matière corps/clou	Contraintes mécaniques	Résistance à la corrosion	Caractéristiques de l'application	Application
15977	Bombée	Ouvert	Alu/acier	Normales	Normale	Fixation standard	
Non Normé							
15978	Fraisée						
Non Normé							
15979	Bombée		Acier/acier	Importantes	Faible	Dans matériaux résistants	
Non Normé							
15980	Fraisée						
Non Normé							
15983	Bombée		Inox/inox	Importantes	Importante	Dans matériaux résistants	
Non Normé							
15984	Fraisée						
Non Normé							
15981	Bombée	Ouvert	Alu/alu	Faibles	Importante	Dans matériaux tendres (plastiques...) ou avec des risques de corrosion élevés	
15982	Fraisée						
Non Normé	Large						
15973	Bombée	Fermé	Alu/acier	Normales	Normale	Etanchéité aux liquides et aux vapeurs	
15974	Fraisée						
Non Normé	Large						
15975	Bombée		Alu/alu	Faibles	Importante	Etanchéité aux liquides et aux vapeurs	
15976	Bombée		Acier/acier	importantes	Faible		
16585	Bombée		Inox/inox	importantes	Importante		
Non Normé	Plate	Eclaté	Alu/acier	Faibles	Normale	Dans matériaux tendres	Eclaté Trébol
Non Normé	Large						
Non Normé	Plate	Trébol	Alu/alu	Faibles	Importante	Dans matériaux tendres	
Non Normé	Large						
Non Normé	Plate	Cannelé	Alu/acier	Normales	Normale	Conçu pour des applications en trou borgne dans le bois ou le plastique	Cannelé A frapper
Non Normé	Large	A frapper	Alu/inox	Normales	Importante	Conçu pour des applications en trou borgne dans le béton	
Non Normé	Plate	Cosse	Laiton/acier cuivré	Normales	Normale	Conçu pour des applications électriques	
Non Normé	Plate	Structures	Alu/alu ou Acier/acier ou Inox/inox	Importante	Importante	Dans matériaux résistants Forte tenue au cisaillement et résistance aux vibrations	
Non Normé	Fraisée						
Non Normé	Plate	Multi-serrage	Alu/acier	Normales	Normale	Fixation standard épaisseur à sertir variable	
Non Normé	Fraisée						
Non Normé	Large						

Assemblage par rivets métalliques pleins

Définitions / observations
Le rivetage est un procédé qui consiste à refouler l'extrémité d'une tige cylindrique munie d'une tête (rivet) afin de former une rivure qui permettra de maintenir solidement deux pièces. La liaison obtenue est fixe et non démontable. C'est un procédé très utilisé qui présente de nombreux avantages : économique, fiable, cadence de rivetage élevée, assemblage de pièces de matières et d'épaisseurs différentes. Les têtes et rivures en saillie posent parfois des problèmes d'encombrement.



Principaux rivets métalliques pleins

Assemblage par rivets forés

Composition du rivet foré
Tige cylindrique, plate ou fraisée dont l'extrémité est dotée d'un trou borgne cylindrique.

Méthode de pose
La pose de ce rivet est effectuée avec une riveteuse pneumatique dont l'extrémité opposée à la tête est rabattue vers l'extérieur en forme de couronne par une bouterolle.

Principales matières
Acier doux, inox A1 et A2, laiton, cuivre, aluminium et ses alliages 5754 et 5019.

Utilisation
Les applications courantes sont l'utilisation pour des assemblages tournants ou libres permettant une rotation de plusieurs pièces assemblées de façon définitive. Quelques exemples d'usage : les chaises pliantes, les poussettes pour enfants, les garnitures de freins et d'embrayage, les charnières, les roulettes.

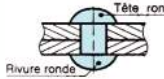
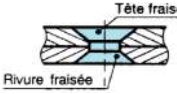
Les pièces spéciales

Ces pièces sont réalisées à partir de plans fournis par le client. Les capacités des machines permettent de réaliser des pièces d'un diamètre de 2,4 à 12 mm, dans différentes matières et une longueur totale pouvant atteindre 120 mm. La fabrication de pièces en frappe à froid reste économique pour des réalisations de moyennes et grandes séries.

PIECES SPECIALES
diam :
2,4 à 12 mm
long avec perfo :
120 mm
matière :
alu/acier/inox
finition :
revêtements spéciaux

Représentation symbolique des rivets métalliques pleins normalisés NFE 04-014

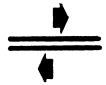
10.0-10

Différents cas de rivetage	Rivets posés à l'atelier Vue de dessus	Rivets posés à l'atelier Vue de face	Rivets posés sur chantier Vue de dessus	Rivets posés sur chantier Vue de face
Tête ronde et rivure ronde 				
Tête ronde et rivure fraisée ou tête fraisée et rivure ronde				
Tête fraisée et rivure fraisée 				

10.1 Collage

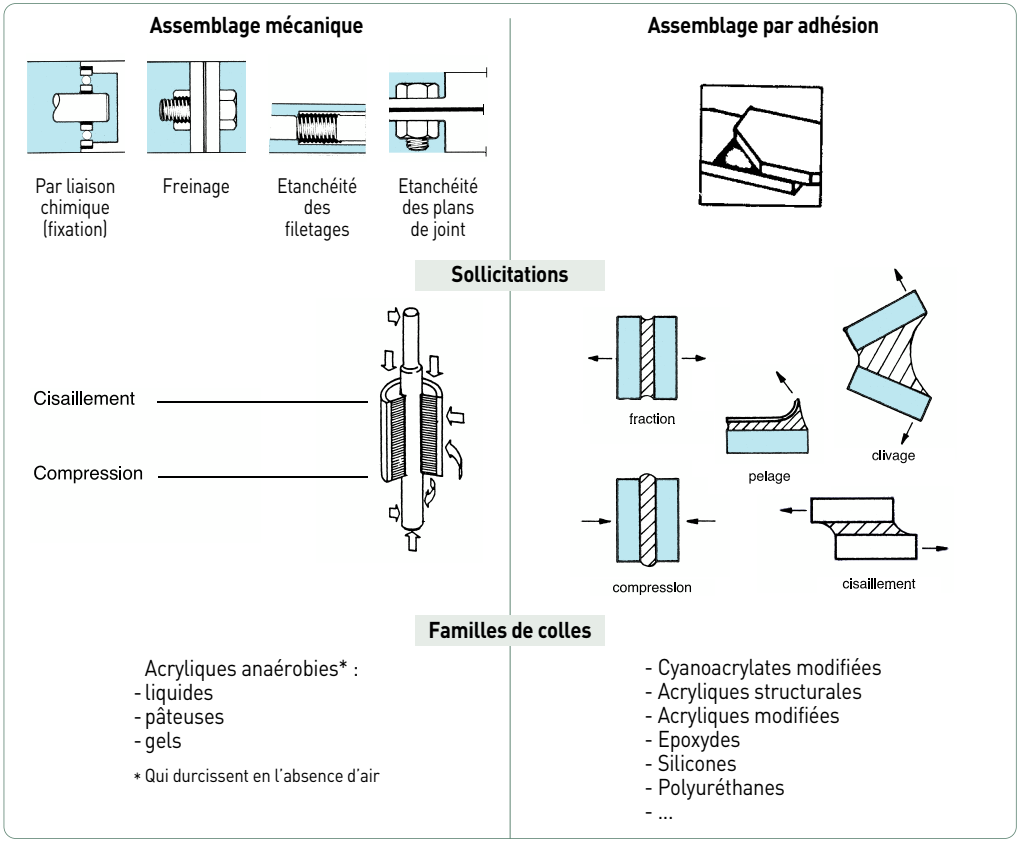
Fixation par collage

10.1-1 **Les limites du collage**

Paramètre	Limite	Représentation
Température θ (°C)	– 60 à + 250	
Contrainte normale en traction σ (MPa)	40 (à 20°C)	
Contrainte tangentielle en cisaillement τ (MPa)	35	
Contrainte normale en compression σ (MPa)	450	
Résistance au pelage R_p (N/mm)	10 (à 20°C)	

Nota
Se reporter aux guides de choix pour les valeurs particulières à chaque colle d'assemblage et les familles de colles associées.

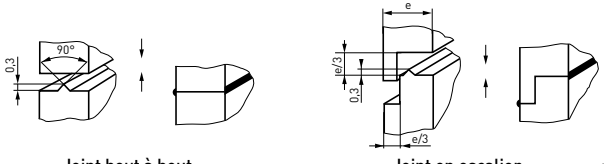
10.1-2 **Types d'assemblages et colles associées**



10.2 Soudage

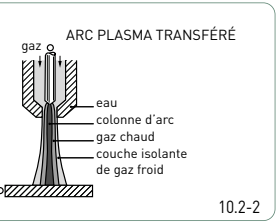
Assemblage par soudage

Soudage par ultrasons NFE 04-020
Le soudage par ultrasons s'applique uniquement aux thermoplastiques.
Les matières thermoplastiques chauffées localement en dessous de la température de décomposition passent à l'état plastique ou à l'état visqueux et se solidifient à nouveau après refroidissement. Ce sont ces propriétés qui sont utilisées pour assurer les assemblages par soudage.
L'état de la matière obtenue après soudage est homogène et la résistance de la zone soudée est similaire à celles des pièces assemblées.



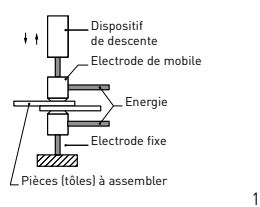
Joint bout à bout — Joint en escalier — 10.2-1

Procédé Miniplasma



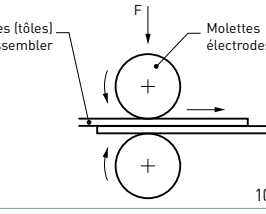
10.2-2

Soudage par résistance par points



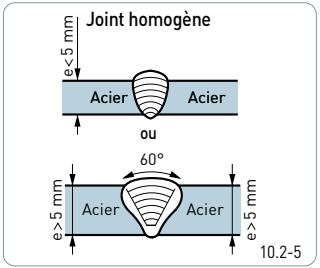
10.2-3

Soudage par résistance à la molette
Procédé de soudage ne déformant pas les pièces à assembler.
Chaleur intense mais concentrée.



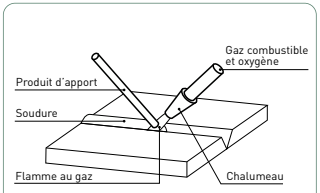
10.2-4

Soudage autogène
Opération de fusion localisée de deux pièces de même nature en vue d'assurer leur liaison grâce à un métal d'apport de nature presque identique à celle des pièces de base (chaudières, charpentes métalliques...).
Le métal de base se dilue dans le métal «apporté» : il participe à la constitution du joint.



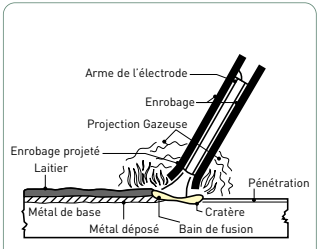
10.2-5

Chalumeau oxyacétylénique
La fusion est provoquée par la chaleur dégagée par la combustion d'un mélange d'acétylène et d'oxygène. Ce mélange est réalisé par le chalumeau.



10.2-6

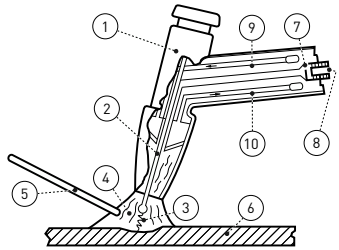
Soudage à l'arc avec électrodes enrobées
L'âme en acier de l'électrode conduit le courant électrique et constitue le cordon de soudure. L'enrobage participe à la stabilité de l'arc et protège le cordon de soudure contre l'oxydation et apporte des éléments à la soudure (nickel, chrome, manganèse...) pour en améliorer la qualité.
Le laitier est éliminé après refroidissement de la soudure.



10.2-7

Procédé TIG (Tungstène Inert Gaz)
A l'aide d'un courant approprié dont la nature varie avec le métal de base et fourni par un poste de soudage, on fait jaillir dans un gaz inerte (argon), entre une électrode de tungstène infusible et la pièce, un arc électrique.
La chaleur dégagée par cet arc fait fondre localement la pièce et le métal d'apport, formant ainsi le joint soudé.

Procédé de soudage ayant tendance à déformer les pièces à assembler et à fragiliser les contours de soudure. Fort dégagement de chaleur.



1 - Torche
2 - Electrode de tungstène
3 - Arc électrique
4 - Argon
5 - Métal d'apport
6 - Métal de base
7 - Arrivée de courant
8 -Arrivée d'argon
9 - Arrivée d'eau pour refroidissement
10 - Retour d'eau

10.2-8

10.3 Clippage

Principe

Le clippage est un procédé d'assemblage basé sur la déformation élastique des pièces lors du montage. L'élasticité est la caractéristique commune à presque tous les produits clippés. Les produits se montent et fonctionnent généralement en se déformant plus ou moins, et restent ensuite en position déformée pendant leur fonctionnement.

Effet ressort (voir élasticité, chapitre «Vocabulaire»). Les clips ont un effet ressort mais ne sont pas des ressorts, avec des courbes effort/déformation précises. Le but du ressort est d'assurer un effort sous une certaine position, éventuellement en dynamique ; le but d'un clip est d'assurer un moyen de fixation, généralement statique.

L'élasticité est obtenue par les formes, les matériaux, les traitements thermiques, seuls ou en combinaisons.

Matières

Les fixations clippées font appel à deux grandes familles de matériaux : le métal (20 à 30% du marché mondial des clips) et le plastique (70 à 80%), ou à une combinaison de métal et plastique.

Métal

- Aciers ressort laminés à froid (type XC45 ou XC68), qui subissent un traitement thermique dans le but d'augmenter leurs caractéristiques mécaniques (résistance, dureté, élasticité...).
- Aciers inoxydables écrouis (type X10CrNi18 8) : pas de traitement thermique, mais coût plus élevé.

Matières plastiques

- Polyamides (PA) : matière la plus utilisée, avec ou sans charge.
- Polyacétal (POM) : plus rigide que le polyamide. Bon effet ressort. Résistance plus faible en température.
- Elastomères thermoplastiques : similaires aux caoutchoucs, mais thermoplastiques, donc beaucoup plus facilement transformables.
- Polyoléfines, polyéthylène (PE) et polypropylène (PP) : peu chers, mais propriétés mécaniques limitées, peu utilisés.

Fonctions générales

- Généralement utilisées sans outil, les fixations clippées permettent des montages avec des efforts faibles et sont conçues pour des assemblages rapides, éliminant de fait d'éventuelles opérations de soudage ou de rivetage.
- Ce type de fixation peut être utilisé sur tous types de matériaux mais principalement sur des supports minces : tôle, cornière, baguette plastique, tubes, câbles...
- Les fixations clippées permettent un montage en aveugle et un maintien en position, sur le bord du panneau ou en milieu de panneau si un poinçonnage a été prévu à cet effet.
- Elles peuvent être conçues pour être démontables ou indémontables, faciles à démonter et à remonter, et peuvent être utilisées sans perte de caractéristiques mécaniques.
- Montées légèrement flottantes en position, elles permettent de rattraper des défauts d'alignement.
- Leur montage se fait de préférence après peinture, supprimant ainsi les opérations de masquage ou retaraudage nécessaires avec d'autres solutions.
- Les fixations clippées peuvent être conçues selon de très nombreuses définitions de fonction (fixation d'enjoliveur, d'applique, attache de parcloses, attache à pincer pour assurer la continuité de masse, clips et rivets plastique pour mise en place d'éléments d'habillage ou d'isolation...)

Fonctions courantes

- Rapporter un filetage ou un taraudage sur un support de façon à permettre son assemblage ultérieur (écrou à pincer à empreinte, écrou à pincer à fût taraudé, écrou en cage à pincer, vis en cage...).
- Permettre la fixation élastique en plein support, en bord de support ou sur un goujon soudé, de fils, câbles, tubes, tuyauteries... (attache-câble).
- Fixations légères, rapides et anti-vibrations sur tiges lisses, tringles, tubes, pièces moulées, tiges de rivets (fixe, arrêt d'axe en montage axial ou radial).
- Attache pour capot, porte de visite, panneau amovible ; l'ouverture et la fermeture au moyen d'un dispositif attache et goujon ou gâche et penne, se font par simple mouvement de traction et de poussée.

10.4 Chevillage

Une cheville est un élément de liaison entre un support et un équipement rapporté. La cheville est soit plastique (polyamide ou polypropylène) ou métallique. Elle est fournie comme un élément complet (cheville pré-montée) ou seule et doit alors être équipée d'accessoires (vis, boulons, tiges...).

Il existe une multitude de technologies adaptées aux différents environnements clients (type de support) et aux savoir-faire des fabricants.

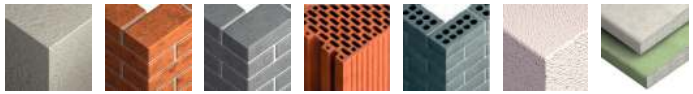
Exemple de chevillage sur le marché proposé par Maurin Fixation

Cheville multifonctions

Caractéristiques et avantages

- Ailettes anti-rotation renforcent la tenue dans une vaste gamme de supports.
- Corps de vis divisé de façon à obtenir la plus grande surface d'adhérence après son torsadage (gonflement).
- Système de 4 zones d'expansion.

A utiliser dans



Béton | Brique pleine | Brique silico-calcaire pleine | Brique en terre cuite perforée verticalement | Brique silico-calcaire perforée | Béton cellulaire | Plaque de plâtre

Cheville à frapper clou-vis nylon

Caractéristiques et avantages

- Combinaison d'une empreinte Phillips et d'un filetage hélicoïdal facilitant un éventuel démontage.
- Pose rapide par frappe.
- Vaste gamme disponible : longueur, diamètre, tête.

A utiliser dans

Béton | Brique pleine | Brique silico-calcaire pleine | Brique silico-calcaire perforée | Bloc en béton léger | Bloc en béton léger creux | Béton cellulaire

Cheville autoforeuse

Caractéristiques et avantages

- Taille réduite idéale pour cloisons sèches.
- Ne nécessite pas de forage.
- Recommandée pour application avec des plaques coupe-feu.

A utiliser dans

Plaque de plâtre | Plaques fibres-gypse | Bois aggloméré

Cheville à expansion

Caractéristiques et avantages

- Large surface de contact des branches expansées.
- Capacité de reprise de charge élevée.
- Ergots anti-rotation intégrés.

A utiliser dans

Plaque de plâtre

Plaques fibres-gypse

Bois aggloméré

Panneau OSB

Cheville métallique à clouer

Caractéristiques et avantages

- Mise en œuvre simple.
- Pointe dentelée pour une insertion sans perçage.
- Se retire facilement sans endommagement.

A utiliser dans

Plaque de plâtre

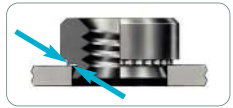
10.5 Sertissage

Le sertissage permet l'ancrage permanent d'une fixation dans un support (souvent de la tôle) par déformation volontaire du support en appliquant une pression contrôlée avec une presse à sertir dédiée.

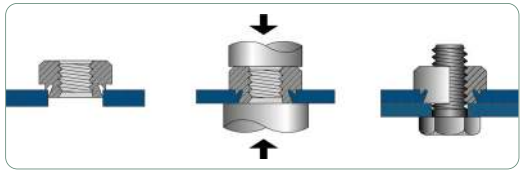
Principe de montage

Le sertissage d'une fixation comprend deux éléments principaux :

- **Le "repousseur"** (Displacer)
  Créer une déformation à froid dans le châssis métallique.



- **La "gorge"** (Undercut)
  Cavité recevant le métal repoussé lors de l'opération de sertissage.



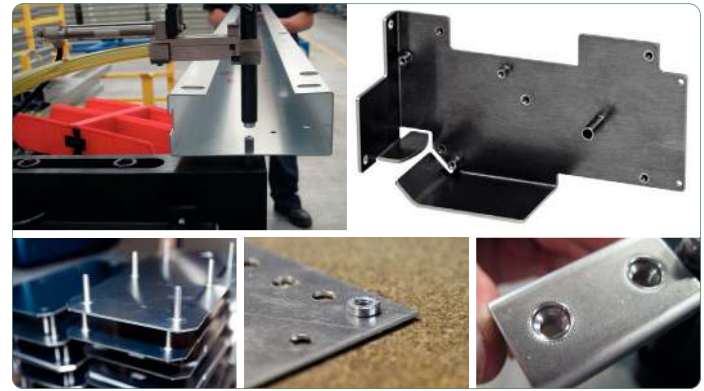
Outil de pose

10.5-1 **Outillage automatique pour pièces auto-sertissables**

Gamme

	Ecrous à sertir à la presse Les écrous à sertir permettent de former des filetages et taraudages résistants sur des tôles et autres supports de faible épaisseur, là où la réalisation de filetages usinés n'est pas possible.
	Colonnettes à sertir à la presse La colonnette à sertir associe la fonction d'entretoise aux fonctions filetage et taraudage dans un unique composant.
	Goujons à sertir à la presse Les goujons à sertir permettent l'assemblage sur des tôles acier et autres matériaux de faible épaisseur, de différents composants de manière sûre et résistante, ainsi que la mise en place d'un support de filetage sur lequel une autre pièce peut être montée.

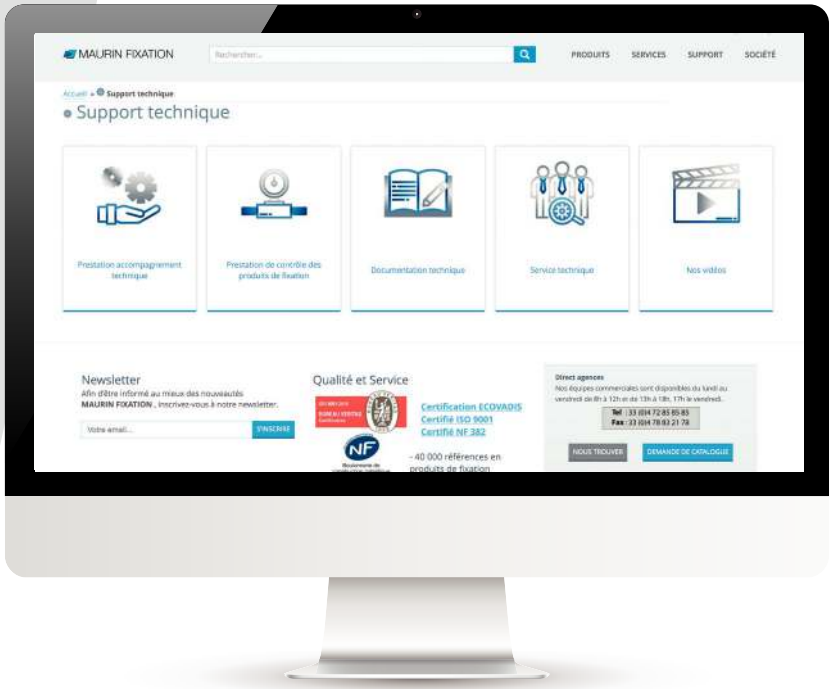
Exemples d'application



Maurin Fixation

La rubrique support technique de notre site internet

- Accompagnement technique.
- Prestation de contrôle des produits de fixation.
- Documentation et fiches techniques pour l'industrie et le bâtiment.
- Equipements de notre laboratoire de contrôle.
- Vidéos techniques.



Retrouvez l'ensemble de notre savoir-faire technique sur
fixation.emile-maurin.fr/support-technique/

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.2 Notions économiques

0.6 Notions élémentaires sur la normalisation

0.7 Élaboration d'une demande d'offre ou d'une commande de fixations

3. PROCESS DE FABRICATION DES FIXATIONS

9. FIXATION D'INFRASTRUCTURE

9.1 Les boulons CE et NF : les différences

12. QUALITÉ, CONTRÔLE ET NON-CONFORMITÉ

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

27 Environnement et législation

11

Usages et préconisations générales

11.0 Préconisations générales

Ces préconisations rappellent les règles de l'art pour l'utilisation des produits et sont établies pour orienter le client dans la bonne mise en œuvre de ces produits. Elles ne sont pas exhaustives et n'accroissent pas la responsabilité du vendeur.

Transport

11.0-1

Préconisation		Produits		Pièces plastique
		forgés / décolletés	découpés	
Ne pas gerber les palettes	Ne pas détériorer emballages et pièces	●	●	●
Ne pas exposer à la pluie, à l'eau	Eviter la corrosion	●	●	
	Eviter la reprise d'humidité			●
Ne pas exposer au soleil, à la chaleur	Ne pas détériorer les enductions	●		
	Eviter les déformations et/ou un vieillissement accéléré			●
Ne pas exposer aux variations de température	Eviter la condensation et l'apparition de corrosion	●	●	
	Eviter les déformations et/ou un vieillissement accéléré			●
	Ne pas détériorer les enductions	●		
	Ne pas détériorer les performances des revêtements de surface	●	●	
Préserver des agressions physiques	Eviter la destruction par les rongeurs			●

Conditionnement

Sauf stipulation contraire du cahier des charges ou de la commande :

- les vis, boulons, goujons et écrous sont livrés emballés en boîtes, en sacs ou en paquets ne contenant que des articles de même désignation,
- les boulons peuvent être livrés avec leur écrou monté ou non,
- les tiges filetées sont livrées en paquets,
- les conditionnements par quantité standard n'existant pas dans la profession, et le fournisseur étant libre, sauf stipulation contraire, de sélectionner le fabricant de son choix, le fournisseur livrera la quantité demandée au plus proche d'un boîtage (ou multiple de boîtes) du fabricant sélectionné.

Tolérances sur quantités (NF E 25-007)

- Les tolérances admises sur quantités livrées sont, par rapport aux quantités commandées, sauf accord différent à la commande :
- jusqu'à 199 pièces : 0 +10% (avec un minimum de 3 pièces en plus),
- de 200 à 499 pièces : 0 +8%,
- de 500 à 9999 pièces : 0 +5%
- de 10000 pièces et plus : 0 +2%.

Il n'existe pas de norme internationale sur les tolérances de quantité, ce qui pose problème pour les importateurs, car le plus souvent les fabricants travaillent en +/-. Des spécialistes sont en train d'étudier la question au niveau de l'ISO.

Réception, stockage, reconditionnement

11.0-2

Préconisation		Produits forgés / décolletés	Produits découpés	Pièces plastique
Ne pas exposer à l'eau	Eviter la corrosion	●	●	
	Eviter la reprise d'humidité			●
Ne pas exposer à la chaleur	Ne pas détériorer les enductions	●		
	Eviter les déformations et/ou un vieillissement accéléré			●
Ne pas exposer aux variations de température (température régulée au dessus du point de rosée)	Eviter la condensation et l'apparition de corrosion	●	●	
	Eviter les déformations et/ou un vieillissement accéléré			●
	Ne pas détériorer les enductions	●		
	Ne pas détériorer les performances des revêtements de surface	●	●	
Préserver des agressions physiques	Eviter la destruction par les rongeurs			●
Limiter la durée de stockage à 2 mois pour les pièces non protégées (protection temporaire, phosphatation...)	Eviter la corrosion	●	●	
Limiter la durée de stockage à 6 mois pour les pièces protégées	Eviter le vieillissement des revêtements	●	●	
Limiter la durée de stockage à 6 mois	Eviter le vieillissement			●
Respect du FIFO	Garantir la traçabilité	●	●	●
Ne stocker que dans des conditionnements fermés	Garantir la propreté	●	●	●
	Eviter les mélanges	●	●	●
Ne pas reconstituer un conditionnement détérioré	Garantir la propreté	●	●	●
	Eviter les mélanges, les pièces détériorées	●	●	●
En cas de ré-étiquetage ou de changement de conditionnement, conserver les éléments de traçabilité du lot d'origine	Garantir la traçabilité	●	●	●

Extraits de «Eléments mécaniques de fixation - Qualité des caractéristiques techniques - EIFI» et de «Guide de référence des pratiques et règles de l'art pour la fourniture de produits de fixation - AFFIX».

Utilisation, assemblage

11.0-3

Préconisation		Produits forgés / décolletés	Produits découpés	Pièces plastique
Ne pas dépasser la limite élastique lors de la mise en œuvre	Eviter les ruptures et les déformations permanentes	●	●	
Ne pas dépasser l'effort d'introduction lors de la mise en œuvre	Eviter les détériorations et les déformations		●	●
Respecter les conditions de vissage prévues	Garantir l'assemblage	●	●	
Eviter les assemblages manuels «en aveugle»	Eviter un mauvais positionnement	●	●	●
Ne pas huiler les filetages / taraudages	Garantir l'assemblage	●	●	
Ne pas laver / dégraisser	Ne pas détériorer les revêtements (enduction, traitement de surface...)	●	●	
	Garantir l'assemblage	●	●	
Eviter les protections électrolytiques ou les contacts avec un acide (pour les produits en acier trempé)	Eviter les ruptures différées	●	●	
Ne pas mélanger les lots dans les alimentations et les bols / trémies	Conserver la traçabilité	●	●	●
Nettoyer régulièrement les alimentations et les bols / trémies	Garantir la propreté	●	●	●
Créner les alimentations et les bols / trémies	Garantir la propreté	●	●	●
	Eviter les mélanges	●	●	●
Limiter le temps de séjour dans les alimentations les bols / trémies	Minimiser les abrasions mécaniques	●	●	●
Limiter les hauteurs de chute	Eviter la détérioration des filetages, les chocs	●	●	
Limiter l'accumulation dans les trémies	Eviter les enchevêtrements	●	●	
Ne pas utiliser les pièces tombées à terre ou non identifiées	Eviter les mélanges, les pièces détériorées	●	●	●
Ne pas réutiliser les pièces démontées	Garantir l'assemblage	●	●	●
Utiliser les gants pour les assemblages / manipulations manuels	Préserver la sécurité des personnes	●	●	●
	Garantir la propreté	●	●	●
	Eviter la corrosion	●	●	●

11.1 La commande

Le contrat n'est parfait que sous réserve d'acceptation expresse de la commande par le Fournisseur. L'acceptation de la commande se fait par tout moyen écrit. Toute commande expressément acceptée par le Fournisseur, fermée ou ouverte, sera réputée entraîner acceptation par le Client de l'offre du Fournisseur.

Toute modification du contrat demandée par le Client est subordonnée à l'acceptation expresse du Fournisseur.

La commande exprime le consentement du Client de manière irrévocable ; il ne peut donc l'annuler, à moins d'un accord exprès et préalable du Fournisseur. Dans ce cas, le Client indemnisera le Fournisseur pour tous les frais engagés (notamment équipements spécifiques, frais d'étude, dépenses de main d'œuvre et d'approvisionnement, outillages) et pour toutes les conséquences directes et indirectes qui en découlent. En outre, l'acompte déjà versé restera acquis au Fournisseur.

Le Fournisseur établit des stocks (matières, outillages, en-cours, produits finis), en fonction des besoins du Client et dans son intérêt, soit sur une demande explicite de celui-ci, soit définis de manière à honorer les programmes prévisionnels annoncés par lui.

Toute modification, inexécution ou suspension du contrat ne permettant pas l'écoulement des stocks dans les conditions prévues au contrat entraînera une renégociation des conditions économiques initiales permettant l'indemnisation du Fournisseur.

Tous les plans, descriptifs, documents techniques ou devis remis à l'autre partie sont communiqués dans le cadre d'un prêt à usage dont la finalité est l'évaluation et la discussion de l'offre commerciale du Fournisseur. Ils ne seront pas utilisés par l'autre partie à d'autres fins. Le Fournisseur conserve l'intégralité des droits de propriété matérielle et intellectuelle sur les documents prêtés. Ces documents doivent être restitués au Fournisseur à première demande.

Les échantillons ou prototypes transmis au Client sont couverts par une confidentialité stricte. Ils ne peuvent être communiqués à un tiers qu'avec l'autorisation expresse du Fournisseur.

Les frais engagés par le Fournisseur pour l'étude, la création d'un outillage et la mise au point de la fabrication peuvent faire l'objet d'une participation financière du Client.

Les outillages étant conçus par le Fournisseur et adaptés à ses méthodes et à ses équipements restent sa propriété et demeurent dans ses ateliers.

La participation du Client aux frais d'outillage ne lui donne qu'un droit d'usage de ces outillages dans les ateliers du Fournisseur. Elle n'emporte aucun transfert de droit de propriété matérielle ou intellectuelle ni de savoir-faire.

Statut des produits commandés et livrés

Les produits livrés sont conformes à la réglementation technique qui s'y applique et aux normes techniques pour lesquelles le Fournisseur a déclaré explicitement la conformité du produit.

Le Client est responsable de la mise en œuvre du produit dans les conditions normales prévisibles d'utilisation et conformément aux législations de sécurité et d'environnement en vigueur sur le lieu d'utilisation ainsi qu'aux règles de l'art de sa profession.

En particulier, il incombe au Client de choisir un produit correspondant à son besoin technique et à son process de mise en œuvre si nécessaire, de s'assurer auprès du Fournisseur de l'adéquation du produit avec l'application envisagée.

Le Client s'engage à transmettre les informations utiles à la mise en œuvre du produit au sous-acquéreur éventuel. Le Fournisseur assure la traçabilité du produit jusqu'à la date de livraison au Client.

Le Client doit respecter les préconisations relatives au stockage et à la manutention y incluant notamment, à titre non limitatif, le reconditionnement de palettes, le changement de conditionnement par la non-utilisation des produits tombés au sol, ou la gestion des indices de modifications des produits.

Responsabilité

La responsabilité du Fournisseur est strictement limitée au respect des spécifications du Client acceptées par le Fournisseur.

En effet, le Client, agissant en tant que « donneur d'ordre », est en mesure, de par sa compétence professionnelle dans sa spécialité et en fonction des moyens industriels de production dont il dispose, de définir avec précision l'ouvrage en fonction de ses propres données industrielles ou de celles de ses clients.

Le Fournisseur devra exécuter l'ouvrage demandé par le Client, dans le respect des règles de l'art de sa profession.

La responsabilité du Fournisseur sera limitée aux dommages matériels directs causés au Client qui résulteraient de fautes imputables au Fournisseur dans l'exécution du contrat.

Le Fournisseur n'est pas tenu de réparer les conséquences dommageables des fautes commises par le Client ou des tiers en rapport avec l'exécution du contrat.

Le Fournisseur n'est pas tenu des dommages résultant de l'utilisation par le Client de documents techniques, informations ou données émanant du Client ou imposées par ce dernier.

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

0. APPROCHE TECHNICO ÉCONOMIQUE

0.2 Notions économiques

0.6 Notions élémentaires sur la normalisation

3. PROCESS DE FABRICATION DES FIXATIONS

3.10 Défauts de surface liés à la fabrication

5. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

5.6 Défaillance d'assemblages vissés : typologie et causes principales

9. FIXATION D'INFRASTRUCTURE

9.1 Les boulons CE et NF : les différences

BIBLIOTHÈQUE ET OUTILS

27 Environnement et législation

12

Qualité, contrôle et non-conformité

12.0 Qualité, contrôle, PPM et SPC

En général, un élément de fixation mécanique normalisé est défini par 10 à 15 caractéristiques géométriques, et autant de caractéristiques mécaniques, issues des normes nationales et internationales.

Les produits de fixation doivent satisfaire à la norme ISO 3269 - Contrôle de réception. Cette norme comprend des plans d'échantillonnage et des niveaux de qualité acceptable (NQA) fondés sur des statistiques pour la réception d'un lot de fabrication.

Les éléments de fixation pour des applications ou marchés spécifiques (par ex. l'industrie automobile, ferroviaire) et définis sur plan pour des applications très sophistiquées ou déterminantes pour la sécurité peuvent avoir des exigences additionnelles et un niveau de qualité beaucoup plus exigeant. Ce niveau peut être exprimé en pièces par millions (ppm).

Cette valeur est parfois mal interprétée. Certaines exigences n'ont pas de fondement technique ou économique.

Afin de respecter ces exigences, il est nécessaire d'installer des procédés additionnels, comme le tri automatique sur des dimensions ou des défauts de fabrication, ou le contrôle à 100% de certaines caractéristiques comme par exemple par courant de Foucault, magnétoscopie, etc. Là encore, surgissent de nombreux malentendus.

Comme mentionné ci-dessus, la qualité élevée et stable des produits implique des procédés maitrisés. Dans certaines conditions, ceci peut être vérifié par des analyses Cpk ou Cmk, quand les règles de statistique peuvent être appliquées.

Beaucoup de clients reprennent des valeurs ppm dans les aspects logistiques ou commerciaux. Ceci ne correspond pas à la définition technique des valeurs ppm et n'est pas l'objet de ce document.

Généralités

- la stratégie zéro Défaut est un objectif commun, en l'état de l'art non atteignable.
- Des accords communs concernant la définition technique et la qualité des éléments mécaniques de fixation devraient être élaborés en étroite coopération dès la phase de conception du produit final. Cette coopération doit comprendre l'échange des informations nécessaires concernant la fonction et l'assemblage des éléments de fixation.
- Ainsi, en cas d'écarts détectés, il doit y avoir une étroite coopération afin de limiter la durée et le coût des actions préventives et correctives.
- En l'état de l'art, les technologies et machines de tri ne sont pas en mesure de trier toutes les tailles de diamètres, de longueurs ou d'autres caractéristiques particulières des produits.

Exigences liées au ppm

- Les niveaux de ppm doivent concerner une ou plusieurs caractéristiques qui ont une influence sur la fonction ou l'assemblage du produit final. (...) L'accord avec le client devrait comprendre la méthode appropriée de détection. Celui-ci doit être finalisé au moment de la commande.
- Les exigences générales de niveau ppm concernant des lots de fabrication sont généralement sans relation directe avec la fonctionnalité du produit ou le process de son montage.
- L'évaluation des niveaux de ppm est la plus appropriée pour le suivi des procédés ou d'événements aléatoires.
- Dans la plupart des cas, des exigences sur les ppm nécessiteront la mise en œuvre de procédés plus chers avec tri automatique. C'est la raison pour laquelle il devrait y avoir une évaluation détaillée des coûts, généralement les niveaux de ppm sont calculés sur une année glissante ou une année calendaire.
- Les exigences de ppm devraient être fondées sur une période de temps spécifiée, elles ne devraient pas s'appliquer pour l'acceptation d'un lot particulier.
- Les exigences des ppm ne sont pas appropriées pour des caractéristiques pour lesquelles des essais destructifs sont utilisés, par exemple :
  . la résistance à la traction,
  . la dureté,
  . les discontinuités de revêtement de surface,
  . la décarburation,
  . la résistance aux chocs,
  . la structure métallographique...
- Il y a certaines caractéristiques qui affectent la qualité du lot entier quand une opération concerne une quantité globale de produits. Ces caractéristiques ne doivent pas être incluses dans l'évaluation ppm. Quelques exemples sont :
  . la résistance à la corrosion,
  . l'apparence,
  . le coefficient de frottement,
  . l'épaisseur du revêtement.
- Pour approfondir le sujet, il est conseillé de se reporter à la norme NF EN ISO 16426 de Janvier 2003 « Eléments de fixation - système d'assurance qualité » et plus particulièrement à son annexe A «Considérations pour obtenir les valeurs de ppm».

- Dans l'état de l'art actuel des processus d'élaboration utilisés par les fabricants de fixation en frappe , le niveau de qualité obtenu est généralement de :
  . non trié : 600 ppm (vis à bois, vis à tôle...)
  . non trié : 500 ppm (vis à tête hexagonale...),
  . trié manuellement : 100 ppm,
  . trié automatiquement : 10 à 50 ppm selon la technologie de tri employée.

- Caractéristiques appropriées pour le tri automatique :

12.0-1

Dimension	Forme	Autres
Longueur	Présence du filetage	Pièces étrangères
Longueur filetée	Présence de l'entraînement interne	Criques dans la tête de vis
Diamètre de filetage	Présence de l'entraînement externe	Criques dans l'embase
Diamètre d'embase	Existence de l'autofreinage sur un écrou	
Diamètre de la tête	Présence de l'appointage	
Diamètre de la tige	Présence d'une rondelle pré-assemblée	
Hauteur de tête de vis	Présence de l'enduction	
Hauteur de l'écrou	Empreintes bouchées	
Diamètre intérieur du filetage d'un écrou		
Profondeur de l'entraînement interne		
Pas de filetage		
Hauteur de l'entraînement externe		
Largeur sur plats		
Diamètre interne/externe et épaisseur pour rondelle		

- En vue du rapport coût-efficacité, le client doit ne sélectionner pour le tri que des caractéristiques indispensables pour l'assemblage ou le fonctionnement du produit final.
- L'expérience montre également que le procédé de tri peut parfois porter atteinte à la résistance à la corrosion des produits.

Extraits de «Eléments mécaniques de fixation - Qualité des caractéristiques techniques - EIFI»

Maitrise statistique des procédés (SPC)

- Le SPC est uniquement approprié pour les caractéristiques qui peuvent être influencées par l'opérateur et/ou l'équipement pendant le processus de production.
- Alors que les non-conformités aléatoires ne peuvent être identifiées par la maitrise statistique des procédés (SPC), les non-conformités systématiques peuvent en général être limitées en appliquant le SPC (voir ISO 16426).
- De plus, pour une caractéristique particulière,
  si le procédé est parfaitement centré et stable ($C_{pk} = C_p$)
  et si une valeur de C_{pk} de 1,33 est relevée,
  cela signifie qu'au moins 63 ppm des éléments de fixation dépassent les limites de tolérance (voir ISO 16426). Ce niveau de ppm diminue si les valeurs C_{pk} et/ou C_p sont plus élevées.
- Certains paramètres ou procédés spécifiques ne sont pas appropriés pour être maitrisés par le SPC, voir exemples dans tableau ci-après :

12.0-2

Catégorie	Caractéristiques
Non contrôlable, dépendant du comportement de l'outillage	Rayons
	Angles
	Dimension du filetage
	Diamètre de la tige obtenue par forgeage
	Largeur sur pans pour certains procédés
	Tolérance de formes et positions
Caractéristiques obtenues par un procédé complet, séparé et fermé	Poids de la couche superficielle
	Résistance à la corrosion
	Dureté (traitement thermique dans four à charges)
	Résistance mécanique (traitement thermique dans four à charges)
	Composition chimique de la matière
	Coefficient de frottement
	Caractérisation des filetages
	Couple de taraudage par déformation
Caractéristiques spécialement non centrées par rapport aux tolérances	Résistance mécanique (four à passage)
	Dureté (four à passage)
	Diamètre filetage
Caractéristiques à faible tolérance où la précision des moyens de contrôle est peu fiable	Diamètre d'engagement pour les vis revêtues
	Epaisseur des revêtements
Caractéristiques fabriquées avec un ajustement automatique ou une dérive lente	
Procédés d'assemblage multi-pièces	
Procédés avec différents matériaux non homogènes	

12.1 Gestion des non-conformités et impacts

Les fixations représentent en général une valeur faible par rapport à la valeur de l'ensemble dont elle fait partie (150 € en moyenne pour une automobile).

12.1-1 **Les fixations en quelques chiffres** (véhicule milieu de gamme)

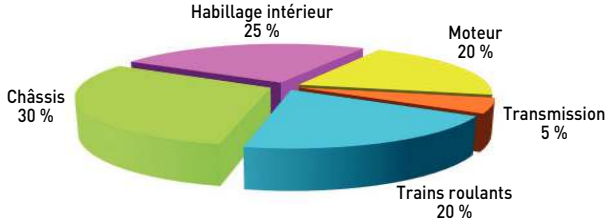
Valeur des fixations par véhicule **150 €**

1 000 références
1 800 points de fixation
Poids : **15 kg**

Coût d'usage
1/3 fixation
2/3 montage

Répartition par ligne de produits

Répartition par fonction



Extraits de «AFFIX – Groupe Qualité : Guide de référence des pratiques et règles qualité»

De plus, les exigences des clients ont notablement évolué pour rendre très technique les éléments de fixations et leurs process : réduction de poids, limitation de la taille, élévation de la performance technique et des classes de qualité, objectifs d'indice de capabilité en hausse, standardisation, fonctionnalités complémentaires...

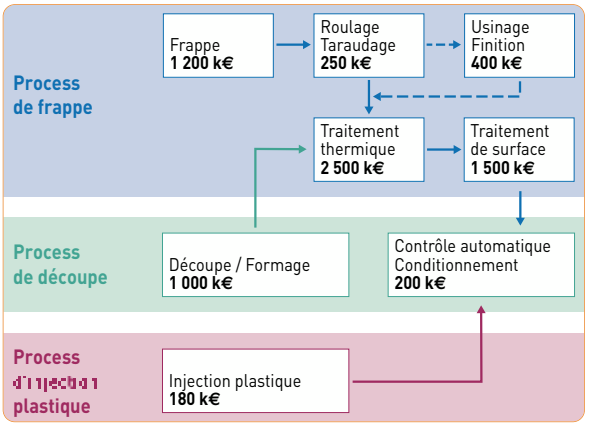
Pourtant les risques de non-satisfaction sont de plus en plus nombreux chez les clients utilisateurs de fixations :

- quantités livrées importantes et performances accrues des produits,
- automatisation rapide des opérations d'assemblage et les clients n'acceptent plus de défaillance perturbatrice (précédemment la fixation douteuse était écartée par l'opérateur),
- mauvaises utilisations des produits,
- réutilisation de pièces déjà existantes avec des exigences fonctionnelles supérieures (aspect, acoustique, qualité...),
- exigences documentaires toujours plus contraignantes.

Les procédés utilisés sont complexes et doivent garder leur disponibilité opérationnelle malgré :

- la diversité des produits à fabriquer dans un même processus,
- les quantités à produire (généralement en millier de pièces avec changement de référence fréquent),
- les nombreuses ruptures du flux avec manutentions et stockages intermédiaires (bac, container, convoyeur, etc.),
- les risques de dommages mécaniques (chocs), de rétention et de pollution (éléments étrangers).

12.1-2 **Principaux process utilisés et niveaux d'investissements**



Malgré toutes les dispositions particulières mises en œuvre pour maîtriser les procédés et les flux (SPC, tri 100 % automatique, etc.), leur niveau de performance ne peut être maintenu de manière constante pour chaque processus et chaque produit. Ce niveau de conformité ne peut donc être atteint par la seule maîtrise des processus d'élaboration. Il nécessite la mise en œuvre d'opérations complémentaires de contrôle ou de tri.

Dans l'état de l'art actuel, les performances (tous défauts confondus) des processus d'élaboration utilisés par les fabricants de fixation, ont été estimées :

Process avec tri	Tri auto	Tri manuel/visuel
Frappe	10 ppm	100 ppm
Découpe	10 ppm	50 ppm
Injection plastique	10 ppm	50 ppm
Assemblage	10 ppm	50 ppm

Lors d'une non-conformité, certains clients répercutent le coût de gestion de la perturbation (perte de production, reprise des stocks, forfaits administratifs,...). Si les coûts réels d'une perturbation restent à estimer en tenant compte du niveau des ppm ou de la fréquence d'apparition de la perturbation, le coût moyen d'un incident facturé au fournisseur est de l'ordre de 3 000 €, souvent sans commune mesure avec le prix unitaire de la pièce et des conditions générales de vente, et ne peuvent être viables pour le fournisseur à long terme.

Le coût unitaire des éléments de fixations est faible (coût moyen unitaire = 0,05 €). Malgré ce coût unitaire, des efforts de productivité ont été réalisés depuis plusieurs années. Même si l'état de l'art actuel conduit à tendre vers le "zéro ppm ", le coût du traitement de la défaillance ainsi que des pratiques de certains clients rendent le coût du ppm de plus en plus élevé au regard du coût unitaire de la fixation (facteur de 50 000 mini). Enfin, l'atteinte du "zéro défaut" et l'augmentation des performances des produits nécessitent l'amélioration des process et le développement de technologies nouvelles. Ces investissements ne peuvent donc être réalisés qu'en dégageant des marges.

12.1-3 **Machine de tri**

12.1-4 **Bols vibrants d'alimentation**

Maurin Fixation

Une documentation complète des gammes de produits de fixation

MAURIN FIXATION a conçu pour ses clients une documentation complète pour les gammes de produits de fixation :

- Un catalogue produits,
- Un guide sur les produits à destination de l'industrie,
- Un guide sur les produits à destination du bâtiment.

Vous pouvez feuilleter, télécharger ou commander notre documentation directement depuis notre site internet.

Retrouvez notre documentation téléchargeable sur
fixation.emile-maurin.fr

40 000 références dans notre catalogue

Avec un guide de choix pour vous aider.

Une sélection produits

- Pour l'industrie.
- Pour le bâtiment.

Bibliothèque & outils

1 Répertoire des normes générales usuelles

Normes concernant les fixations pour construction mécanique et métallique (à la date du 01/09/2020)

1-1 **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 225	E 25-002	01/12/2010	homologuée	Éléments de fixation - Vis, goujons et écrous - Symboles et description des dimensions
ISO	ISO 272		01/06/1982	International standard	Eléments de fixation - Produits hexagonaux - Dimensions des surplats
ISO	ISO 885		01/03/2020	International standard	Boulons et vis d'application générale - Série métrique - Rayon d'arrondi sous tête
AFNOR	NF EN ISO 887	E 25-525	01/08/2000	homologuée	Rondelles plates pour vis et écrous métriques pour usages généraux - Plan général
ISO	ISO 888		27/06/2018	International standard	Eléments de fixations - Vis, goujons et tiges filetées - Longueurs nominales et longueurs filetées
AFNOR	NF EN ISO 898-1	E 25-100-1	13/04/2013	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 1 : Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées - Filetages à pas gros et filetages à pas fin
AFNOR	NF EN ISO 898-2	E 25-400-1	30/06/2012	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 2 : Écrous de classes de qualité spécifiées - Filetages à pas gros et filetages à pas fin
AFNOR	NF EN ISO 898-3	E25-500	27/06/2018	International standard	Caractéristiques mécaniques des fixations en acier au carbone et en acier allié - Partie 3 : rondelles de forme plane de classes de qualité spécifiées
AFNOR	NF EN ISO 898-5	E 25-100-5	04/08/2012	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 5 : Vis sans tête et éléments de fixation filetés similaires de classes de dureté spécifiées - Filetages à pas gros et filetages à pas fin
ISO	ISO 1051		01/12/1999	International standard	Diamètres de fût des rivets
AFNOR	NF EN 1090-2	P 22-101-2	20/06/2018	homologuée	Exécution des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2 : exigences techniques pour les structures en acier
AFNOR	NF EN ISO 1207	E 25-127	07/10/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique fendue - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 1234	E 25-774	31/12/1997	homologuée	Goupilles fendues
AFNOR	NF EN ISO 1478	E 25-650-2	20/12/1999	homologuée	Filetage de vis à tôle
AFNOR	NF EN ISO 1479	E 25-662	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête hexagonale
AFNOR	NF EN ISO 1481	E 25-663	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête cylindrique large fendue
AFNOR	NF EN ISO 1482	E 25-660	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée fendue
AFNOR	NF EN ISO 1483	E 25-661	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée bombée fendue
AFNOR	NF EN 1515-4	E29-042-4	01/02/2010	homologuée	Brides et leurs assemblages - Boulonnerie - Partie 4 : sélection de la boulonnerie pour équipements relevant de la Directive Équipements sous pression 97/23/CE
AFNOR	NF EN ISO 1580	E 25-128	26/11/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique large fendue - Grade A
AFNOR	NF EN 1661	E 25-406	30/04/1998	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase cylindro-tronconique
AFNOR	NF EN 1662	E 25-504	31/05/1998	homologuée	Vis à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique - Série étroite
AFNOR	NF EN 1663	E 25-413	30/04/1998	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase, autofreinés (avec anneau non métallique)
AFNOR	NF EN 1664	E 25-414	30/04/1998	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase, autofreinés, tout métal
AFNOR	NF EN 1665	E 25-505	01/09/1997	homologuée	Vis à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique - Série large
AFNOR	NF EN 1666	E 25-506	30/04/1998	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase, autofreinés (avec anneau non métallique), à filetage métrique à pas fin
AFNOR	NF EN 1667	E 25-507	30/04/1998	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase, autofreinés, tout métal à filetage métrique à pas fin
AFNOR	NF ISO 1891	E 25-013	13/11/2010	homologuée	Éléments de fixation - Terminologie
AFNOR	NF EN ISO 2009	E 25-123	26/11/2011	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée fendue - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 2010	E 25-124	19/11/2011	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée bombée fendue - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 2320	E 25-408	16/03/2010	homologuée	Écrous autofreinés en acier - Caractéristiques mécaniques et performances

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 2338	E 25-751	31/12/1997	homologuée	Goupilles cylindriques en acier non trempé et en acier inoxydable austénitique
AFNOR	NF EN ISO 2342	E 25-175	20/05/2004	homologuée	Vis sans tête fendue, à fût
AFNOR	NF EN ISO 2702	E 25-650-1	01/07/2011	homologuée	Vis à tôle en acier traité thermiquement - Caractéristiques mécaniques
AFNOR	NF EN ISO 3269	E 25-006	18/09/2019	homologuée	Eléments de fixation - Contrôle de réception
AFNOR	NF EN ISO 3506-1	E 25-100-6	15/04/2010	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 1 : Vis et goujons
AFNOR	NF EN ISO 3506-2	E 25-400-6	22/04/2020	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 2 : Ecrous
AFNOR	NF EN ISO 3506-3	E 25-100-8	01/01/2010	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 3 : Vis sans tête et éléments de fixation similaires non soumis à des contraintes de traction
AFNOR	NF EN ISO 3506-4	E 25-651	01/01/2010	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 4 : Vis à tôle
ISO	ISO 3508		01/06/1976	International standard	Filets incomplets pour les éléments de fixation avec un filetage selon ISO 261 et ISO 262
AFNOR	NF ISO 3800	E 25-038	20/08/2006	homologuée	Eléments de fixation filetés - Essai de fatigue sous charge axiale - Méthodes d'essais et évaluation des résultats
AFNOR	NF EN ISO 4014	E 25-112	18/06/2011	homologuée	Vis à tête hexagonale partiellement filetée - Grades A et B
ISO	ISO 4015		01/07/1979	International standard	Boulons à tête hexagonale. Classe de produit B. Tige réduite (diamètre de tige = diamètre sur flanc de filet)
AFNOR	NF EN ISO 4016	E 25-115-1	18/06/2011	homologuée	Vis à tête hexagonale partiellement filetée - Grade C
AFNOR	NF EN ISO 4017	E 25-114	03/10/2014	homologuée	Vis à tête hexagonale entièrement filetées - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 4018	E 25-115-2	18/06/2011	homologuée	Vis à tête hexagonale entièrement filetées - Grade C
AFNOR	NF EN ISO 4026	E 25-171	30/05/2004	homologuée	Vis sans tête à six pans creux, à bout plat
AFNOR	NF EN ISO 4027	E 25-172	30/05/2004	homologuée	Vis sans tête à six pans creux, à bout tronconique
AFNOR	NF EN ISO 4028	E 25-173	20/04/2004	homologuée	Vis sans tête à six pans creux, à téton
AFNOR	NF EN ISO 4029	E 25-174	30/05/2004	homologuée	Vis sans tête à six pans creux, à bout cuvette
AFNOR	NF EN ISO 4032	E 25-401	13/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux normaux (style 1) - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 4033	E 25-407	15/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux hauts (style 2) - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 4034	E 25-402	15/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux normaux (style 1) - Grade C
AFNOR	NF EN ISO 4035	E 25-405-1	13/03/2013	homologuée	Écrous bas hexagonaux chanfreinés (style 0) - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 4036	E 25-405-2	06/03/2013	homologuée	Écrous bas hexagonaux sans chanfrein (style 0) - Grade B
AFNOR	NF EN ISO 4042	E 25-009	19/09/2018	homologuée	Éléments de fixation - Revêtements électrolytiques
ISO	ISO 4161		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase cylindro-tronconique, style 2 - Filetage à pas gros
ISO	ISO 4162		25/06/2012	International standard	Vis à tête hexagonale à embase cylindre-tronconique - Série étroite - Grade A avec entraînement de grade B
AFNOR	NF EN ISO 4753	E 25-019	07/01/2012	homologuée	Éléments de fixation - Extrémités des éléments à filetage extérieur métrique ISO
ISO	ISO 4755		01/06/1983	International standard	Eléments de fixation - Gorges de dégagement pour éléments à filetage extérieur métrique ISO
AFNOR	NF EN ISO 4757	E 25-021	01/10/1994	homologuée	Empreintes cruciformes pour vis
AFNOR	NF EN ISO 4759-1	E 25-022-1	05/01/2001	homologuée	Tolérance des éléments de fixation - Partie 1 : Vis, goujons et écrous - Grades A, B et C
AFNOR	NF EN ISO 4759-3	E 25-501	10/09/2016	homologuée	Tolérances des éléments de fixation - Partie 3 : Rondelles plates pour vis et écrous - Grades A et C
AFNOR	NF EN ISO 4762	E 25-125	20/08/2004	homologuée	Vis à tête cylindrique à six pans creux
AFNOR	NF EN ISO 4766	E 25-160	14/10/2011	homologuée	Vis sans tête fendues à bout plat
AFNOR	NF EN ISO 6157-2	E 25-400-3	31/12/2004	homologuée	Éléments de fixation - Défauts de surface - Partie 2 : Écrous
AFNOR	NF EN ISO 6507-1	A03-154-1	07/03/2017	homologuée	Matériaux métalliques - Essai de dureté Vickers - Partie 1 : méthode d'essai
AFNOR	NF EN ISO 6507-2	A03-154-2	07/03/2017	homologuée	Matériaux métalliques - Essai de dureté Vickers - Partie 2 : vérification et étalonnage des machines d'essai

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 6507-3	A03-154-3	07/03/2017	homologuée	Matériaux métalliques - Essai de dureté Vickers - Partie 3 : étalonnage des blocs de référence
AFNOR	NF EN ISO 7040	E 25-409	15/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux normaux autofreinés (à anneau non métallique) - Classes de qualité 5, 8 et 10
ISO	ISO 7041		07/05/2012	International standard	Écrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique), style 2 - Classes de qualité 9 et 12
AFNOR	NF EN ISO 7042	E 25-420	13/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux hauts autofreinés tout métal - Classes de qualité 5, 8, 10 et 12
ISO	ISO 7043		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase, autofreinés (à anneau non métallique), style 2 - Grades A et B
ISO	ISO 7044		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase, autofreinés, tout métal, style 2 - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 7045	E 25-121	19/11/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme de type H ou de type Z - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7046-1	E 25-119-1	14/01/2012	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée à empreinte cruciforme de type H ou de type Z - Grade A - Partie 1 : Acier de classe de qualité 4.8
AFNOR	NF EN ISO 7046-2	E 25-119-2	14/01/2012	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée à empreinte cruciforme de type H ou de type Z - Grade A - Partie 2 : Vis en acier de classe de qualité 8.8, vis en acier inoxydable et vis en métaux non ferreux
AFNOR	NF EN ISO 7047	E 25-120	19/11/2011	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme de type H ou de type Z - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7048	E 25-149	11/06/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique à empreinte cruciforme
AFNOR	NF EN ISO 7049	E 25-658	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme
AFNOR	NF EN ISO 7050	E 25-656	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée à empreinte cruciforme
AFNOR	NF EN ISO 7051	E 25-657	07/10/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme
AFNOR	NF EN ISO 7053	E 25-665	10/07/2019	homologuée	Vis à tôle à tête hexagonale à embase plate
AFNOR	NF EN ISO 7089	E 25-526	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série normale - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7090	E 25-527	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates, chanfreinées - Série normale - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7091	E 25-528	01/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série normale - Grade C
AFNOR	NF EN ISO 7092	E 25-529	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série étroite - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7093-1	E 25-530	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série large - Partie 1 : Grade A
AFNOR	NF EN ISO 7093-2	E 25-531	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série large - Partie 2 : Grade C
AFNOR	NF EN ISO 7094	E 25-532	20/10/2000	homologuée	Rondelles plates - Série très large - Grade C
ISO	ISO 7378		01/06/1983	International standard	Eléments de fixation - Boulons, vis et goujons - Trous de goupille et trous de fil à freiner
ISO	ISO 7379		01/10/1983	International standard	Vis de centrage à tête cylindrique à six pans creux et à bout fileté réduit
AFNOR	NF EN ISO 7380-1	E 25-126-1	30/09/2011	homologuée	Vis à tête cylindrique bombée plate - Partie 1 : Tête cylindrique bombée plate à six pans creux
AFNOR	NF EN ISO 7380-2	E 25-126-2	30/09/2011	homologuée	Vis à tête cylindrique bombée plate - Partie 2 : Tête cylindrique bombée plate à six pans creux à embase plate
AFNOR	NF EN ISO 7719	E 25-410	15/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux normaux autofreinés tout métal - Classes de qualité 5, 8 et 10
ISO	ISO 7720		01/06/2012	International standard	Ecrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 2 - Classe de qualité 9
AFNOR	NF EN ISO 7721-2	E 25-018-2	30/10/1994	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée - Partie 2 : Profondeur de pénétration des empreintes cruciformes
AFNOR	NF EN ISO 8673	E 25-451	19/12/2012	homologuée	Ecrous hexagonaux, style 1, à filetage métrique à pas fin - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 8674	E 25-452	06/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux hauts (style 2) à filetage métrique à pas fin - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 8675	E 25-453	06/03/2013	homologuée	Écrous bas hexagonaux chanfreinés (style 0) à filetage métrique à pas fin - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 8676	E 25-151	18/06/2011	homologuée	Vis à tête hexagonale à filetage métrique à pas fin entièrement filetées - Grades A et B
ISO	ISO 8678		01/06/1988	International standard	Vis à métaux à tête bombée à collet carré à tête réduite et collet court - Grade B
AFNOR	NF EN ISO 8733	E 25-755	01/12/1997	homologuée	Goupilles cylindriques à trou taraudé en acier non trempé et en acier inoxydable austénitique
AFNOR	NF EN ISO 8734	E 25-756	01/12/1997	homologuée	Goupilles cylindriques en acier trempé et en acier inoxydable martensitique
AFNOR	NF EN ISO 8735	E 25-757	01/12/1997	homologuée	Goupilles cylindriques à trou taraudé en acier trempé et en acier inoxydable martensitique

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 8739	E 25-761	20/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures constantes sur toute la longueur débouchantes, à bout pilote
AFNOR	NF EN ISO 8740	E 25-772	20/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures constantes sur toute la longueur débouchantes, à chanfrein
AFNOR	NF EN ISO 8741	E 25-762	31/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures progressives renversées sur la moitié de la longueur non débouchantes
AFNOR	NF EN ISO 8742	E 25-763	31/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures centrales constantes sur le tiers de la longueur non débouchantes
AFNOR	NF EN ISO 8743	E 25-750	31/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures centrales constantes sur la moitié de la longueur non débouchantes
AFNOR	NF EN ISO 8744	E 25-764	31/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures progressives sur toute la longueur (débouchantes)
AFNOR	NF EN ISO 8745	E 25-765	31/12/1997	homologuée	Goupilles cannelées à cannelures progressives sur la moitié de la longueur (débouchantes)
AFNOR	NF EN ISO 8746	E 25-766	20/12/1997	homologuée	Clous cannelés à tête ronde
AFNOR	NF EN ISO 8747	E 25-767	31/12/1997	homologuée	Clous cannelés à tête fraisée
AFNOR	NF EN ISO 8748	E 25-768	20/07/2007	homologuée	Goupilles élastiques spiralées - Série épaisse
AFNOR	NF EN ISO 8750	E 25-770	20/07/2007	homologuée	Goupilles élastiques spiralées - Série moyenne
AFNOR	NF EN ISO 8751	E 25-771	20/07/2007	homologuée	Goupilles élastiques spiralées - Série mince
AFNOR	NF EN ISO 8752	E 25-773	08/08/2009	homologuée	Goupilles cylindriques creuses, dites goupilles élastiques - Série épaisse
AFNOR	NF EN ISO 8765	E 25-152	18/06/2011	homologuée	Vis à tête hexagonale à filetage métrique à pas fin partiellement filetées - Grades A et B
ISO	ISO 8991		01/06/1986	International standard	Système de désignation des éléments de fixation
ISO	ISO 8992		15/04/2005	International standard	Éléments de fixation - Exigences générales pour vis, goujons et écrous
ISO	NF EN ISO 9227	A05-101	03/06/2017	International standard	Essais de corrosion en atmosphères artificielles - Essais aux brouillards salins
ISO	ISO 10663		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase cylindro-tronconique, style 2 - Filetage à pas fin
AFNOR	NF EN ISO 10484	E 25-400-7	31/12/2004	homologuée	Essai d'évasement des écrous
AFNOR	NF EN ISO 10485	E 25-400-8	31/12/2004	homologuée	Essai de charge d'épreuve au cône des écrous
ISO	ISO 10509		08/05/2012	International standard	Vis à tôle à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique
AFNOR	NF EN ISO 10510	E 25-667	18/06/2011	homologuée	Vis à tôle à rondelle plate imperdable
AFNOR	NF EN ISO 10511	E 25-412	13/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux bas autofreinés (à anneau non métallique)
AFNOR	NF EN ISO 10512	E 25-421	13/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux normaux autofreinés (à anneau non métallique) à filetage métrique à pas fin - Classes de qualité 6, 8 et 10
AFNOR	NF EN ISO 10513	E 25-422	13/03/2013	homologuée	Écrous hexagonaux hauts autofreinés tout métal à filetage métrique à pas fin - Classes de qualité 8, 10 et 12
AFNOR	NF EN ISO 10642	E 25-146	16/10/2019	homologuée	Vis à tête fraisée à six pans creux
AFNOR	NF EN ISO 10642/A1	E 25-146/A1	06/04/2013	homologuée	Vis à tête fraisée à six pans creux
AFNOR	NF EN ISO 10644	E 25-150	01/09/2009	homologuée	Vis en acier à rondelle plate incorporée - Rondelles de classes de dureté 200 HV et 300 HV
AFNOR	NF EN ISO 10664	E 25-020	26/12/2014	homologuée	Empreinte à six lobes internes pour vis
AFNOR	NF EN ISO 10666	E 25-855	30/10/1999	homologuée	Vis autoperceuses avec filetage de vis à tôle - Caractéristiques mécaniques et fonctionnelles
AFNOR	NF EN ISO 10669	E 25-522	20/10/1999	homologuée	Rondelles plates pour vis à tôle à rondelles incorporée - Séries normale et large - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 10673	E 25-520	05/09/2009	homologuée	Rondelles plates pour vis à rondelle plate incorporée - Séries étroite, normale et large - Grade A
AFNOR	NF EN ISO 10683	E 25-040	19/09/2018	homologuée	Fixations - Revêtements non électrolytiques de zinc lamellaire
AFNOR	NF EN ISO 10684	E 25-041	05/12/2004	homologuée	Eléments de fixation - Revêtements de galvanisation à chaud
ISO	ISO 12125		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase, autofreinés (à anneau non métallique), à filetage métrique à pas fin, style 2 - Grades A et B
ISO	ISO 12126		17/08/2012	International standard	Écrous hexagonaux à embase, autofreinés, tout métal, à filetage métrique à pas fin, style 2 - Grades A et B
AFNOR	NF EN ISO 12474	E 25-177	01/12/2010	homologuée	Vis à tête cylindrique à six pans creux à pas fin

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 12996	E 83-200	17/08/2013	homologuée	Assemblage mécanique - Essais destructifs des assemblages - Dimensions des éprouvettes et procédures d'essai pour essais de traction-cisaillement des jonctions uniques
AFNOR	NF EN ISO 13337	E 25-775	08/08/2009	homologuée	Goupilles cylindriques creuses, dites goupilles élastiques - Série mince
ISO	ISO 13469		01/07/2014	International standard	Assemblage mécanique - Rivets aveugles et boulons à filetage autofreinant - Spécification et qualification des modes opératoires d'essai
ISO	ISO 13584-511		07/12/2006	International standard	Systèmes d'automatisation industrielle et intégration - Bibliothèque de composants Partie 511 : Systèmes mécaniques et composants pour utilisation générale - Dictionnaire de référence pour les éléments de fixation
AFNOR	NF EN 14218	E 25-406-1	01/07/2003	homologuée	Ecrous hexagonaux à embase cylindro-tronçonique - Filetage à pas fin (ISO 10663:1999, modifié)
AFNOR	NF EN 14219	E 25-504-1	01/07/2003	homologuée	Vis à tête hexagonale à embase cylindro-tronçonique à pas fin - Série étroite (ISO 15072:1999, modifiée)
AFNOR	NF EN 14399-1	E25-801-1	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 1 : exigences générales
AFNOR	NF EN 14399-2	E25-801-2	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 2 : aptitude à l'emploi pour la mise en précontrainte
AFNOR	NF EN 14399-3	E25-801-3	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 3 : système HR - Boulons à tête hexagonale (vis + écrou)
AFNOR	NF EN 14399-4	E25-801-4	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 4 : système HV - Boulons à tête hexagonale (vis + écrou)
AFNOR	NF EN 14399-5	E25-801-5	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 5 : rondelles plates
AFNOR	NF EN 14399-6	E25-801-6	08/05/2015	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 6 : rondelles plates chanfreinées
AFNOR	NF EN 14399-7	E25-801-7	25/07/2018	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 7 : système HR - Boulons à tête fraisée (vis + écrou)
AFNOR	NF EN 14399-8	E25-801-8	25/07/2018	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 8 : système HV - Boulons ajustés à tête hexagonale (vis + écrou)
AFNOR	NF EN 14399-9	E25-801-9	03/05/2018	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 9 : système HR ou HV - Boulons avec rondelles indicatrices de précontrainte
AFNOR	NF EN 14399-10	E25-801-10	03/05/2018	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 10 : système HRC - Boulons (vis + écrou + rondelle) à précontrainte calibrée
AFNOR	NF EN ISO 14579	E 25-110	04/06/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14580	E 25-111	04/06/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique basse à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14581	E 25-180	16/11/2013	homologuée	Éléments de fixation - Vis à tête fraisée réduite à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14582	E 25-107	16/11/2013	homologuée	Éléments de fixation - Vis à tête fraisée à six lobes internes, tête haute
AFNOR	NF EN ISO 14583	E 25-109	04/06/2011	homologuée	Vis à métaux à tête cylindrique bombée large à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14584	E 25-108	04/06/2011	homologuée	Vis à métaux à tête fraisée bombée à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14585	E 25-654	01/04/2011	homologuée	Vis à tôle à tête cylindrique bombée large à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14586	E 25-652	01/04/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14587	E 25-653	01/04/2011	homologuée	Vis à tôle à tête fraisée bombée à six lobes internes
AFNOR	NF EN ISO 14588	E 25-700	30/12/2001	homologuée	Rivets aveugles - Terminologie et définitions
AFNOR	NF EN ISO 14589	E 25-701	05/12/2001	homologuée	Rivets aveugles - Essais mécaniques
AFNOR	NF EN 14592+A1	P21-402	01/08/2012	homologuée	Structures en bois - Éléments de fixation de type tige - Exigences
AFNOR	NF EN 14831	E 25-037	20/07/2005	homologuée	Eléments de fixation - Aptitude au serrage - Méthode d'essai simplifiée couple/angle
AFNOR	NF EN 15048-1	E25-802-1	05/11/2016	homologuée	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte - Partie 1 : exigences générales
AFNOR	NF EN 15048-2	E25-802-2	14/10/2016	homologuée	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte - Partie 2 : aptitude à l'emploi
AFNOR	NF EN ISO 15065	E 25-012	01/05/2005	homologuée	Fraisures pour vis à tête fraisée avec une configuration de tête conforme à l'ISO 7721
ISO	ISO 15071		19/05/2011	International standard	Vis à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique - Série étroite - Grade A
ISO	ISO 15072		03/07/2012	International standard	Vis à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique, à filetage métrique à pas fin - Série étroite - Grade A
AFNOR	NF E 25-129	E 25-129	17/11/2018	homologuée	Vis à métaux - Tête poêlier fendue - Symbole RL S
AFNOR	NF EN ISO 15330	E 25-010	20/11/1999	homologuée	Eléments de fixation - Essai de précharge pour la détection de la fragilisation par l'hydrogène - Méthode des plaques parallèles
AFNOR	NF EN ISO 15480	E 25-856	10/07/2019	homologuée	Vis autoperceuses à tête hexagonale à embase plate, avec filetage de vis à tôle

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN ISO 15481	E 25-857	20/10/1999	homologuée	Vis autoperceuses à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme, avec filetage de vis à tôle
AFNOR	NF EN ISO 15482	E 25-858	20/10/1999	homologuée	Vis autoperceuses à tête fraisée à empreinte cruciforme, avec filetage de vis à tôle
AFNOR	NF EN ISO 15483	E 25-859	20/10/1999	homologuée	Vis autoperceuses à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme, avec filetage de vis à tôle
AFNOR	NF EN ISO 15973	E 25-710	05/12/2001	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête bombée - AlA-St
AFNOR	NF EN ISO 15974	E 25-711	05/12/2001	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête fraisée - AlA/ St
AFNOR	NF EN ISO 15975	E 25-712	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête bombée - Al/AlA
AFNOR	NF EN ISO 15976	E 25-713	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête bombée - St/St
AFNOR	NF EN ISO 15977	E 25-714	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - AlA/St
AFNOR	NF EN ISO 15978	E 25-715	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée - AlA/St
AFNOR	NF EN ISO 15979	E 25-716	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - St/St
AFNOR	NF EN ISO 15980	E 25-717	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée - St/St
AFNOR	NF EN ISO 15981	E 25-718	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - AlA/AlA
AFNOR	NF EN ISO 15982	E 25-719	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée - AlA/AlA
AFNOR	NF EN ISO 15983	E 25-720	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - A2/A2
AFNOR	NF EN ISO 15984	E 25-721	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée - A2/A2
AFNOR	NF EN ISO 16228	E25-014	07/02/2018	homologuée	Fixations - Types de documents de contrôle
AFNOR	NF EN ISO 16047	E 25-036	20/06/2005	homologuée	Eléments de fixation - Essais Couple/Tension
AFNOR	NF EN ISO 16047/A1	E 25-036/A1	05/01/2013	homologuée	Éléments de fixation - Essais couple/tension - Amendement 1
AFNOR	NF EN ISO 16048	E 25-042	05/04/2003	homologuée	Passivation des élements de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion
AFNOR	NF EN 26157-1	E 25-100-3	01/06/1992	homologuée	Eléments de fixation - Défauts de surface - Partie 1 : Vis et goujons d'usage général
ISO	ISO/TR 16224		29/03/2012	en cours de travaux	Aspects techniques de conception des écrous
AFNOR	NF EN ISO 16426	E 25-001	15/01/2003	homologuée	Eléments de fixation - Système d'assurance qualité
AFNOR	NF EN ISO 16582	E 25-722	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - Cu/St ou Cu/Br ou Cu/SSt
AFNOR	NF EN ISO 16583	E 25-723	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée - Cu/St ou Cu/Br ou Cu/SSt
AFNOR	NF EN ISO 16584	E 25-724	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée - NiCu/St ou NiCu/SSt
AFNOR	NF EN ISO 16585	E 25-725	01/01/2003	homologuée	Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête bombée - A2/SSt
AFNOR	NF EN 20273	E 25-023	01/06/1992	homologuée	Eléments de fixation - Trous de passage pour vis
ISO	ISO 20491	E25-043	29/05/2019	homologuée	Fixations - Principes de la fragilisation par l'hydrogène pour les fixations en acier
AFNOR	NF EN 20898-7	E 25-100-7	01/05/1995	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Partie 7 : Essai de torsion et couples minimaux de rupture des vis de diamètre nominal de filetage de 1 mm à 10 mm
AFNOR	NF EN ISO 21670	E 25-430	09/08/2014	homologuée	Fixations - Ecrous hexagonaux à souder, à embase plate
AFNOR	NF E 22-111	E 22-111	01/05/1969	homologuée	Ecrous à encoches - Série forte
AFNOR	NF E 22-112	E 22-112	01/05/1969	homologuée	Rondelles frein pour écrous à encoches - Série forte
AFNOR	NF EN 22339	E 25-752	01/12/1992	homologuée	Goupilles de position coniques non trempées
AFNOR	NF EN 22340	E 25-753	01/12/1992	homologuée	Axes d'articulation sans tête
AFNOR	NF EN 22341	E 25-754	01/12/1992	homologuée	Axes d'articulation avec tête
AFNOR	NF EN ISO 23429	E 25-170	20/08/2004	homologuée	Calibrage des six pans creux
AFNOR	NF EN 24015	E 25-113	01/05/1992	homologuée	Eléments de fixation - Vis à tête hexagonale partiellement filetées - Grade B Tige réduite (Diamètre de tige = diamètre sur flanc de filet)

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	FD E 25-000	E 25-000	01/06/1999	fascicule de documentation	Vocabulaire général et structure des normes d'éléments de fixation
AFNOR	NF E 25-004	E 25-004	08/09/2018	homologuée	Eléments de fixation - Notations abrégées
AFNOR	NF E 25-005	E 25-005	31/10/2005	homologuée	Eléments de fixation - Méthodes d'essai
AFNOR	NF E 25-007	E 25-007	01/11/1982	homologuée	Eléments de fixation - Conditions de commande et de livraison
AFNOR	FD E 25-008	E 25-008	01/09/1987	fascicule de documentation	Eléments de fixation - Tableau synoptique des produits normalisés
AFNOR	NF E 25-016	E 25-016	22/08/2015	homologuée	Eléments de fixation - Produits hexagonaux et carrés - Dimensions des surplats extérieurs
AFNOR	NF E 25-017	E 25-017	20/03/2006	homologuée	Eléments de fixation - Chambrages (lamages) des vis à métaux - Dimensions
AFNOR	NF E 25-022	E 25-022	20/12/1987	homologuée	Eléments de fixation - Tolérances des vis et écrous de grade F (mécanique fine) - Diamètres de filetage de 1 à 3 mm inclus
AFNOR	NF E 25-030-1	E 25-030-1	25/08/2014	homologuée	Fixations - Assemblages vissés à filetage métrique ISO - Partie 1 : Règles de conception pour les assemblages précontraints - Démarche simplifiée
AFNOR	NF E 25-030-2	E 25-030-2	25/08/2014	homologuée	Fixations - Assemblages vissés à filetage métrique ISO - Partie 2 : Règles de conception pour les assemblages précontraints - Démarche complète
AFNOR	E 25-032	E 25-032	01/03/1986	fascicule de documentation	Eléments de fixation - Revêtements (et traitements de surface) destinés à la protection contre la corrosion - Présentation comparative
AFNOR	FD E 25-033	E 25-033	04/12/2013	fascicule de documentation	Fixations - Nuances d'aciers inoxydables pour la fabrication des produits
AFNOR	E 25-034	E 25-034	01/10/1986	fascicule de documentation	Eléments de fixation à rondelle incorporée - Guide de conjugaison vis-rondelle et écrou-rondelle
AFNOR	NF E25-35-1	E-25-035-1	04/04/2020	homologuée	Assemblages vissés - Partie 1 : fixations en acier inoxydable - Méthodes d'essai couple/tension et aptitude au serrage
AFNOR	NF E25-35-2	E-25-035-2	04/04/2020	homologuée	Assemblages vissés - Partie 2 : écrous autofreinés en acier inoxydable - Caractéristiques fonctionnelles, méthodes d'essai de couple/tension, d'autofreinage et de charge d'épreuve
AFNOR	NF E 25-039	E 25-039	17/08/2013	homologuée	Fixations - Essais de couple/tension pour les vis, écrous et écrous autofreinés Compléments aux normes NF EN ISO 16047 et NF EN ISO 2320
AFNOR	NF E 25-116	E 25-116	17/11/2018	homologuée	Vis à métaux - Tête carrée - Tige normale - Grades A et B - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-117	E 25-117	01/07/1983	homologuée	Vis à métaux - Tête carrée - Entièrement filetées - Grades A et B - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-118	E 25-118	01/07/1983	homologuée	Vis à métaux - Tête carrée - Grade C - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-122	E 25-122	26/10/2018	homologuée	Vis à métaux - Tête ronde large (dites "poêlier") à empreinte cruciforme Z - Grade A - Symbole RL Z
AFNOR	NF E25-129	E25-129	17/11/2018	homologuée	Vis à métaux - Tête ronde large "poêlier" à capacité de charge réduite, fendue - Symbole RL S
AFNOR	NF E 25-130	E 25-130	01/07/2008	homologuée	Vis à métaux à rondelle imperdable - Rondelle conique lisse statique - Grade A
AFNOR	NF E 25-133	E 25-133	01/03/1987	homologuée	Eléments de fixation - Vis à métaux pour vérins à vis - Vis à tête hexagonale réduite à téton long - Grades A et B - Symbole HZ
AFNOR	NF E 25-134	E 25-134	01/03/1987	homologuée	Eléments de fixation - Vis à métaux pour vérins à vis - Vis à tête carée réduite à téton court - Grades A et B - Symbole QZ
AFNOR	NF E 25-135	E 25-135	01/12/1986	homologuée	Eléments de fixation - Goujons - Grades A et B
AFNOR	NF E 25-136	E 25-136	29/11/2014	homologuée	Fixations - Tiges filetées et bouts filetés - Grades A et B
AFNOR	NF E 25-137	E 25-137	01/12/1986	homologuée	Vis à métaux - Tête hexagonale fendue - Grade A - Symbole H S
AFNOR	NF E 25-139	E 25-139	17/11/2018	homologuée	Eléments de fixation - Vis à métaux - Tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme Z, fendue Grade A - Symbole CBL ZS
AFNOR	NF E 25-403	E 25-403	01/09/1983	homologuée	Ecrous carrés - Grades A et B - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-404	E 25-404	26/10/2018	homologuée	Ecrous carrés - Grade C - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-411	E 25-411	01/12/1985	homologuée	Ecrous hexagonaux autofreinés tout métal avec fente(s) - Grades A et B - Symbole H FR
AFNOR	NF E 25-415	E 25-415	01/04/1986	homologuée	Ecrous hexagonaux à rondelle incorporée - Rondelle conique lisse de serrage - Grade A
AFNOR	NF E 25-416	E 25-416	01/08/1987	homologuée	Eléments de fixation - Ecrous hexagonaux à rondelle incorporée - Rondelle plate - Grade A
AFNOR	NF E 25-417	E 25-417	01/04/1986	homologuée	Ecrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique) à rondelle incorporée - Rondelle conique lisse de serrage - Grade A

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF E 25-460	E 25-460	27/09/2014	homologuée	Fixations - Ecrous élastiques en tôle
AFNOR	NF E 25-510	E 25-510	08/04/2017	homologuée	Rondelles coniques lisses statiques pour assemblages vissés - Symbole CL
AFNOR	NF E 25-511	E 25-511	08/04/2017	homologuée	Rondelles coniques striées de serrage - Symbole CS
AFNOR	NF E 25-512	E 25-512	22/03/2017	homologuée	Rondelles coniques à dents intérieures - Symbole CDJ
AFNOR	NF E 25-515	E 25-515	01/06/2009	homologuée	Rondelles Grower - Série courante - Symbole W
AFNOR	NF E 25-516	E 25-516	01/06/2009	homologuée	Rondelles Grower - Série réduite - Symbole WZ
AFNOR	NF E 25-517	E 25-517	01/06/2009	homologuée	Rondelles Grower - Série forte - Symbole WL
AFNOR	XP E 25-518	E 25-518	19/07/2019	homologuée	Eléments de fixation - Rondelles plates épaisses pour applications mécaniques - Grade A
AFNOR	NFE 25-534	E 25-534	01/03/2017	homologuée	Fixations - Rondelles à dents extérieures chevauchantes - Forme plane - Symbole DEC
AFNOR	NFE 25-535	E 25-535	01/03/2017	homologuée	Fixations - Rondelles à dents intérieures chevauchantes - Forme plane - Symbole DJC
AFNOR	NF E 25-540	E 25-540	26/06/2010	homologuée	Eléments de fixation - Freins d'écrous en tôle, à bord relevé
AFNOR	NF E 25-600	E 25-600	01/05/1984	homologuée	Eléments de fixation - Norme de famille des vis à bois
AFNOR	NF E 25-601	E 25-601	01/05/1984	homologuée	Vis à bois - Tête fraisée à empreinte cruciforme Z - Symbole F Z
AFNOR	NF E 25-602	E 25-602	01/05/1984	homologuée	Vis à bois - Tête fraisée bombée à empreinte cruciforme Z - Symbole FB Z
AFNOR	NF E 25-603	E 25-603	01/05/1984	homologuée	Vis à bois - Tête ronde à empreinte curciforme Z - Symbole R Z
AFNOR	NF E 25-604	E 25-604	01/05/1984	homologuée	Vis à bois - Tête fraisée fendue - Symbole F S
AFNOR	NF E 25-605	E 25-605	01/05/1984	homologuée	Vis à bois - Tête fraisée bombée fendue - Symbole FB S
AFNOR	NF E 25-606	E 25-606	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Tête ronde fendue - Symbole R S
AFNOR	NF E 25-607	E 25-607	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Tête hexagonale (Tirefonds) Symbole H
AFNOR	NF E 25-608	E 25-608	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Tête carrée (Tirefonds) - Symbole Q
AFNOR	NF E 25-609	E 25-609	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Pitons
AFNOR	NF E 25-610	E 25-610	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Crochets
AFNOR	NF E 25-611	E 25-611	01/11/1985	homologuée	Vis à bois - Gonds à vis
AFNOR	NF E 25-655	E 25-655	01/05/1983	homologuée	Vis à tôle - Tête ronde large à six lobes internes - Symbole RLX
AFNOR	NF E 25-659	E 25-659	01/12/1984	homologuée	Vis à tôle - Tête ronde large (dite "poelier") à empreinte cruciforme Z - Symbole RL Z
AFNOR	NF E 25-664	E 25-664	01/12/1986	homologuée	Vis à tôle - Tête hexagonale fendue - Symbole H S
AFNOR	NF E 25-666	E 25-666	01/12/1987	homologuée	Eléments de fixation - Vis à tôle - Tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme Z, fendue - Symbole CBL ZS
AFNOR	NF E 25-726	E 25-726	01/12/2011	homologuée	Fixations - Rivets pleins à tête ronde pour constructions métalliques
AFNOR	NF E 25-800-0	E 25-800-0	01/12/1994	homologuée	Eléments de fixation - Boulons à serrage contrôlé pour buses métalliques Partie 0 : Prescriptions relatives aux boulons (vis + écrous)
AFNOR	NF E 25-800-1	E 25-800-1	01/12/1994	homologuée	Eléments de fixation - Boulons à serrage contrôlé pour buses métalliques Partie 1 : Vis à tête hexagonale, avec ou sans embase, avec ou sans ergots - Grade A
AFNOR	NF E 25-800-2	E 25-800-2	01/12/1994	homologuée	Eléments de fixation - Boulons à serrage contrôlé pour buses métalliques Partie 2 : Vis à tête cylindrique, avec ou sans ergots - Grade A
AFNOR	NF E 25-800-3	E 25-800-3	01/12/1994	homologuée	Eléments de fixation - Boulons à serrage contrôlé pour buses métalliques Partie 3 : Ecrous hexagonaux convexes, sans embase - Grade C
AFNOR	NF E 25-800-4	E 25-800-4	01/12/1994	homologuée	Eléments de fixation - Boulons à serrage contrôlé pour buses métalliques Partie 4 : Ecrous hexagonaux convexes à embase - Grade C
AFNOR	NF E 25-805	E 25-805	17/05/2019	homologuée	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Système HR - Boulons à tête hexagonale (vis + écrou + rondelles) de diamètres M39 à M72
AFNOR	NF E 25-850	E 25-850	01/11/1985	homologuée	Eléments de fixation - Gonds à pointe
AFNOR	NF EN 26157-3	E 25-100-4	01/06/1992	homologuée	Eléments de fixation - Défauts de surface - Partie 3 : Vis et goujons pour applications particulières
AFNOR	NF E 27-151	E 27-151	01/11/1952	homologuée	Rivets à tête cylindrique plate
AFNOR	NF E 27-152	E 27-152	01/11/1952	homologuée	Rivets à tête goutte de suif

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF E 27-153	E 27-153	01/11/1952	homologuée	Rivets à tête ronde
AFNOR	NF E 27-154	E 27-154	01/11/1952	homologuée	Rivets à tête fraisée
AFNOR	NF E 27-155	E 27-155	01/11/1952	homologuée	Tolérances des rivets pour constructions mécaniques, métalliques et de chaudronnerie
AFNOR	NF E 27-163	E 27-163	01/06/1972	homologuée	Vis de réglage
AFNOR	NF E 27-169	E 27-169	01/06/1972	homologuée	Vis pour rondelles fendues pivotantes
AFNOR	NF E 27-170	E 27-170	01/06/1974	homologuée	Vis à tête moletée d'usage général
AFNOR	NF E 27-303	E 27-303	01/10/1968	homologuée	Vis à tête sphérique percée dite "vis de lit"
AFNOR	NF E 27-312	E 27-312	01/02/1959	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Boulons bruts ou usinés à tête cylindrique - Diamètres de 6 à 80 mm
AFNOR	NF E 27-313	E 27-313	01/02/1959	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Boulons bruts ou usinés à tête ronde - Diamètres de 4 à 60 mm
AFNOR	NF E 27-314	E 27-314	01/02/1959	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Boulons bruts ou usinés à tête fraisée ou fraisée bombée sur fer - Diamètres de 4 à 60 mm
AFNOR	NF E 27-341	E 27-341	01/05/1973	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Boulons de "charpente en bois"
AFNOR	NF E 27-351	E 27-351	01/12/1969	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Boulons à tête bombée, collet carré (dits "japy")
AFNOR	NF E 27-355	E 27-355	01/10/1980	homologuée	Eléments de fixation - Matériel de travail du sol - Boulons à tête fraisée à double ergot pour la fixation de pièces d'usure de faible épaisseur
AFNOR	NF E 27-381	E 27-381	01/10/1969	homologuée	Axes goupillés et axes filetés
AFNOR	NF E 27-412	E 27-412	01/05/1973	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Ecrous carrés larges - Diamètres de 4 à 30 mm
AFNOR	NF E 27-413	E 27-413	01/02/1959	homologuée	Ecrous cylindriques (anciennement dits "écrous ronds")
AFNOR	NF E 27-414	E 27-414	01/12/1969	homologuée	Boulonnerie - Ecrous à créneaux
AFNOR	NF EN 27434	E 25-161	01/12/1992	homologuée	Vis sans tête, fendues, à bout pointeau
AFNOR	NF EN 27435	E 25-162	01/12/1992	homologuée	Vis sans tête, fendues, à têton long
AFNOR	NF EN 27436	E 25-163	01/12/1992	homologuée	Vis sans tête, fendues, à bout cuvette
AFNOR	NF E 27-454	E 27-454	01/01/1964	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Ecrous à oreilles
AFNOR	NF E 27-459	E 27-459	01/06/1974	homologuée	Ecrous moletés d'usage général
AFNOR	NF E 27-477	E 27-477	01/07/1972	homologuée	Pied de positionnement au cône morse à tête filetée
AFNOR	FD E 27-478	E 27-478	01/07/1972	fascicule de documentation	Pied de positionnement au cône morse à trou taraudé
AFNOR	FD E 27-488	E 27-488	01/08/1972	fascicule de documentation	Boulonnerie courante du commerce - Goupillage
AFNOR	NF E 27-615	E 27-615	01/06/1972	homologuée	Rondelles à portée sphérique
AFNOR	NF E 27-616	E 27-616	01/06/1972	homologuée	Rondelles fendues amovibles
AFNOR	NF E 27-617	E 27-617	01/06/1972	homologuée	Rondelles fendues pivotantes
AFNOR	NF E 27-619	E 27-619	01/11/1951	homologuée	Rondelles cuvettes
AFNOR	NF E 27-626	E 27-626	01/10/1982	homologuée	Eléments de fixation - Rondelles à double denture - Forme plane
AFNOR	NF E 27-627	E 27-627	01/10/1982	homologuée	Eléments de fixation - Rondelles à dents extérieures chevauchantes - Forme concave
AFNOR	NF E 27-681	E 27-681	01/06/1939	homologuée	Cales obliques pour poutrelles IPN, profilés en U ou en T
AFNOR	NF E 27-682	E 27-682	01/10/1965	homologuée	Boulonnerie courante du commerce - Rondelles et plaquettes pour assemblages boulonnés de charpente en bois
AFNOR	NF EN 27721	E 25-018	01/05/1983	homologuée	Eléments de fixation - Vis à tête fraisée - Configuration de la tête et vérification par calibre
AFNOR	NF E 27-801	E 27-801	01/04/1970	homologuée	Tiges à souder
AFNOR	NF E 27-811	E 27-811	01/04/1970	homologuée	Tiges de scellement à queue de carpe

1-1 (suite) **Classement par numéro croissant de norme**

Editeur	Ref Norme	Indice classement	Date de publication	Type de norme	Titre Norme
AFNOR	NF EN 28736	E 25-758	01/12/1992	homologuée	Goupilles de position coniques à trou taraudé, non trempées
AFNOR	NF EN 28737	E 25-759	01/12/1992	homologuée	Goupilles de position coniques à longueur filetée, non trempées
AFNOR	NF EN 28738	E 25-760	01/12/1992	homologuée	Rondelles plates pour axes d'articulation - Grade A
AFNOR	NF EN 28749	E 25-769	01/12/1992	homologuée	Goupilles et goupilles cannelées - Essai de cisaillement
AFNOR	NF EN 28839	E 25-011	01/06/1992	homologuée	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation - Vis, goujons et écrous en métaux non ferreux
AFNOR	NF P 30-310	P 30-310	08/07/2016	homologuée	Travaux de couverture et de bardage - Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage Méthode d'essai d'arrachement des fixations en sommet d'onde ou de nervure de leur support
AFNOR	NF P 30-311	P 30-311	05/12/2014	homologuée	Fixations pour travaux de couverture - Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage Plaques profilées de fibres-ciment
AFNOR	NF P 30-312	P 30-312	01/06/2004	homologuée	Travaux de couverture et de bardage - Détermination de la caractérisation à la flexion Méthode conventionnelle d'essai de flexion des vis autoperceuses et autotaraudeuses de longueur supérieure ou égale à 70 mm
AFNOR	NF P 30-313	P 30-313	01/07/2004	homologuée	Travaux de couverture - Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage Méthode d'essai d'arrachement des fixations de l'isolant ou du revêtement d'étanchéité sur l'élément porteur
AFNOR	NF P 30-314	P 30-314	08/07/2016	homologuée	Travaux de couverture et de bardage - Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium au support
AFNOR	NF P 30-315	P 30-315	01/07/2004	homologuée	Travaux de couverture et de bardage - Revêtement d'étanchéité fixés mécaniquement Evaluation de la résistance au dévissage
AFNOR	NF P 30-316	P 30-316	01/08/2009	homologuée	Travaux de couverture - Éléments de fixation - Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage Méthode d'essai de cisaillement par traction transversale
AFNOR	NF P 30-317	P 30-317	01/11/2006	homologuée	Travaux de couverture et de bardage - Éléments de fixation - Revêtements d'étanchéité et isolants-supports fixés mécaniquement - Méthode d'essai conventionnelle de la caractéristique "solide au pas" des fixations

Nota : Une norme homologuée est une norme publiée au Journal Officiel (français ou de la communauté européenne selon si la norme est NF « pure » ou EN). Elle peut donc être rendue d'application obligatoire (exemple de de la norme de boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte NF EN 14399-1).

2 Correspondance normes produits : classement ISO écart avec la DIN

2-1 **Correspondance des normes vers NF EN et DIN**

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
225	EN 20225	ISO 225			Se référer aux normes	Éléments de fixation - Vis, goujons et écrous - Symboles et description des dimensions
273	EN 20273	ISO 273			Se référer aux normes	Eléments de fixation, trous de passage pour boulons et vis
898-1	267-3	20898-1		OUI	• Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et acier allié pour vis - goujons
898-2	267-4	20898-2		OUI	• Charge d'épreuve réduite • Classe de qualité : marquage entre 2 barres (DIN)	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation pour écrous aux pas gros
898-6	267-23	20898-6			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation pour écrous aux pas fins
1207	84	ISO 1207	25127	OUI	• Ecart hauteur de tête (voir annexe A1) • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête cylindrique fendue
1234	94	ISO 1234	27487	NON	• Pas d'acier inoxydable	Goupille fendue
1478	7970	ISO 1478		NON	• Gamme de filetage moins large	Filetage de vis à tôle
1481	7971	ISO 1481	25663	OUI	• Ecart sur diamètre de tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête cylindrique fendue
1482	7972	ISO 1482	25660	OUI	• Ecart sur angle et diamètre de tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée fendue
1483	7973			OUI	• Ecart sur angle et diamètre de tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée bombée fendue
1580	85	ISO 1580	25128	OUI	• Ecart sur la hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en plus	Vis à métaux tête cylindrique large fendue
1661	6923	1661	25406	OUI	• Ecart cote sur plat M10, passage de 15 (DIN) à 16 mm (ISO)	Ecrou hexagonal à embase crantée
1665	6921	1665		OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14, M16 et M20 (voir annexe A4) • Ecart hauteur de tête (voir annexe A4) • Classe de qualité 12.9 en plus	Vis à tête hexagonale à embase
2009	963	ISO 2009	25123	OUI	• Ecart diamètre de tête et hauteur de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 et 10.9 en plus • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée fendue
2010	964	ISO 2010	25124	OUI	• Ecart diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 et 10.9 en plus • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée bombée fendue
2320	267-15	ISO 2320 ISO 16047	25039		Se référer aux normes	Essai couple / tension et d'autofreinage
2338	7	ISO 2338	27484	NON		Goupille cylindrique non trempée décolletée
2339	1	ISO 2339	27490		Se référer aux normes	Goupille de position conique non trempée
2340	1443	22340	27485		Se référer aux normes	Axe d'articulation sans tête
2341	1444	22341	27486		Se référer aux normes	Axe d'articulation avec tête
2342	427	ISO 2342		NON	• Modification de classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H, 22H et 45H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en moins	Vis sans tête fendue à fût série métrique
2702	267-12	ISO 2702			Se référer aux normes	Vis à tôle en acier traité thermiquement
2936	911				Se référer aux normes	Clé pour vis à six pans creux

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
3266	580				Se référer aux normes	Anneau de levage mâle
3269	267-5	ISO 3269	25006		Se référer aux normes	Contrôle de réception pour éléments de fixation
3506-1	267-11	ISO 3506-1	25005 25100 25400		Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées
3506-2	267-11	ISO 3506-2			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 2: Écrous
3506-3	-	ISO 3506-3			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 3: Vis sans tête
3506-4	-	ISO 3506-4			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 4 : vis à tôle
3506-5	-	ISO 3506-5			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 5 : Fixations spéciales (incluant également les fixations en alliages de nickel) pour utilisation à hautes températures
3506-6	-	ISO 3506-6			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion - Partie 6: Règles générales pour la sélection des aciers inoxydables et des alliages de nickel pour les fixations
3508	76-1	ISO 3508			Se référer aux normes	Filets incomplets pour les éléments de fixation avec un filetage selon ISO 261 et 262
3912	6888				Se référer aux normes	Clavette disque
4014	931	24014	25112	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée
4016	601	24016	25115	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée grade C
4017	933	24017	25114	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée
4018	558	24018	25115	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée grade C
4026	913	ISO 4026	27180	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout plat
4027	914	ISO 4027	27181	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout conique
4028	915	ISO 4028	27182	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout téton
4029	916	ISO 4029	27183	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout cuvette
4032	934	24032	25401	OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14, M22 et hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve réduite	Ecrou hexagonal style 1 à pas gros
4033					• Pas de correspondance DIN	Ecrou hexagonal style 2 à pas gros
4034	555	24034	25402	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M22 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve réduite	Ecrous hexagonaux grade C
4035	439 B	24035	25405	OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas gros et pas fin • Classe de qualité pour l'inox : passage de la classe de qualité 50 à 025 et 70 à 035 (DIN -→ ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14, M22 (voir annexe A6) • Classe de qualité 06, 11H et 14H en plus. Classe qualité 05 en moins • Charge d'épreuve réduite	Ecrou hexagonal bas (Hm) grade A-B à pas gros
4036	439 A	24036	25405	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10 (Voir annexe A6) • Recommandation : privilégier l'utilisation d'un écrou d'après ISO 4035	Ecrou hexagonal bas (Hm) sans chanfrein grade B

2-1 (suite) **Correspondance des normes vers NF EN et DIN**

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
4042	267-9	ISO 4042			Se référer aux normes	Revêtement électrolytiques des éléments de fixation
4161	6923	ISO 4161	25406	NON		Ecrou hexagonal à embase
4753	78	ISO 4753	25019	NON		Extrémités des éléments à filetage extérieur métrique iso
4757	7962	ISO 4757	25021		Se référer aux normes	Empreinte cruciforme pour vis
4759-1	267-2	ISO 4759-1			Se référer aux normes	Tolérances pour éléments de fixation - Partie 1 : vis et écrous
4759-3	522	ISO 4759-3			Se référer aux normes	Tolérances pour éléments de fixation - Partie 3 : rondelles pour vis et écrous
4762	912	24762	25125	NON		Vis à tête cylindrique à six pans creux
4766	551	24766	25019	OUI	• Classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue à bout plat
6157-2	267-20	ISO 6157-2			Se référer aux normes	Eléments de fixation mécaniques, discontinuités de surface, écrous
6157-1-3	267-19	ISO 6157-1-3	25100		Se référer aux normes	Défauts de surface
7040	6924	ISO 7040	25409	NON	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros	Ecrou hexagonal autofreiné à anneau non métallique style 1 à pas gros
7040	982	ISO 7040		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 6, 8, 10 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Classe de qualité 5 et 12 en plus	Ecrou hexagonal autofreiné à anneau non métallique style 1 à pas gros
7042	980	ISO 7042	25420	OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou hexagonal autofreiné tout métal style 2 à pas gros
7042	6925	ISO 7042		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8,10, 12 (ISO) • Ecart hauteur d'écrou (voir annexe A6)	Ecrou hexagonal autofreiné tout métal style 2 à pas gros
7043	6926	1663	25413	NON		Ecrou hexagonal à embase autofreiné avec anneau non métallique
7044	6927	1664	25414	NON	• Uniquement le pas gros dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros	Ecrou hexagonal à embase autofreiné tout métal
7045	7985		25121	OUI	• Classe de qualité 5.8 et A4-70 en plus et classe de qualité A2-50 en moins • Ecart hauteur de tête et diamètre de tête (voir annexe A1)	Vis à métaux tête cylindrique Pozi
7046	965	ISO 7046	25119	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en plus • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée Pozi
7047	966	ISO 7047	25120	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en plus • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée bombée Pozi
7049	7981	ISO 7049	25658	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête cylindrique bombée large Pozi
7050	7982	ISO 7050	25656	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5) • Angle de la tête fraisée différent (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée Pozi
7051	7983	ISO 7051	25657	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5) • Angle de la tête fraisée différent (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée bombée Pozi

2-1 (suite) **Correspondance des normes vers NF EN et DIN**

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
7089	125A	7089		OUI	• ISO 7089 = Rondelle sans chanfrein • Gamme de dureté inférieure* • Dimensions partiellement modifiées* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle plate moyenne sans chanfrein
7090	125B	7090		OUI	• ISO 7090 = Rondelle avec chanfrein • Gamme de de dureté inférieure* • Dimensions partiellement modifiées* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle plate moyenne avec chanfreins
7091	126	ISO 7091	25513	NON		Rondelle plate série normale grade C
7092	433	ISO 7092	25514	OUI	• Gamme de dureté inférieure* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle sans chanfrein pour vis à tête cylindrique
7093	9021	ISO 7093	25513-25514	OUI	• Gamme de dureté inférieure* • Dimensions partiellement modifiées* • ISO 7093 - 1 = Grade A • ISO 7093 - 2 = Grade C * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle sans chanfrein
7094	440	ISO 7094	25513	OUI	• Rondelle avec trou carré n'existe pas dans l'ISO	Rondelles plates
7378	962	ISO 7378		NON		Trous de goupille et trou de fil à freiner
7380-1		ISO 7380-1			• Pas de correspondance DIN	Vis à tête cylindrique bombée plate à six pans creux
7380-2		ISO 7380-2			• Pas de correspondance DIN	Vis à tête cylindrique bombée plate à embase
7412	6914	14399	27711	Non applicable	• Le marché a basculé à l'EN 14399	Vis tête hexagonale à serrage contrôlé
7414	6915	14399	27711	Non applicable	• Le marché a basculé à l'EN 14399	Ecrou 6 pans pour montage avec vis à serrage contrôlé
7416	6916	14399	27711	Non applicable	• Le marché a basculé à l'EN 14399	Rondelle plate pour montage avec vis et écrou à serrage contrôlé
7434	553	27434		OUI	• Modification de classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en moins • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue à bout pointeau
7435	417	27435		OUI	• Modification de classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en moins • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente et dimensions téton	Vis sans tête fendue série métrique à téton long
7436	438	27436		OUI	• Modification de classe qualité 5.8 et 8.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en moins • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue bout cuvette
7721		27721	25018		• Pas de correspondance DIN	Configuration de la tête et vérification par calibre des vis à tête fraisée
8673	934	28673	25405	OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve réduite	Ecrou hexagonal style 1 à pas fin grade A-B
8673	971-1	28673	25405	NON		Ecrou hexagonal style 1 à pas fin grade A-B
8674	971-2	28674		NON		Ecrou hexagonal style 2 (haut) à pas fin grade A-B

2-1 (suite) **Correspondance des normes vers NF EN et DIN**

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
8675	439 B	28675	25405	OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas gros et pas fin • Identique à la DIN 439 A sur le dimensionnel, écart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A6) • Classe de qualité 05 en moins • Charge d'épreuve réduite	Ecrou hexagonal bas (chanfreiné) à filetage métrique aux pas fins
8676	961	28676	27311	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et M22 et écart hauteur de tête (voir annexe A4) • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée pas fin
8677	603	28677		OUI	Forme de tête légèrement différente sur diamètre et hauteur	Vis à métaux tête ronde collet carré
8734	6325	28734			Se référer aux normes	Goupille cylindrique en acier trempée et en acier inoxydable martensitique
8735	7979	28735		NON		Goupille cylindrique à trou taraudé en acier trempé et en acier inoxydable martensitique
8736	7978	28736			Se référer aux normes	Goupilles coniques à filet de vis intérieur non-trempées
8737	258 7977	28737	27482		Se référer aux normes	Goupille de position conique à longueur filetée non trempée
8739	1470	ISO 8739		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelure constante sur toute la longueur débouchante à bout pilote
8740	1473	ISO 8740		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelures centrales constantes sur toute la longueur
8741	1474	ISO 8741		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelures progressives renversées sur toute le 1/2 longueur
8742	1475	ISO 8742		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelures centrales constantes sur le 1/3 de la longueur
8743	1469	ISO 8743		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelure constante sur la 1/2 longueur non débouchante
8744	1471	ISO 8744		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelures progressives sur toute la longueur
8745	1472	ISO 8745		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double moins importante	Goupille cannelée à cannelures progressives sur toute la 1/2 longueur
8746	1476	ISO 8746		NON		Clou cannelé à tête ronde brute
8747	1477	ISO 8747		NON		Clou cannelé à tête fraisée
8748	7344	ISO 8748		NON		Goupille élastique en spirale exécution lourde
8750	7343	ISO 8750		NON		Goupille élastique spiralée série moyenne
8751	7343	ISO 8751		NON		Goupille élastique spiralée série mince
8752	1481	ISO 8752	27489	NON		Goupille élastique série épaisse
8765	960	28765	27311	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4) • Propriété mécanique légèrement réduite (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée pas fin
8839	267-18	EN 28839			Se référer aux normes	Vis, Goujons, Ecrous en métaux non ferreux
8992	267-1	ISO 8992			Se référer aux normes	Prescriptions générales relatives aux vis et écrous
10484	267-21	ISO 10484			Se référer aux normes	Essais d'évasement des écrous
10485	267-21	ISO 10485			Se référer aux normes	Essais de charge d'épreuve aux cônes des écrous

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
10511	985	ISO 10511		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Modification des classes de qualité (04, 05 pour l'ISO) et (5,6,8 et 10 pour la DIN) • Charge d'épreuve réduite	Ecrou H autofreiné bas à anneau non métallique à pas gros
10512	982	ISO 10512		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 6, 8, 10 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Classe de qualité 5 et 12 en plus	Ecrou H autofreiné style 1 à anneau non métallique à pas fin
10512	6924	ISO 10512		NON	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 6, 8, 10 (ISO) • Classe de qualité 5 et 12 en plus	Ecrou H autofreiné à anneau non métallique style 1 à pas fin
10513	980	ISO 10513		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou H autofreiné tout métal style 2 à pas fin
10513	6925	ISO 10513		OUI	• Attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart hauteur d'écrou M14, M16, M20 et M24 (Voir annexe A6)	Ecrou H autofreiné tout métal style 2 à pas fin
10642	7991	ISO 10642		OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A3) • Classes de qualité 10.9 et 12.9 en moins • Classes de qualité A2-80, A4-50, A4-70 et A4-80 en moins • Alliage Cuivre-Zinc en plus	Vis tête fraisée à six pans creux
10684	267-10	ISO 10684			Se référer aux normes	Revêtement galvanisation à chaud
12474	912	ISO 12474		NON		Vis à tête cylindrique à six pans creux à pas fin
13337	7346	ISO 13337		OUI	• Résistance au simple cisaillement en plus • Ecart sur la dimension "d1" pour les goupilles avec un diamètre 4,5 • Ecart sur la dimension "s" pour les diamètres 13 et 18	Goupille élastique série légère
14218		ISO 14218			• Pas de correspondance DIN	Filetage à pas fins
14399		ISO 14399-2			• Pas de correspondance DIN	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte
14579		ISO 14579			• Pas de correspondance DIN	Vis à métaux à tête cylindrique à six lobes internes
14580		ISO 14580			• Pas de correspondance DIN	Vis à métaux à tête cylindrique basse à six lobes internes
14581		ISO 14581			• Pas de correspondance DIN	Vis à tête fraisée réduite à six lobes internes
14583		ISO 14583			• Pas de correspondance DIN	Vis à métaux à tête cylindrique bombée large à six lobes internes
14584		ISO 14584			• Pas de correspondance DIN	Vis à métaux à tête fraisée bombée à six lobes internes
14586		ISO 14586			• Pas de correspondance DIN	Vis à tôle à tête fraisée à six lobes internes
14831		ISO 14831			• Pas de correspondance DIN	Aptitude au serrage
15480	7504 K	ISO 15480		OUI	• Résistance minimale à la torsion moins élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête hexagonale à embase plate avec filetage de vis à tôle
15481	7504 N (M)	ISO 15481		OUI	• Résistance minimale à la torsion moins élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle
15482	7504 P (O)	ISO 15482		OUI	• Résistance minimale à la torsion moins élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête fraisée à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle
15483	7504 Q (R)	ISO 15483		OUI	• Résistance minimale à la torsion moins élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle

2-1 (suite) **Correspondance des normes vers NF EN et DIN**

ISO	DIN	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (ISO référence) "Dans la DIN on a ... par rapport à l'ISO"	Désignation
15973	7337	ISO 15973		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Alu/Acier
15974	7337	ISO 15974		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête fraisée Alu/Acier
15975	7337	ISO 15975		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Alu/Alu
15976	7337	ISO 15976		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Acier/Acier
15977	7337	ISO 15977		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Résistance au cisaillement plus importante • Résistance à la traction inférieure • Plage de serrage différente	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Alu/Acier
15978	7337	ISO 15978		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Charge de cisaillement min acceptée inférieure en classe L (ISO) par rapport à la DIN • Charge de traction min acceptée inférieure • Plage de serrage différente	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Alu/Acier
15979	7337	ISO 15979		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Acier/Acier
15980	7337	ISO 15980		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Acier/Acier
15981	7337	ISO 15981		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Charge de cisaillement min acceptée supérieure et charge de traction min acceptée inférieure	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Alu/Alu
15982	7337	ISO 15982		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Alu/Alu
15983	7337	ISO 15983		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée A2/A2
15984	7337	ISO 15984		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée A2/A2
16047		ISO 16047			• Pas de correspondance DIN	Essais couple/tension
16582	7337	ISO 16582		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Cu/Acier - Cu/Bronze - Cu/Inox
16583	7337	ISO 16583		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête Fraisée Cu/Acier - Cu/Bronze - Cu/Inox
16584	7337	ISO 16584		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées inférieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée NiCu/St - NiCu/Inox
21670	977				Se référer aux normes	Ecrou à souder six pans à embase

3 Correspondance normes produits : classement DIN écart avec l'ISO

3-1 **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
1	2339	ISO 2339	27490	NON		Goupille de position conique non trempée
7	2338	ISO 2338	27484	NON		Goupille cylindrique non trempée décolletée
76-1	3508	ISO 3508		NON		Filets incomplets pour les éléments de fixation avec un filetage selon ISO 261 et 262
78	4753	ISO 4753	25019	NON		Extrémités des éléments à filetage extérieur métrique ISO
84	1207	ISO 1207	25127	OUI	• Ecart hauteur de tête (voir annexe A1) • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête cylindrique fendue
85	1580	ISO 1580	25128	OUI	• Ecart sur la hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en moins	Vis à métaux tête cylindrique large fendue
94	1234	ISO 1234	27487	NON		Goupille fendue
95			25605		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête fraisée bombée fendue
96			25606		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête ronde fendue
97			25606		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête fraisée fendue
101			27155		• Pas de correspondance ISO	Tolérances dimensionnelles des rivets pleins
123 124			27153 27154		• Pas de correspondance ISO	Rivet plein à tête ronde pour diamètre 10 mm et +
125A	7089	7089		OUI	• ISO 7089 = Rondelle sans chanfrein • Gamme de dureté supérieure* • Dimensions partiellement modifiées* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle plate moyenne sans chanfrein
125B	7090	7090		OUI	• ISO 7090 = Rondelle avec chanfrein • Gamme de de dureté supérieure* • Dimensions partiellement modifiées* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle plate moyenne avec chanfreins
126	7091	ISO 7091	25513	NON		Rondelle plate série normale grade C
127B			25515		• Pas de correspondance ISO	Rondelle Grower série courante W
128					• Pas de correspondance ISO	Rondelle élastique cintrée
137A					• Pas de correspondance ISO	Rondelle élastique 1 onde
137B					• Pas de correspondance ISO	Rondelle élastique 2 ondes
186					• Pas de correspondance ISO	Vis à tête rectangulaire
258	8737	28737	27482		Se référer aux normes	Goupille de position conique à longueur filetée non trempée
261					• Pas de correspondance ISO	Vis tête marteau
267-1	8992	ISO 8992			Se référer aux normes	Prescriptions générales relatives aux vis et écrous
267-2	4759-1	ISO 4759-1			Se référer aux normes	Tolérances pour éléments de fixation - Partie 1 : vis et écrous

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
267-3	898-1	20898-1		OUI	• Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et acier allié pour vis-goujons
267-4	898-2	20898-2		OUI	• Charge d'épreuve plus importante • Classe de qualité : marquage entre 2 barres (DIN)	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation pour écrous aux pas gros
267-5	3269	ISO 3269	25006		Se référer aux normes	Contrôle de réception pour éléments de fixation
267-9	4042	ISO 4042			Se référer aux normes	Revêtement électrolytiques des éléments de fixation
267-10	10684	ISO 10684			Se référer aux normes	Revêtement galvanisation à chaud
267-11	3506	ISO 3506	25005 25100 25400		Se référer aux normes	Eléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion
267-12	2702	ISO 2702			Se référer aux normes	Vis à tôle en acier traité thermiquement
267-15	2320	ISO 2320 ISO 16047	25039		Se référer aux normes	Essai couple / tension et d'autofreinage
267-18	EN 28839	28839			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en métaux non ferreux (ISO 8839 : 1986)
267-19	6157-1-3	ISO 6157-1-3	25100		Se référer aux normes	Défauts de surface
267-20	6157-2	ISO 6157-2			Se référer aux normes	Eléments de fixation mécaniques, discontinuités de surface, écrous
267-21	10484	ISO 10484			Se référer aux normes	Eléments de fixation mécaniques, essai d'évasement des écrous
267-21	10485	ISO 10485			Se référer aux normes	Essais de charge d'épreuve aux cônes des écrous
267-23	ISO 898-6	20898-6			Se référer aux normes	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation pour écrous aux pas fins
315			27454		• Pas de correspondance ISO	Ecrou à oreilles
316					• Pas de correspondance ISO	Vis à oreilles
417	7435	27435		OUI	• Modification de classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en plus • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente et dimensions téton	Vis sans tête fendue série métrique à téton long
427	2342	ISO 2342		NON		Vis sans tête fendue à fût série métrique
433	7092	ISO 7092	25514	OUI	• Gamme de dureté supérieure* * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle sans chanfrein pour vis à tête cylindrique
434			27681		• Pas de correspondance ISO	Cale oblique pour profile UPN classe 5.6
435			27681		• Pas de correspondance ISO	Cale oblique pour profile IPN classe 5.6
436					• Pas de correspondance ISO	Rondelles carrées, principalement pour construction bois
438	7436	27436		OUI	• Modification de classe qualité 5.8 et 8.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en plus • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue bout cuvette

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
439 A	4036	24036	25405	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10 (voir annexe A6) • Recommandation : privilégier l'utilisation d'un écrou d'après ISO 4035	Ecrou hexagonal bas (Hm) sans chanfrein grade B
439 B	4035	24035	25405	OUI	• Pas gros dans l'ISO 4035 et pas fin dans l'ISO 8675, attention charge d'épreuve différente entre pas gros et pas fin • Classe de qualité pour l'inox : passage de la classe de qualité 50 à 025 et 70 à 035 (DIN --> ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14, M22 (voir annexe A6) • Classe de qualité 06, 11H et 14H en moins. Classe qualité 05 en plus • Charge d'épreuve plus importante	Ecrou hexagonal bas (Hm) grade A-B à pas gros et pas fin
440	7094	ISO 7094	25513	OUI	• Rondelle avec trou carré n'existe pas dans l'ISO	Rondelles plates
444A/B					• Pas de correspondance ISO	Vis de centrage à tête cylindrique à six pans creux et à bout fileté réduit
466					• Pas de correspondance ISO	Ecrous moletés, type haut
467					• Pas de correspondance ISO	Ecrous moletés, type bas
471			22163		• Pas de correspondance ISO	Anneau élastique circlips pour arbre
472			22165		• Pas de correspondance ISO	Anneau élastique circlips pour alésage
479 480					• Pas de correspondance ISO	Vis tête cubique à bout pilote
522	4759-3	ISO 4759-3			Se référer aux normes	Tolérances pour éléments de fixation - Partie 3 : rondelles pour vis et écrous
551	4766	24766	25019	OUI	• Classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue à bout plat
553	7434	27434		OUI	• Modification de classe qualité 4.6 et 5.8 (DIN) en 14H et 22H (ISO) pour l'acier • Classe de qualité pour l'inox en plus • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7) • Ecart profondeur de fente	Vis sans tête fendue à bout pointeau
555	4034	24034	25402	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M22 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve plus importante	Ecrous hexagonaux grade C
557 562			27412		• Pas de correspondance ISO	Ecrou carré
558	4018	24018	25115	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée grade C
561					• Pas de correspondance ISO	Vis tête hexagonale entièrement filetée bout téton
564					• Pas de correspondance ISO	Vis tête hexagonale réduite entièrement filetée à bout pilote
571			25607		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête hexagonale
580	3266			NON		Anneau de levage mâle
582					• Pas de correspondance ISO	Ecrous à anneaux
601	4016	24016	25115	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée grade C
603	8677	28677		NON	Forme de tête légèrement différente sur diamètre et hauteur	Vis à métaux tête ronde collet carré
604					• Pas de correspondance ISO	Boulon tête fraisée à ergots

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
607					• Pas de correspondance ISO	Boulon tête ronde à ergots
605 608			27354		• Pas de correspondance ISO	Boulon tête fraisée à collet carré
609 610					• Pas de correspondance ISO	Vis à tête hexagonale partiellement filetée à corps ajusté
660			27153		• Pas de correspondance ISO	Rivet plein à tête ronde pour diamètre 1 à 9 mm
661			27154		• Pas de correspondance ISO	Rivet plein tête fraisée
662					• Pas de correspondance ISO	Rivet plein à tête ronde chanfreinée
674			27152		• Pas de correspondance ISO	Rivet plein à goutte de suif
705					• Pas de correspondance ISO	Colliers réglables
763					• Pas de correspondance ISO	Chaîne maillons longs
766					• Pas de correspondance ISO	Chaîne maillons courts
906					• Pas de correspondance ISO	Bouchon magnétique fileté conique six pans creux
908					• Pas de correspondance ISO	Bouchon fileté à collerette à six pans creux
909					• Pas de correspondance ISO	Bouchon magnétique fileté conique tête six pans creux
910					• Pas de correspondance ISO	Bouchon magnétique fileté conique tête six pans creux
911	2936			NON		Clé pour vis à six pans creux
912	4762	24762	25125	NON		Vis à tête cylindrique à six pans creux
913	4026	ISO 4026	27180	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout plat
914	4027	ISO 4027	27181	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout conique
915	4028	ISO 4028	27182	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout téton
916	4029	ISO 4029	27183	NON		Vis à sans tête à six pans creux bout cuvette
917					• Pas de correspondance ISO	Ecrou borgne hexagonal bas
928			25419		• Pas de correspondance ISO	Ecrou carré à souder
929			25418		• Pas de correspondance ISO	Ecrou hexagonal à souder
931	4014	24014	25112	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée
933	4017	24017	25114	OUI	• Ecart sur les cotes sur plats pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée
934	4032	24032	25401 25402	OUI	• Uniquement le pas gros dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve plus importante	Ecrous hexagonaux pas gros/fins
934	8673	ISO 8673		OUI	• Uniquement le pas fin dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Charge d'épreuve plus importante	Ecrous hexagonaux pas gros/fins
936	8675 4035	28673	25405	OUI	• La DIN a été retirée du fait d'une utilisation très rare, privilégier l'utilisation d'un écrou à l'ISO • Pas gros dans l'ISO 4035 et pas fin dans l'ISO 8675 • Ecart sur les cotes plat et hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou hexagonal style 0 (bas) à pas gros/fin

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
835 938 939 940			25135		• Pas de correspondance ISO	Goujon fileté
960	8765	28765	27311	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et M22 (voir annexe A4) • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à tête hexagonale partiellement filetée pas fin
961	8676	28676	27311	OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14 et M22 et écart hauteur de tête (voir annexe A4) • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à tête hexagonale entièrement filetée pas fin
962	7378	ISO 7378		NON		Trous de goupille et trou de fil à freiner
963	2009	ISO 2009	25123	OUI	• Ecart diamètre de tête et hauteur de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 et 10.9 en moins • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée fendue
964	2010	ISO 2010	25124	OUI	• Ecart diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 et 10.9 en moins • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée bombée fendue
965	7046	ISO 7046	25119	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en moins • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée Pozi
966	7047	ISO 7047	25120	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A1) • Classe de qualité 8.8 en moins • Propriété mécanique légèrement augmentée (Rm et Re) sur certaines classes de qualité (voir annexe A7)	Vis à métaux tête fraisée bombée Pozi
971-1	8673	28673		NON		Ecrou hexagonal style 1 à pas fin grade A-B
971-2	8674	28674		NON		Ecrou hexagonal style 2 (haut) à pas fin grade A-B
975			25136		• Pas de correspondance ISO	Tige filetée
977	21670				Se référer aux normes	Ecrou à souder six pans à embase
979					• Pas de correspondance ISO	Ecrous hexagonaux bas à créneaux
980	7042	ISO 7042		OUI	• Uniquement le pas gros dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou H autofreiné tout métal style 2 à pas gros et à pas fin
980	10513	ISO 10513		OUI	• Uniquement le pas fin dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou H autofreiné tout métal style 2 à pas gros et à pas fin

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
982	7040 10512	ISO 7040 ISO 10512		OUI	• Pas gros dans l'ISO 7040 et pas fin dans l'ISO 10512, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 6, 8, 10 (ISO) • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et écart hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Classe de qualité 5 et 12 en moins	Ecrou H autofreiné style 1 à anneau non métallique à pas gros et à pas fin
985	10511	ISO 10511		OUI	• Uniquement le pas gros dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Ecart sur les cotes sur plat pour les diamètres M10, M12, M14 et hauteur de l'écrou (voir annexe A6) • Modification des classes de qualité (04, 05 pour l'ISO) et (5,6,8 et 10 pour la DIN) • Charge d'épreuve plus importante	Ecrou H autofreiné bas à anneau non métallique à pas gros et à pas fin
986					• Pas de correspondance ISO	Ecrou borgne autofreiné
988					• Pas de correspondance ISO	Rondelle plate d'ajustage
1443	2340	22340	27485	NON		Axe d'articulation sans tête
1444	2341	22341	27486	NON		Axe d'articulation avec tête
1469	8743	ISO 8743		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelure constante sur la 1/2 longueur non débouchante
1470	8739	ISO 8739		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelure constante sur toute la longueur débouchante à bout pilote
1471	8744	ISO 8744		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelures progressives sur toute la longueur
1472	8745	ISO 8745		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelures progressives sur toute la 1/2 longueur
1473	8740	ISO 8740		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelures centrales constantes sur toute la longueur
1474	8741	ISO 8741		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelures progressives renversées sur toute la 1/2 longueur
1475	8742	ISO 8742		OUI	• Classe de qualité suivant accord pour la DIN • Résistance minimale au cisaillement double plus importante	Goupille cannelée à cannelures centrales constantes sur le 1/3 de la longueur
1476	8746	ISO 8746		NON		Clou cannelé à tête ronde brute
1477	8747	ISO 8747		NON		Clou cannelé à tête fraisée
1481	8752	ISO 8752	27489	NON		Goupille élastique série épaisse
1587					• Pas de correspondance ISO	Ecrou hexagonal borgne à calotte rapportée
1804					• Pas de correspondance ISO	Ecrous cylindriques à encoches, filetage métrique fin ISO
2093					• Pas de correspondance ISO	Rondelle ressort dynamique
3017					• Pas de correspondance ISO	Collier de serrage à bande ajourée
6325	8734	28734			Se référer aux normes	Goupille cylindrique en acier trempé et en acier inoxydable martensitique
6330					• Pas de correspondance ISO	Ecrous hexagonaux 1.5 d
6331					• Pas de correspondance ISO	Ecrous hexagonaux 1.5 d à embase cylindrique

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
6332					• Pas de correspondance ISO	Vis sans tête à pointe de pression
6334					• Pas de correspondance ISO	Ecrou hexagonal haut h = 3d
6340					• Pas de correspondance ISO	Disques pour dispositifs de serrage
6788DD			27626		• Pas de correspondance ISO	Rondelle à double dentures
6796					• Pas de correspondance ISO	Rondelle élastique conique
6797					• Pas de correspondance ISO	Rondelle frein à dentures extérieures
6798A			27624		• Pas de correspondance ISO	Rondelle à dentures extérieures chevauchantes
6798J			27625		• Pas de correspondance ISO	Rondelle à dentures intérieures chevauchantes
6798V			27627		• Pas de correspondance ISO	Rondelle concave à dentures extérieures chevauchantes
6799					• Pas de correspondance ISO	Anneau renforcé pour arbre
6885		R773	22177		• Pas de correspondance ISO	Clavette parallèle
6885A		R773			• Pas de correspondance ISO	Clavette parallèle à bouts ronds
6885B					• Pas de correspondance ISO	Clavette parallèle à bouts carrés
6885AB					• Pas de correspondance ISO	Clavette parallèle 1 bout rond et 1 bout carré
6888	3912			NON		Clavette disque
6901					• Pas de correspondance ISO	Vis à tôle tête six pans à embase Vis à tôle tête ronde Pozi à embase
6911					• Pas de correspondance ISO	Clé pour vis à 6 pans creux avec téton (inviolable)
6912					• Pas de correspondance ISO	Vis tête cylindrique réduite à six pans creux avec trou de guidage
6914	7412	14399	27711	Non applicable	Le marché a basculé à l'EN 14399	Vis tête hexagonale à serrage contrôlé
6915	7414	14399	27711	Non applicable	Le marché a basculé à l'EN 14399	Ecrou 6 pans pour montage avec vis à serrage contrôlé
6916	7416	14399	27711	Non applicable	Le marché a basculé à l'EN 14399	Rondelle plate pour montage avec vis et écrou à serrage contrôlé
6917			27681		• Pas de correspondance ISO	Cale oblique pour profilé IPN classe 10.9
6918			27681		• Pas de correspondance ISO	Cale oblique pour profilé UPN classe 10.9
6921	1662			OUI	• Ecart sur les cotes sur plat M10, M12, M14, M16 et M20 (voir annexe A4) • Ecart hauteur de tête (voir annexe A4) • Classe de qualité 12.9 en moins	Vis à tête hexagonale à embase
6923	1661	ISO 1661	25406	OUI	• Ecart cote sur plat M10, passage de 15 (DIN) à 16 mm (ISO) • Attention l'ISO 1661 est pour les écrous hexagonaux à embase crantée	Ecrou hexagonal à embase
6923	4161	ISO 4161	25406	NON		Ecrou hexagonal à embase
6924	7040 10512	ISO 7040 ISO 10512	25409	NON	• Pas gros dans l'ISO 7042 et pas fin dans l'ISO 10512, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 6, 8, 10 (ISO) • Classe de qualité 5 et 12 en moins	Ecrou hexagonal autofreiné à anneau non métallique style 1 à pas gros et à pas fin
6925	7042	ISO 7042	25420	OUI	• Uniquement le pas gros dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart hauteur de l'écrou (voir annexe A6)	Ecrou hexagonal autofreiné tout métal style 2 à pas gros et à pas fin

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
6925	10513	ISO 10513		OUI	• Uniquement pas fin dans l'ISO, attention charge d'épreuve différente entre pas fin et pas gros • Pour classe de qualité 8, 10, 12 (ISO) • Ecart hauteur d'écrou M14, M16, M20 et M24 (voir annexe A6)	Ecrou hexagonal autofreiné tout métal style 2 à pas gros et à pas fin
6926	7043	1663	25413	NON		Ecrou hexagonal à embase autofreiné avec anneau non métallique
6927	7044	1664	25414	NON		Ecrou hexagonal à embase autofreiné tout métal
7337	15973	ISO 15973		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Alu/Acier
7337	15974	ISO 15974		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête fraisée Alu/Acier
7337	15975	ISO 15975		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Alu/Alu
7337	15976	ISO 15976		NON	• Pas de correspondance, pas de corps fermé dans la DIN	Rivet aveugle à rupture de tige à corps fermé à tête bombée Acier/Acier
7337	15977	ISO 15977		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Résistance au cisaillement moins importante • Résistance à la traction supérieure • Plage de serrage différente	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Alu/Acier
7337	15978	ISO 15978		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Charge de cisaillement min acceptée supérieure en classe L (ISO) par rapport à la DIN • Charge de traction min acceptée supérieure • Plage de serrage différente	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Alu/Acier
7337	15979	ISO 15979		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Acier/Acier
7337	15980	ISO 15980		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Acier/Acier
7337	15981	ISO 15981		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Charge de cisaillement min acceptée inférieure et charge de traction min acceptée supérieure	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Alu/Alu
7337	15982	ISO 15982		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée Alu/Alu
7337	15983	ISO 15983		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée A2/A2
7337	15984	ISO 15984		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée A2/A2
7337	16582	ISO 16582		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée Cu/Acier - Cu/Bronze - Cu/Inox
7337	16583	ISO 16583		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête fraisée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête Fraisée Cu/Acier - Cu/Bronze - Cu/Inox
7337	16584	ISO 16584		OUI	• Ecart diamètre et hauteur tête bombée • Plage de serrage différente • Charge de cisaillement et traction min acceptées supérieures	Rivet aveugle à rupture de tige à corps ouvert à tête bombée NiCu/St - NiCu/Inox

3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
7343	28750	ISO 8750		NON		Goupille élastique spiralée série moyenne
7343	28751	ISO 8751		NON		Goupille élastique spiralée série mince
7344	8748	ISO 8748		NON		Goupille élastique en spirale exécution lourde
7346	13337	ISO 13337		OUI	• Résistance au simple cisaillement en plus • Ecart sur la dimension "d1" pour les goupilles avec un diamètre 4,5 • Ecart sur la dimension "s" pour les diamètres 13 et 18	Goupille élastique série légère
7349					• Pas de correspondance ISO	Rondelles pour vis avec goupilles élastiques de type robuste
7500-1					• Pas de correspondance ISO	Caractéristiques mécaniques et fonctionnelles des vis autotaraudeuses par déformation
7504 K	15480	ISO 15480		OUI	• Résistance minimale à la torsion plus élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête hexagonale à embase plate avec filetage de vis à tôle
7504 N (M)	15481	ISO 15481		OUI	• Résistance minimale à la torsion plus élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle
7504 P (O)	15482	ISO 15482		OUI	• Résistance minimale à la torsion plus élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête fraisée à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle
7504 Q (R)	15483	ISO 15483		OUI	• Résistance minimale à la torsion plus élevée (voir annexe A9)	Vis autoperceuse à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme avec filetage de vis à tôle
7513					• Pas de correspondance ISO	Vis auto-taraudeuses - vis à tête hexagonale, vis à tête fendue
7516					• Pas de correspondance ISO	Vis auto-taraudeuses - vis à empreinte cruciforme
7603					• Pas de correspondance ISO	Joint d'étanchéité
7604					• Pas de correspondance ISO	Bouchon fileté cylindrique à tête hexagonale - type étroit
7721	7721	27721	25018	NON		Configuration de la tête et vérification par calibre des vis à tête fraisée
7962	4757	ISO 4757	25021		Se référer aux normes	Empreinte cruciforme pour vis
7967					• Pas de correspondance ISO	Ecrou PAL
7970	1478	ISO 1478		NON		Filetage de vis à tôle
7971	1481	ISO 1481	25663	OUI	• Ecart sur diamètre de la tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête cylindrique fendue
7972	1482	ISO 1482	25660	OUI	• Ecart sur angle et diamètre de la tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée fendue
7973	1483			OUI	• Ecart sur angle et diamètre de la tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée bombée fendue
7977	8737	28737			Se référer aux normes	Goupille de position conique à longueur filetée non trempée
7978	8736	28736		NON		Goupilles coniques à filet de vis intérieur non-trempées
7979	8735	28735		NON		Goupille cylindrique à trou taraudé en acier trempé et en acier inoxydable martensitique
7980					• Pas de correspondance ISO	Rondelle élastique Grower section carrée
7981	7049	ISO 7049	25658	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5)	Vis à tôle tête cylindrique bombée large Pozi
7982	7050	ISO 7050	25656	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5) • Angle de la tête fraisée différent (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée Pozi
7983	7051	ISO 7051	25657	OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A5) • Angle de la tête fraisée différent (voir annexe A5)	Vis à tôle tête fraisée bombée Pozi
7984					• Pas de correspondance ISO	Vis à tête cylindrique basse à six pans creux
7985	7045		25121	OUI	• Classe de qualité 5.8 et A4-70 en moins et classe de qualité A2-50 en plus • Ecart hauteur de tête et diamètre de tête (voir annexe A1)	Vis à métaux tête cylindrique Pozi

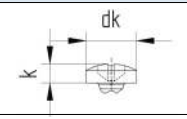
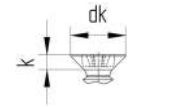
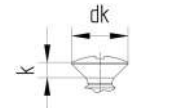
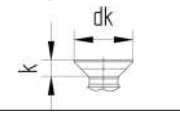
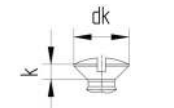
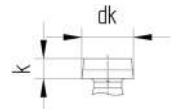
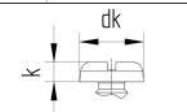
3-1 (suite) **Correspondance des normes vers ISO et NF EN**

DIN	ISO	NF EN	NFE	Ecart notable OUI / NON	Ecart pris en compte (DIN référence) "Dans l'ISO on a ... par rapport à la DIN"	Désignation
7989-2					• Pas de correspondance ISO	Rondelles pour construction métalliques - Partie 2 : Grade A
7990					• Pas de correspondance ISO	Boulon pour construction métallique
7991	10642	ISO 10642		OUI	• Ecart hauteur et diamètre de tête (voir annexe A3) • Classes de qualité 10.9 et 12.9 en plus • Classes de qualité A2-80, A4-50, A4-70 et A4-80 en plus • Alliage Cuivre-Zinc en moins	Vis tête fraisée à six pans creux
7992					• Pas de correspondance ISO	Vis à tête marteau pour glissière
7995			25602		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête fraisée bombée Pozi
7996			25603		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête ronde Pozi
7997			25601		• Pas de correspondance ISO	Vis à bois tête fraisée Pozi
9021	7093	ISO 7093	25513-25514	OUI	• Gamme de dureté supérieure* • Dimensions partiellement modifiées* • ISO 7093 - 1 = Grade A • ISO 7093 - 2 = Grade C * Voir détail dans Bibliothèque et outils N°19	Rondelle sans chanfrein
EN 20225	225	20225			Se référer aux normes	Eléments de fixation - Vis, goujons et écrous - Symboles et description des dimensions
EN 20273	273	20273			Se référer aux normes	Eléments de fixation, trous de passage pour boulons et vis
34827					• Pas de correspondance ISO	Vis sans tête à six lobes internes

4 Normes produits : annexes

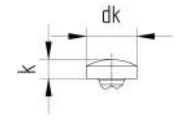
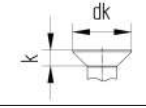
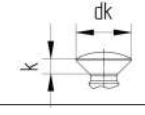
4.1 Annexes des écarts de correspondance entre ISO et DIN

Annexe A1 Comparaison des dimensions ISO – DIN des vis à métaux

Diamètre		M1,6	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10	
$dk_{max.}$	ISO 7045	3,2	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20	
	DIN 7985	3,2	4	5	6	7	8	10	12	16	20	
$k_{max.}$	ISO 7045	1,3	1,6	2,1	2,4	2,6	3,1	3,7	4,6	6	7,5	
	DIN 7985	1,3	1,6	2	2,4	2,7	3,1	3,8	4,6	6	7,5	
$dk_{max.}$	ISO 7046-1 + 2*	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 965	3	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	9,2	11	14,5	18	
$k_{max.}$	ISO 7046-1 + 2*	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	DIN 965	0,96	1,2	1,5	1,65	1,93	2,2	2,5	3	4	5	
$dk_{max.}$	ISO 7047	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 966	3	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	9,2	11	14,5	18	
$k_{max.}$	ISO 7047	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	DIN 966	0,96	1,2	1,5	1,65	1,93	2,2	2,5	3	4	5	
$dk_{max.}$	ISO 2009	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 963	3	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	9,2	11	14,5	18	
$k_{max.}$	ISO 2009	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	DIN 963	0,96	1,2	1,5	1,65	1,93	2,2	2,5	3	4	5	
$dk_{max.}$	ISO 2010	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 964	3	3,8	4,7	5,6	6,5	7,5	9,2	11	14,5	18	
$k_{max.}$	ISO 2010	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	DIN 964	0,96	1,2	1,5	1,65	1,93	2,2	2,5	3	4	5	
$dk_{max.}$	ISO 1207	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	
	DIN 84	1,0	1,3	1,6	2,0	2,4	2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	
$k_{max.}$	ISO 1207	0,4	0,5	0,7	0,75	1,0	1,1	1,3	1,6	2,0	2,4	
	DIN 84	0,26	0,36	0,56	0,76	0,96	1,06	1,52	1,6	2,2	2,7	
$dk_{max.}$	ISO 1580	3,2	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20	
	DIN 85	–	–	–	6	7	8	10	12	16	20	
$k_{max.}$	ISO 1580	1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,8	6	
	DIN 85	–	–	–	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,8	6	

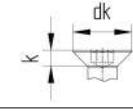
* Les dimensions des normes ISO 7046-1 et 2 sont identiques. En revanche, dans la norme 7046-2, le diamètre M1,6 a été supprimé.

Annexe A2 Comparaison entre les vis à métaux à empreinte cruciforme et à six lobes internes

Diamètre		M1,6	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10	
$dk_{max.}$	ISO 7045	3,2	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20	
	ISO 14583	–	4	5	5,6	7	8	9,5	12	16	20	
	ISO 14580	–	3,8	4,5	5,5	6	7	8,5	10	13	16	
$k_{max.}$	ISO 7045	1,3	1,6	2,1	2,4	2,6	3,1	3,7	4,6	6	7,5	
	DIN 14583	–	1,6	2,1	2,4	2,6	3,1	3,7	4,6	6	7,5	
	ISO 14580	–	1,55	1,85	2,4	2,6	3,1	3,65	4,4	5,8	6,9	
$dk_{max.}$	ISO 7046-1 + 2*	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	ISO 14581	–	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
$k_{max.}$	ISO 7046-1 + 2*	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	DIN 14581	–	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
$dk_{max.}$	ISO 7047	3	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
	ISO 14584	–	3,8	4,7	5,5	7,3	8,4	9,3	11,3	15,8	18,3	
$k_{max.}$	ISO 7047	1	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	
	ISO 14584	–	1,2	1,5	1,65	2,35	2,7	2,7	3,3	4,65	5	

* Les dimensions des normes ISO 7046-1 et 2 sont identiques. En revanche, dans la norme 7046-2, le diamètre M1,6 a été supprimé.

Annexe A3 Comparaison entre les dimensions des vis à tête fraisée à six pans creux

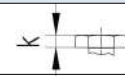
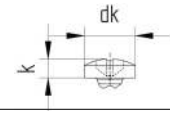
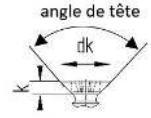
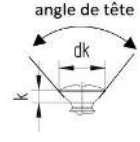
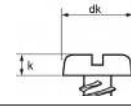
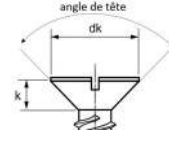
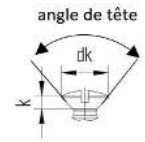
Diamètre		M1,6	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	
$dk_{max.}$	ISO 10642	–	–	–	6,72	–	8,96	11,2	13,44	17,92	22,4	26,88	30,8	33,6	-	40,32	-	-	
	DIN7991	–	–	–	6	–	8	10	12	16	20	24	27	30	33	36	36	39	
$k_{max.}$	ISO 10642	–	–	–	1,86	–	2,48	3,1	3,72	4,96	6,2	7,44	8,4	8,8	-	10,16	-	-	
	DIN 7991	–	–	–	1,7	–	2,3	2,8	3,3	4,4	5,5	6,5	7	7,5	8	8,5	13,1	14	

Annexe A4 Tailles de clé pour les vis à tête hexagonale d'après les normes ISO et DIN

	Vis à tête hexagonale avec filetage métrique		Vis à tête hexagonale avec filetage métrique à embase cylindro-tronconique			
	Taille de clé pour les vis à tête hexagonale (exécution normale d'après ISO 272)		Taille de clé pour les vis à tête hexagonale		Hauteur (mm) k max.	
Diamètre-Ø	DIN 558 DIN 601 DIN 931 DIN 933 DIN 960 DIN 961	ISO 4018 ISO 4016 ISO 4014 ISO 4017 ISO 8765 ISO 8676	DIN 6921	EN 1665	DIN 6921	EN 1665
M1,6	3,2	3,2	-	-	-	-
M2	4	4	-	-	-	-
M2,5	5	5	-	-	-	-
M3	5,5	5,5	-	-	-	-
M4	7	7	-	-	-	-
M5	8	8	8	8	5,4	5,8
M6	10	10	10	10	6,6	6,6
M8	13	13	13	13	8,1	8,1
M10	17	16	15	16	9,2	10,4
M12	19	18	16	18	11,5	11,8
M14	22	21	18	21	12,8	13,7
M16	24	24	21	24	14,4	15,4
M18	27	27	-	-	-	-
M20	30	30	27	30	17,1	18,9
M22	32	34	-	-	-	-
M24	36	36	-	-	-	-
M30	46	46	-	-	-	-
M36	55	55	-	-	-	-
M42	65	65	-	-	-	-
M48	75	75	-	-	-	-
M56	85	85	-	-	-	-

Écarts entre les normes

Annexe A5 Comparaison des dimensions ISO - DIN pour les vis à tôle

Diamètre		ST 2,2	ST 2,9	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5	
$k_{max.}$	ISO 1479	1,6	2,3	2,6	–	3	3,8	4,1	4,7	6	7,5	
	DIN 7976	1,42	1,62	2,42	2,42	2,92	3,12	4,15	4,95	5,95	–	
$dk_{max.}$	ISO 7049	4	5,6	7	–	8	9,5	11	12	16	20	
	DIN 7981	4,2	5,6	6,9	7,5	8,2	9,5	10,8	12,5	–	–	
$k_{max.}$	ISO 7049	1,6	2,4	2,6	–	3,1	3,7	4	4,6	6	7,5	
	DIN 7981	1,8	2,2	2,6	2,8	3,05	3,55	3,95	4,55	–	–	
$dk_{max.}$	ISO 7050	3,8	5,5	7,3	–	8,4	9,3	10,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 7982	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4	–	–	
$k_{max.}$	ISO 7050	1,1	1,7	2,35	–	2,6	2,8	3	3,15	4,65	5,25	
	DIN 7982	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8	–	–	
Angle de la tête	ISO 7050	90°										
	DIN 7982	80°										
$dk_{max.}$	ISO 7051	3,8	5,5	7,3	–	8,4	9,3	10,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 7983	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4	–	–	
$k_{max.}$	ISO 7051	1,1	1,7	2,35	–	2,6	2,8	3	3,15	4,65	5,25	
	DIN 7983	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8	–	–	
Angle de la tête	ISO 7051	90°										
	DIN 7983	80°										
$dk_{max.}$	ISO 1481	4,0	5,6	7,0	–	8,0	9,5	11,0	12,0	16,0	20,0	
	DIN 7971	4,2	5,6	6,9	7,5	8,2	9,5	10,8	12,5	–	–	
$k_{max.}$	ISO 1481	1,3	1,8	2,1	–	2,4	3,0	3,2	3,60	4,80	6,00	
	DIN 7971	1,4	1,75	2,1	2,25	2,45	2,8	3,2	3,65	–	–	
$dk_{max.}$	ISO 1482	3,8	5,5	7,3	-	8,4	9,3	10,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 7972	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4	-	-	
$k_{max.}$	ISO 1482	1,1	1,7	2,35	–	2,6	2,8	3	3,15	4,65	5,25	
	DIN 7972	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8	–	–	
Angle de la tête	ISO 1482	90°										
	DIN 7972	80°										
$dk_{max.}$	ISO 1483	3,8	5,5	7,3	-	8,4	9,3	10,3	11,3	15,8	18,3	
	DIN 7973	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4	-	-	
$k_{max.}$	ISO 1483	1,1	1,7	2,35	–	2,6	2,8	3	3,15	4,65	5,25	
	DIN 7973	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8	–	–	
Angle de la tête	ISO 1483	90°										
	DIN 7973	80°										

Annexe A6 Comparaison entre les dimensions des écrous hexagonaux d'après ISO et DIN

Les écrous suivant la norme ISO, ainsi que les écrous destinés à des boulonnages de structures de haute résistance suivant la norme ISO 898-2, ne doivent jamais être remplacés par des écrous conformes à des normes DIN de résistance réduite suivant la norme DIN 267-4.
On reconnait les écrous à charge réduite aux deux barres encadrant le marquage de la classe de résistance, comme par exemple : 18I.

Ecrou hexagonal standard

Norme	DIN 934		ISO 4032		ISO 8673 DIN 971-1		DIN 555		ISO 4034		DIN 439 A		ISO 4036		DIN 439 B		DIN 936		ISO 4035 ISO 8675		ISO 8674 DIN 971-2		ISO 4033	
Diamètre Ø	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)	Hauteur (mm) m max.	Clé (mm)
M1	0,8	2,5	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	–	–
M1,2	1	3	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	–	–
M1,4	1,2	3	–	–	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	–	–
M1,6	1,3	3,2	1,3	3,2	-	-	-	-	-	-	1	3,2	1	3,2	1	3,2	-	-	1	3,2	-	-	–	–
M2	1,6	4	1,6	4	-	-	-	-	-	-	1,2	4	1,2	4	1,2	4	-	-	1,2	4	-	-	–	–
M2,5	2	5	2	5	-	-	-	-	-	-	1,6	5	1,6	5	1,6	5	-	-	1,6	5	-	-	–	–
M3	2,4	5,5	2,4	5,5	-	-	-	-	-	-	1,8	5,5	1,8	5,5	1,8	5,5	-	-	1,8	5,5	-	-	–	–
M3,5	2,8	6	2,8	6	-	-	-	-	-	-	2	6	2	6	2	6	-	-	2	6	-	-	–	–
M4	3,2	7	3,2	7	-	-	-	-	-	-	2,2	7	2,2	7	2,2	7	-	-	2,2	7	-	-	–	–
M5	4	8	4,7	8	-	-	4	8	5,6	8	2,7	8	2,7	8	2,7	8	-	-	2,7	8	-	-	5,1	8
M6	5	10	5,2	10	-	-	5	10	6,4	10	3,2	10	3,2	10	3,2	10	-	-	3,2	10	-	-	5,7	10
M8	6,5	13	6,8	13	6,8	13	7	13	7,9	13	4	13	4	13	4	13	5	13	4	13	7,5	13	7,5	13
M10	8	17	8,4	16	8,4	16	8	17	9,5	16	5	17	5	16	5	17	6	17	5	16	9,3	16	9,3	16
M12	10	19	10,8	18	10,8	18	10	19	12,2	18	6	19	–	–	6	19	7	19	6	18	12	18	12	18
M14	11	22	12,8	21	12,8	21	-	-	13,9	21	7	22	–	–	7	22	8	22	7	21	14,1	21	14,1	21
M16	13	24	14,8	24	14,8	24	13	24	15,9	24	8	24	–	–	8	24	8	24	8	24	16,4	24	16,4	24
M18	15	27	15,8	27	15,8	27	-	-	16,9	27	9	27	–	–	9	27	9	27	9	27	17,6	27	-	-
M20	16	30	18	30	18	30	16	30	19	30	10	30	–	–	10	30	9	30	10	30	20,3	30	20,3	30
M22	18	32	19,4	34	19,4	34	18	32	20,2	34	11	32	–	–	11	32	10	32	11	34	21,8	34	-	-
M24	19	36	21,5	36	21,5	36	19	36	22,3	36	12	36	–	–	12	36	10	36	12	36	23,9	36	23,9	36
M27	22	41	23,8	41	23,8	41	22	41	24,7	41	13,5	41	–	–	13,5	41	12	41	13,5	41	26,7	41	-	-
M30	24	46	25,6	46	25,6	46	24	46	26,4	46	15	46	–	–	15	46	12	46	15	46	28,6	46	28,6	46
M33	26	50	28,7	50	28,7	50	26	50	29,5	50	16,5	50	–	–	16,5	50	14	50	16,5	50	32,5	50	-	-
M36	29	55	31	55	31	55	29	55	31,9	55	18	55	–	–	18	55	14	55	18	55	34,7	55	34,7	55
M39	31	60	33,4	60	33,4	60	31	60	34,3	60	19,5	60	–	–	19,5	60	16	60	19,5	60	-	-	-	-
M42	34	65	34	65	34	65	34	65	34,9	65	21	65	–	–	21	65	16	65	21	65	-	-	-	-
M45	36	70	36	70	36	70	36	70	36,9	70	22,5	70	–	–	22,5	70	18	70	22,5	70	-	-	-	-
M48	38	75	38	75	38	75	38	75	38,9	75	24	75	–	–	24	75	18	75	24	75	-	-	-	-
M52	42	80	42	80	42	80	42	80	42,9	80	26	80	–	–	26	80	20	80	26	80	-	-	-	-
M56	45	85	45	85	45	85	45	85	45,9	85	–	–	–	–	–	–	-	-	28	85	-	-	-	-
M60	48	90	48	90	48	90	48	90	48,9	90	–	–	–	–	–	–	-	-	30	90	-	-	-	-
M64	51	95	51	95	51	95	51	95	52,4	95	–	–	–	–	–	–	-	-	32	95	-	-	-	-

Ecrou hexagonal autofreiné

Les écrous suivant la norme ISO, ainsi que les écrous destinés à des boulonnages de structures de haute résistance suivant la norme ISO 898-2, ne doivent jamais être remplacés par des écrous conformes à des normes DIN de résistance réduite suivant la norme DIN 267-4.
On reconnait les écrous à charge réduite aux deux barres encadrant le marquage de la classe de résistance, comme par exemple : 18I.

Norme	DIN 6925		DIN 980		ISO 7042		ISO 10513		DIN 985		ISO 10511		DIN 982		DIN 6924		ISO 7040 ISO 10512	
Diamètre Ø	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)	Hauteur (mm) $h_{max.}$	Clé (mm)
M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	3,7	5,5	3,6	5,5	-	-	-	-	4	5,5	3,9	5,5	-	-	4,5	5,5	-	-
M3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	4,2	7	4,8	7	-	-	-	-	5	7	5	7	-	-	6	7	-	-
M5	5,1	8	6	8	5,1	8	-	-	5	8	5	8	6,3	8	6,8	8	-	-
M6	6	10	6,6	10	6	10	-	-	6	10	6	10	8	10	8	10	-	-
M8	8	13	8,8	13	8	13	8	13	8	13	6,76	13	9,5	13	9,5	13	9,5	13
M10	10	16	11	17	10	16	10	16	10	17	8,56	16	11,5	17	11,9	16	11,9	16
M12	12	18	13,2	19	13,3	18	12	18	12	19	10,23	18	14	19	14,9	18	14,9	18
M14	14	21	15,4	22	14,1	21	14,1	21	14	22	11,32	21	16	22	17	21	17	21
M16	16	24	17,6	24	16,4	24	16,4	24	16	24	12,42	24	18	24	19,1	24	19,1	24
M18	-	-	19,8	27	-	-	-	-	18,5	27	-	-	20	27	20,6	27	-	-
M20	20	30	22	30	20,3	30	20,3	30	20	30	14,9	30	22	30	22,8	30	22,8	30
M22	-	-	24,2	32	-	-	-	-	22	32	-	-	25	32	24,5	34	-	-
M24	24	36	26,4	36	23,9	36	23,9	36	24	36	17,8	36	28	36	27,1	36	27,1	36
M27	-	-	27	41	-	-	-	-	27	41	-	-	-	-	31	41	-	-
M30	30	46	30	46	30	46	30	46	30	46	22,2	46	-	-	32,6	46	32,6	46
M33	-	-	33	50	-	-	-	-	33	50	-	-	-	-	35,5	50	-	-
M36	36	55	36	55	36	55	36	55	36	55	25,5	55	-	-	38,9	55	38,9	55
M39	-	-	39	60	-	-	-	-	39	60	-	-	-	-	42	60	-	-
M42	-	-	-	-	-	-	-	-	42	65	-	-	-	-	45	65	-	-
M45	-	-	-	-	-	-	-	-	45	70	-	-	-	-	48	70	-	-
M48	-	-	-	-	-	-	-	-	48	75	-	-	-	-	50	75	-	-
M52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Écarts entre les normes

Annexe A7 Comparaison des propriétés mécaniques ISO et DIN entre les classes de qualité

Classe de qualité	DIN 267-3	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8	8,8	10,9	12,9	14,9
	ISO 898-1	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8	8,8	10,9	12,9	-
Minimum de la résistance à la rupture N/mm²	DIN 267-3	400	400	500	500	600	800	1000	1200	1400
	ISO 898-1	400	420	500	520	600	800 (1)	1040	1220	-
Minimum de la résistance élastique N/mm²	DIN 267-3	240	320	300	400	480	640	900	1080	1260
	ISO 898-1	240	320	300	420	480	640 (2)	940	1100	-
Classe de qualité selon DIN 267 Décembre 1960		4D	4S	5D	5S	6S	8G	10K	12K	-

1. > M16 : 830 2. > M16 : 660

Annexe A8 Comparaison des dimensions ISO - DIN pour les rivets aveugles

Norme	DIN 7337				ISO 15977 ISO 15979		ISO 15978		ISO 15980		ISO 15981		ISO 15982		ISO 15983		ISO 15984		ISO 16582		ISO 16583		ISO 16584	
Diamètre Ø	dk (type A) bombée	dk (type B) fraisée	k (type A) bombée	k (type B) fraisée	dk (type A) bombée	k (type A) bombée	dk (type B) fraisée	k (type B) fraisée	dk (type B) fraisée	k (type B) fraisée	dk (type A) bombée	k (type A) bombée	dk (type B) fraisée	k (type B) fraisée	dk (type A) bombée	k (type A) bombée	dk (type B) fraisée	k (type B) fraisée	dk (type A) bombée	k (type A) bombée	dk (type B) fraisée	k (type B) fraisée	dk (type A) bombée	k (type A) bombée
2,4	5	-	0,55	-	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	6,5	6	0,8	0,9	6,3	1,3	6,3	1,3	6,3	1,3	-	-	-	-	6,3	1,3	6,3	1,3	6,3	1,3	6,3	1,3	-	-
3,2	6,5	6	0,8	0,9	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3	6,7	1,3
4	8	7,5	1	1	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7	8,4	1,7
4,8	9,5	9	1,1	1,2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2	10,1	2
5	9,5	9	1,1	1,2	10,5	2,1	10,5	2,1	10,5	2,1	-	-	-	-	10,5	2,1	10,5	2,1	-	-	-	-	-	-
6	12	11	1,5	1,5	12,6	2,5	-	-	12,6	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,4	13	12	1,8	1,6	13,4	2,7	-	-	13,4	2,7	13,4	2,7	13,4	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	13,4	2,7

dk : diamètre de tête k : hauteur de tête

Annexe A9 Comparaison résistance minimale à la torsion pour les vis autoperceuses

Norme	DIN 7504	ISO 15480 - ISO 15481 ISO 15482 - ISO 15483 Normes caractéristiques mécaniques : ISO 10666
Taille du filetage	Résistance minimale à la torsion en N.m	
ST 2.9	1,5	1,5
ST 3.5	2,8	2,8
ST 3.9	3,4	-
ST 4.2	4,5	4,7
ST 4.8	6,5	6,9
ST 5.5	10	10,4
ST 6.3	14	16,9

Écarts entre les normes

5 Notation abrégée usuelle

A

A	Allongement à la rupture
ac.	Acier
al.	Aluminium
all.	Alliage
As	Section résistante
AZ	Denture extérieure chevauchante
AZE	Denture extérieure étroite (rondelle)

B

Bhc	Tête bombée à hexagone creux
Bichro	Bichromaté
BLS	Boulons
BN	Bague nylon
br	Brut
BS	Brouillard salin
BSF	British Standard Fine
BSW	British Standard Whitworth

C

CB	Tête cylindrique bombée
CBLX	Tête cylindrique bombée 6 lobes
CBLZ	Tête cylindrique bombée Pozidriv
CC	Collet carré
ChC	Tête cylindrique à six pans creux
CL	Tête cylindrique large
CL	Conique large
CLS	Tête cylindrique large fendue
CS	Tête cylindrique fendue
CS	Conique striée
Cs	Couple de serrage
Cuv.	Bout cuvette
Cyl.	Cylindrique
Cylind.	Cylindrique

D

D ou d	Diamètre
dd	Double denture intérieure extérieure
DN	Diamètre nominal

E

E	Module d'élasticité (module de Young)
ec.	Ecrou
ecr	Ecrou
EF	Entièrement fileté
EH	Ecrou haut
ép.	Epaisseur

F

F	Force
FhC	Tête fraisée à six pans creux
FP	Filetage partiel
FS	Tête fraisée fendue
FT	Filetage total

G

g	Gramme
galva	Galvanisé à chaud
gr.	Grade

H

H	Empreinte cruciforme Phillips
H	Symbole de la dureté
H ou h	Hexagonale
HB	Symbole de dureté échelle Brinnel
HBS	Heures au brouillard salin
HC	Empreinte à six pans creux
HE	Ecrou hexagonal à embase
HFR	Ecrou frein hexagonal (1 ou 2 fentes)
Hh	Ecrou hexagonal haut
HK	Ecrou hexagonal à créneaux
Hm	Ecrou hexagonal bas
HMZ	Ecrou série extra légère
HR	Boulons à serrage contrôlé NF
HRA	Symbole de dureté échelle Rockwell A
HRB	Symbole de dureté échelle Rockwell B
HRC	Symbole de dureté échelle Rockwell C
HRC	Boulon à précontrainte calibrée NF
Hu	Ecrou hexagonal hauteur normale
HV	Boulons à serrage contrôlé DIN
HV	Symbole de dureté échelle Vickers

I

ISO	International Standardization Organisation

J

J	Japy ou tête ronde à collet carré
J	Joule
JZ	Denture intérieure chevauchante (rondelle)
JZC	Denture intérieure bombée (rondelle)
JZE	Denture intérieure étroite (rondelle)

K

K	Symbole du degré Kelvin
K	Symbole de la résilience
KCU	Résilience Charpy sur éprouvette en U
KCV	Résilience Charpy sur éprouvette en V
Kg	Kilogramme
KU	Energie absorbée par rupture sur éprouvette U
KV	Energie absorbée par rupture sur éprouvette V

L

L	Forme large
LL	Forme extra-large

M

M	Moyenne
M	Filetage métrique
mm	Millimètre
MPa	Mégapascal

N

N	Newton
NF	Norme Française
NFA	Norme Française de métallurgie
NFE	Norme Française de mécanique
NFF	Norme Française ferroviaire
NFL	Norme Française aéronautique
nom.	Nominale
norm.	Normalisé
NPT	National pipe thread

P

PA	Polyamide
PC	Polycarbonate
PEBD	Polyéthylène basse densité
PEHD	Polyéthylène haute densité
PET	Polytéréphtalate d'éthylène
PF	Partiellement fileté
Pl	Plate (rondelle)
Pm	Pression de matage
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle
POM	Polyoxyméthylène
PP	Polypropylène
PPO	Polyoxyphénylène
PS	Polystyrène
PFTE	Polytétrafluroéthylène
PVC	Polychlorure de vinyle

Q

Q	Forme carrée

R

R	Tête ronde
Rel	Résistance élastique
Rm	Résistance mécanique
Rp	Limite conventionnelle d'élasticité

S

S	Empreinte fendue
SB	Boulon de structure NF
SI	Système International
Std	Standard
STHC	Sans tête à six pans creux

T

TF	Tige filetée
TB	Tête bombée
TC	Téton court
TC	Tête cylindrique
TCL	Tête cylindrique large
TF	Tête fraisée
TH	Tête hexagonale
TL	Téton long
TL	Tête large
TP	Tête plate
TPI	Nombre de filets au pouce
TR	Tête ronde
TRCC	Tête ronde à collet carré
TTh	Traitement thermique

U

UNC	United National Coarse
UNF	United National Fine

V

VB	Vis à filetage bois

W

W	Grower série courante
WL	Grower série forte
WZ	Grower série réduite
WW	Whitworth

X

X	Empreinte à 6 lobes internes

Z

Z	Forme étroite
Z	Empreinte cruciforme Pozidriv
Z	Symbole de striction
Zn	Zingué (blanc sauf indication contraire)
Znbi	Zingué bichromaté (jaune)

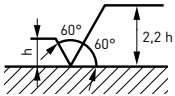
Divers

"	Pouce
+/-	Plus ou moins
°C	Degré Celsius
°F	Degré Fahrenheit
°K	Degré Kelvin
µ	Coefficient de frottement
µm	Micron (micromètre)

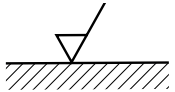
6 Etats de surface

Décodage des états de surface

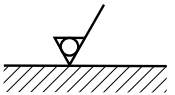
Symboles graphiques



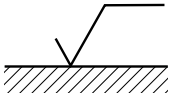
Proportions et dimensions des symboles graphiques



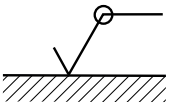
Enlèvement de matière exigé



Enlèvement de matière interdit ou surface qui doit rester telle qu'elle a été obtenue au stade précédent de fabrication



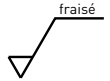
Tout procédé de fabrication autorisé



Toutes les surfaces sur le contour de la pièce ont le même état de surface

6-1

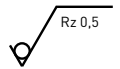
Indications de l'état de surface (exemples)



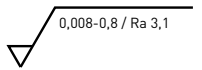
Procédé de fabrication : fraisé

Irrégularités de surface : direction des stries multidirectionnelles

Surépaisseur d'usinage 3 mm



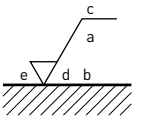
Enlèvement de matière interdit, hauteur maximale de rugosité 0,5 mm



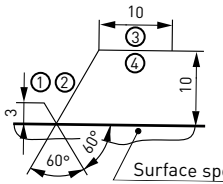
Enlèvement de matière obligatoire, bande de transmission 0,008 - 0,8 mm, écart moyen arithmétique 3,1 mm

6-2

Position des exigences d'état de surface complémentaire



Position dans le symbole
graphique
a : une seule exigence d'état de surface
a et b : plusieurs exigences d'état de surface
c : procédé de fabrication
d : stries de surface et d'orientation
e : surépaisseur d'usinage

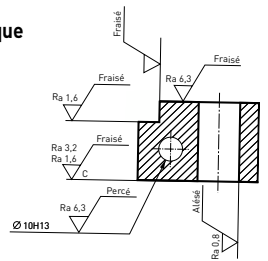


Ancienne symbolisation
1 : critère de rugosité choisi
2 : valeur du critère à respecter exprimée en µm
3 : symbole du procédé d'élaboration
4 : symbole de la fonction

6-3

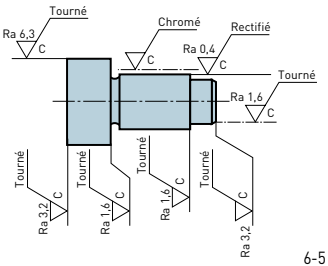
Position de la spécification d'état de surface sur un dessin

Pièce prismatique



6-4

Pièce de révolution



6-5

7 Grandeurs et unités de mesure courantes

7-1 Unités internationales

Unité *	Abréviation	Domaine	Système	Valeur	Conversion
Ampère	**A**	**Electricité**	**SI**	**-**	**-**
Atmosphère	at	Pression	Annulée	1 atmosphère ≃ 1 hectopièze ≃ 1 bar	-
Bar (ou hectopièze)	bar	Pression	SI	1 bar = 100 000 Pa	1 bar = 1,02 kgf/cm^2
Calorie	cal	Energie	Annulée	1 kcal = 1 000 cal	1 cal = 4,1855 J
Centimètre	cm	Longueur	SI	1 centimètre = 0,01 m	-
Décanewton	daN	Force	SI	1 décanewton = 10 N	1 décanewton = 1,02 kgf
Décanewton par millimètre carré	daN/mm^2	Pression	SI	1 décanewton par millimètre carré	-
Degré Brinell	HB	Dureté	SI	-	-
Degré Celsius	°C	Température	Annulée	t°C = t K – 273	t°C = 5/9 (t°F – 32)
Degré Kelvin	**K**	**Température**	**SI**	**t K = t°C + 273**	**t° K = 5/9 (t°F – 32) + 273**
Degré Rockwell	HR	Dureté	SI	-	-
Degré Vickers	HV	Dureté	SI	-	-
Gramme	g	Masse	SI	1 gramme = 0,001 kg	-
Joule	**J**	**Travail**	**SI**	**1 joule = 1N.m**	**1 joule = 0,239 cal**
Kilogramme	**kg**	**Masse**	**SI**	**-**	**1 kilogramme = 9,81 N (sur terre)**
Kilogramme force	kgf	Force	Annulée	-	1 kilogramme force = 9,81 N
Kilogramme poids	kgp	Masse	Annulée	1 kilogramme poids = 1kgf (sur terre)	-
Kilowatt	kW	Puissance	SI	-	1 kilowatt = 1,341 hp
Litre	l	Volume	SI	1 litre = 1 dm^3 = 1 000 000 mm^3 = 0,001m^3	-
Mégapascal	MPa	Pression	SI	1 mégapascal = 1N/mm^2 = 0,1daN/mm^2 = 10 daN/cm^2	-
Mètre	**m**	**Longueur**	**SI**	**1 mètre = 10 dm = 100 cm = 1 000 mm**	**-**
Mètre carré	**m^2**	**Surface**	**SI**	**1 mètre carré = 100 dm^2 = 10 000 cm^2 = 1 000 000 mm^2**	**-**
Mètre cube	**m^3**	**Volume**	**SI**	**1 mètre cube = 103 dm^3 = 106 cm^3 = 109 mm^3**	**1 mètre cube = 1 000 l**
Mètre par seconde	**m/s**	**Vitesse**	**SI**	**1 mètre par seconde = 3,6 km/h**	**-**
Millimètre	mm	Longueur	SI	1 millimètre = 0,001 m	-
Millimètre carré	mm^2	Surface	SI	1 millimètre carré = 0,000 001 m^2	-
Millimètre cube	mm^3	Surface	SI	1 millimètre cube = 0,000 000 001 m^3	-
Minute	mn	Temps	SI	1 minute = 60 s	**-**
Newton	**N**	**Force**	**SI**	**-**	**1 newton = 0,102 kgf**
Pascal	**Pa**	**Pression**	**SI**	**1 pascal = 1 N/m^2**	**-**
Seconde	**s**	**Temps**	**SI**	**-**	**-**
Siemens	**S**	**Conductance**	**SI**	**-**	**-**
Tonne	t	Masse	SI	1 tonne = 1 000 kg	-
Volt	**V**	**Electricité**	**SI**	**-**	**-**
Watt	**W**	**Puissance**	**SI**	**1 watt = 1J/s**	**-**
Wattheure	Wh	Travail	SI	-	1 wattheure = 3 600 J

*** En caractère gras : unité légale** / En caractères maigres : unité ancienne ou tolérée. Unité obsolète ou annulée.

7-2 Unités anglo-saxonnes

Unité	Abréviation	Domaine	Système	Valeur	Conversion
British thermal unit	Btu	Energie	BS	-	1 Btu = 1055,06 J
Cubic foot	ft^3	Volume	BS	1 cubic foot = 1728 $inch^3$	1 cubic foot = 0,028317 m^3
Cubic inch	in^3	Volume	BS	-	1 cubic inch = 16,387 cm^3
Degré Fahrenheit	°F	Température	BS	-	t°F = (t°C x 9/5) + 32
Foot (ou pied)	ft (ou ')	Longueur	BS	1 foot = 12 in	1 foot = 304,8 mm
Gallon américain	US gal	Volume	USS	-	1 gallon US = 3,785 l
Gallon anglais	UK gal	Volume	BS	1 gallon anglais = 1,2 US gallon	1 gallon UK = 4,546 l
Us barrel (ou baril)	US bbl	Volume	BS	1 US barrel = 42 US gallon	1 US barrel = 158,987 l
Horse power	hp	Puissance	BS	-	1 horse power = 745,7 Wh
Inch (ou pouce)	in (ou ")	Longueur	BS	-	1 inch = 25,4 mm
Ounce (ou once)	oz	Poids	BS	-	1 ounce = 28,349 g
Pound (ou livre)	lb	Poids	BS	1 pound = 16 oz	1 pound = 453,592 g
Pound / sq.inch (ou psi)	$lb/inch^2$	Pression	BS	1 $lb/inch^2$ = 1 Psi (multiple 1 Ksi = 1000 Psi)	1 $lb/inch^2$ = 6894,8 Pa
Square foot	ft^2	Surface	BS	1 square foot = 144 $inch^2$	1 square foot = 0,0929 m^2
Square inch	in^2	Surface	BS	-	1 square inch = 645,16 mm^2
Yard	yd	Longueur	BS	1 yard = 3 ft	1 yard = 0,9144 m

*** En caractère gras : unité légale** / En caractères maigres : unité ancienne ou tolérée. ☐ Unité obsolète ou annulée.

7-3 Multiples et sous-multiples

Sous-multiples			Multiples			
0.1	10^{-1}	déci	10	10^{1}	déca	dix
0.01	10^{-2}	centi	100	10^{2}	hecto	cent
0.001	10^{-3}	milli	1 000	10^{3}	kilo	mille
0.000 001	10^{-6}	micro	1 000 000	10^{6}	méga	million
0.000 000 001	10^{-9}	nano	1 000 000 000	10^{9}	giga	milliard

8 Conversion directe de valeurs en pouces en valeurs métriques

8-1 Conversion en mm des dimensions habituelles inférieures à 1 pouce

Fraction de pouce							Pouce (10e)	Conv. en mm
0	/2"	/4"	/8"	/16"	/32"	/64"		
							0,0000	**0,0000**
						1/64"	0,0156	0,3969
					1/32"		0,0313	0,7938
						3/64"	0,0469	1,1906
				1/16"			0,0625	1,5875
						5/64"	0,0781	1,9844
					3/32"		0,0938	2,3813
						7/64"	0,01094	2,7781
			1/8"				0,1250	3,1750
						9/64"	0,1406	3,5719
					5/32"		0,1563	3,9688
						11/64"	0,1719	4,3656
				3/16"			0,1875	4,7625
						13/64"	0,2031	5,1594
					7/32"		0,2188	5,563
						15/64"	0,2344	5,9531
		1/4"					**0,2500**	**6,3500**
						9/32"	0,2813	7,1438
				5/16"			0,3125	7,9375
					11/32"		0,3438	8,7313
			3/8"				**0,3750**	**9,5250**
						13/32"	0,4063	10,3188
				7/16"			0,4375	11,1125
					15/32"		0,4688	11,9063
	1/2"						**0,5000**	**12,7000**
						17/32"	0,5313	13,4938
				9/16"			0,5625	14,2875
					19/32"		0,5938	15,0813
			5/8"				**0,6250**	**15,8750**
						21/32"	0,6563	16,6688
				11/16"			0,6875	17,4625
					23/32"		0,7188	18,2563
		3/4"					**0,7500**	**19,0500**
						25/32"	0,7813	19,8438
				13/16"			0,8125	20,6375
					27/32"		0,8438	21,4313
			7/8"				**0,8750**	**22,2250**
					29/32"		0,9063	23,0188
				15/16"			0,9375	23,8125
					31/32"		0,9688	24,6063

8-2 Conversion en mm des dimensions intermédiaires jusqu'à 10 pouces

0	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"
0,00	**25,40**	**50,80**	**76,20**	**101,60**	**127,00**	**152,40**	**177,80**	**203,20**	**228,60**
0,40	25,80	51,20	76,60	102,00	127,40	152,80	178,20	203,60	229,00
0,79	26,19	51,59	76,99	102,39	127,79	153,19	178,59	203,99	229,40
1,19	26,59	51,99	77,39	102,79	128,19	153,59	178,99	204,39	229,79
1,59	26,99	52,39	77,79	103,19	128,59	153,99	179,39	204,79	230,19
1,98	27,38	52,78	78,18	103,58	128,98	154,38	179,78	205,18	230,58
2,38	27,78	53,18	78,58	103,98	129,38	154,78	180,18	205,58	230,98
2,78	28,18	53,58	78,98	104,38	129,78	155,18	180,58	205,98	228,88
3,18	28,58	53,98	79,38	104,78	130,18	155,58	180,98	206,38	231,78
3,57	28,97	54,37	79,77	105,17	130,57	155,97	181,37	206,77	232,17
3,97	29,37	54,77	80,17	105,57	130,97	156,37	181,77	207,17	232,57
4,37	29,77	55,17	80,57	105,97	131,37	156,77	182,17	207,57	232,97
4,76	30,16	55,56	80,96	106,36	131,76	157,16	182,56	207,96	233,36
5,16	30,56	55,96	81,36	106,76	132,16	157,56	182,96	208,36	233,76
5,56	30,96	56,36	81,76	107,16	132,56	157,96	183,36	208,76	234,16
5,95	31,35	56,75	82,15	107,55	132,95	158,35	183,75	209,15	234,55
6,35	**31,75**	**57,15**	**82,55**	**107,95**	**133,35**	**158,75**	**184,15**	**209,55**	**234,95**
7,14	32,54	57,94	83,34	108,74	134,14	159,54	184,94	210,34	235,75
7,94	33,34	58,74	84,14	109,54	134,94	160,34	185,74	211,14	236,54
8,73	34,13	59,53	84,93	110,33	135,73	161,13	186,53	211,93	237,33
9,53	**34,93**	**60,33**	**85,73**	**111,13**	**136,53**	**161,93**	**187,33**	**212,73**	**238,13**
10,32	35,72	61,12	86,52	111,92	137,32	167,72	188,12	213,52	238,92
11,11	36,51	61,9,1	87,31	112,71	138,11	163,51	188,91	214,31	239,71
11,91	37,31	62,71	88,11	113,51	138,91	164,31	189,71	215,11	240,51
12,70	**38,10**	**63,50**	**88,90**	**114,30**	**139,70**	**165,10**	**190,50**	**215,90**	**241,30**
13,49	38,89	64,29	89,69	115,09	140,49	165,89	191,29	216,69	242,10
14,29	39,69	65,09	90,49	115,89	141,29	166,69	192,09	217,49	242,89
15,08	40,48	65,88	91,28	116,68	142,08	167,48	192,88	218,28	243,68
15,88	**41,28**	**66,68**	**92,08**	**117,48**	**142,88**	**168,28**	**193,68**	**219,08**	**244,48**
16,67	42,07	67,47	92,87	118,27	143,67	169,07	194,47	219,87	245,27
17,46	42,86	68,26	93,66	119,06	144,46	169,86	195,26	220,66	246,06
18,26	43,66	69,06	94,46	119,86	145,26	170,66	196,06	221,46	246,86
19,05	**44,45**	69,85	**95,25**	**120,65**	**146,05**	**171,45**	**196,45**	**222,25**	**247,65**
19,84	45,24	70,64	96,04	121,44	146,84	172,24	197,64	223,04	248,45
20,64	46,04	71,44	96,84	122,24	147,64	173,04	198,44	223,84	249,24
21,43	46,83	72,23	97,63	123,03	148,43	173,83	199,23	224,63	250,03
22,23	**47,63**	**73,03**	**98,43**	**123,83**	**149,23**	**174,63**	**200,03**	**225,43**	**250,83**
23,02	48,42	73,82	99,22	124,62	150,02	175,42	200,82	226,22	251,62
23,81	49,21	74,61	100,01	125,41	150,81	176,21	201,61	227,01	252,41
24,61	50,01	75,41	100,81	126,21	151,61	177,01	202,41	227,81	253,21

8-2 (suite) **Conversion directe en mm des dimensions habituelles de 1 pouce jusqu'à 10 pouces**

Pouce	10e de pouce	Conversion en mm
1"	**1,0000**	**25,4000**
1" 1/18	1,1250	28,5750
1" 1/4	1,2500	31,7500
1" 3/8	1,3750	34,9250
1" 1/2	1,5000	38,1000
1" 5/8	1,6250	41,2750
1" 3/4	1,7500	44,4500
1" 7/8	1,8750	47,6250
2"	**2,0000**	**50,8000**
2" 1/4	2,2500	57,1500
2" 1/2	2,5000	63,5000
2" 3/4	2,7500	69,8500
3"	**3,0000**	**76,2000**
3" 1/4	3,2500	82,5500
3" 1/2	3,5000	88,9000
3" 3/4	3,7500	95,2500
4"	**4,0000**	**101,6000**
4" 1/4	4,2500	107,9500
4" 1/2	4,5000	114,3000
4" 3/4	4,7500	120,6500
5"	**5,0000**	**127,0000**
5" 1/2	5,5000	139,7000
6"	**6,0000**	**152,4000**
6" 1/2	6,5000	165,1000
7"	**7,0000**	177,8000
7" 1/2	7,5000	190,5000
8"	**8,0000**	**203,2000**
8" 1/2	8,5000	215,9000
9"	**9,0000**	**228,6000**
9" 1/2	9,5000	241,3000
10"	**10,0000**	**254,0000**

Mode d'emploi

Exemple : conversion de la valeur 2"3/4 en millimètres / base 1" = 25,4 millimètres (convention internationale)

Deux solutions :

1. Si la donnée à convertir en millimètres, exprimée en pouces ou en fraction de pouce, est présente dans les tableaux 8-1 ou 8-3, la conversion est directe.
   Dans l'exemple encadré en rouge dans le tableau 8-2, la dimension 2"3/4 équivaut à 69,8500 arrondi à 69,85 mm.
2. S'il s'agit d'une dimension intermédiaire ou peu usuelle, il faut combiner l'emploi des deux tableaux 8-1 et 8-2. La partie entière de la valeur en pouce à convertir est repérée dans une colonne du tableau 8-2 et la fraction additionnelle résiduelle exprimée en pouce est repérée dans une ligne du tableau 8-1. Au croisement de la colonne et de la ligne, s'affiche le résultat de la recherche exprimé en en millimètres.
   Dans l'exemple encadré en rouge, correspondant au calcul de 2"3/4, la cellule d'intersection donne le résultat final arrondi, soit 69,85 mm.

Des recherches inversées sont possibles, en parcourant le tableau 8-2 à la recherche de la dimension la plus proche de celle en millimètres qui est à convertir. Une fois la valeur localisée, il ne reste plus qu'à remonter en tête de colonne pour découvrir le nombre entier de pouce et à rajouter à ce dernier la fraction de pouce éventuelle sur la ligne du tableau 8-1.

Pour les diamètres de visserie inférieurs à un quart de pouce, les dimensions s'expriment en numéro selon le tableau 8-3.

8-3 **Conversion directe en mm des dimensions <1/4"**

Numéros	Fraction	mm
N°0	0,060	1,52
N°1	0,073	1,85
N°2	0,086	2,18
N°3	0,099	2,52
N°4	0,112	2,84
N°5	0,125	3,18
N°6	0,138	3,51
N°8	0,164	4,17
N°10	0,190	4,83
N°12	0,216	5,49
N°14	0,250	6,35

8-4 **Conversion en millimètres de fraction de pouce exprimées en millième ou centième**

Fraction	mm
0,001	0,025
0,002	0,051
0,003	0,076
0,004	0,102
0,005	0,127
0,006	0,152
0,007	0,178
0,008	0,203
0,009	0,229
0,010	0,254

Fraction	mm
0,02	0,508
0,03	0,762
0,04	1,016
0,05	1,270
0,06	1,524
0,07	1,778
0,08	2,032
0,09	2,286
0,10	2,540
0,12	3,048

8-5 **Conversion des unités de pression et de contraintes des différents systèmes de mesure**

Unités	Système	MPa	Pa	N/mm²	N/cm²	N/dm²	N/m²	daN/mm²	daN/cm²	daN/dm²	daN/mm²
daN/mm²	SI	10	10 000 000	10	1 000	100 000	10 000 000	1	100	10 000	1 000 000
Mpa	ISO	1	1 000 000	1	100	10 000	1 000 000	0,1	10	1 000	100 000
N/mm²	SI	1	1 000 000	1	100	10 000	1 000 000	0,1	10	1 000	100 000
daN/cm²	SI	0,1	100 000	0,1	10	1 000	100 000	0,01	1	100	10 000
bar	SI	0,1	100 000	0,1	10	1 000	100 000	0,01	1	100	10 000
N/cm²	Si	0,01	10 000	0,01	1	100	10 000	0,001	0,1	10	1 000
pièze	Divers	0,001	1 000	0,001	0,1	10	1000	0,0001	0,01	1	100
daN/dm²	SI	0,001	1 000	0,001	0,1	10	1000	0,0001	0,01	1	100
N/dm²	SI	0,0001	100	0,0001	0,01	1	100	0,00001	0,001	0,1	10
daN/m²	SI	0,00001	10	0,00001	0,001	0,1	10	0,000001	0,0001	0,01	1
N/m²	SI	0,000001	1	0,000001	0,0001	0,01	1	0,0000001	0,00001	0,001	0,1
Pa	ISO	0,000001	1	0,000001	0,0001	0,01	1	0,0000001	0,00001	0,001	0,1
barye	Divers	0,0000001	0,1	0,0000001	0,00001	0,001	0,1	0,00000001	0,000001	0,0001	0,01
kgf/mm²	SI	9,8066500	9 806 650	9,8066500	980,66500	98 067	9 806 650	0,980665	98,067	9 807	980 665
kgf/cm²	SI	0,098066500	98 067	0,098066500	9,8066500	980,665	98 067	0,009807	0,980665	98,067	9 807
mmwater	US/UK	0,000009807	9,806650	0,000009807	0,000980665	0,0980665	9,806650	0,000001	0,0001	0,01	1
at	Divers	0,0980665	98 067	0,0980665	9,80665	980,665	98 067	0,009807	0,980665	98,067	9 807
psi	US/UK	0,006894758	6 894,758	0,006894758	0,689475830	68,947583	6 894,758	0,000689	0,068948	6,894758	689,476
lbf/in²	US/UK	0,006894758	6 894,758	0,006894758	0,689475830	68,947583	6 894,758	0,000689	0,068948	6,894758	689,476
atm	Divers	0,101325000	101 325	0,101325000	10,132500	1 013,250	101 325	0,010132500	1,013250000	101,325000	10 132,500
mm Hg	Divers	0,000133322	133,322	0,000133322	0,0133322	1,333220	133,322	0,000013332	0,001333220	0,133322006	13,332201
Torr	Divers	0,000133322	133,322	0,000133322	0,0133322	1,333220	133,322	0,000013332	0,001333220	0,133322006	13,332201
tonf/in²	US/UK	15,444259	15 444 259	15,44425900	1 544,425900	154 443	15 444 259	1,544426	154,443	15 444	1 544 426
inHg	US/UK	0,003386390	3 386,390	0,003386390	0,338638989	33,863899	3 386,390	0,000339	0,033864	3,386390	338,639
ftwater	US/UK	0,002989070	2 989,070	0,002989070	0,298907007	29,890701	2 989,070	0,000299	0,029891	2,989070	298,907
inwater	US/UK	0,000249089	249,089	0,000249089	0,024908900	2,490890	249,089	0,000025	0,002491	0,249089	24,909
lbf/ft²	US/UK	0,000047880	47,880	0,000047880	0,004788026	0,478803	47,880	0,000005	0,000479	0,047880	4,788

Principe de conversion

L'unité de la donnée à convertir est repérée dans une des lignes du tableau 8-5 (colonne de gauche).
L'unité vers laquelle est effectuée la conversion est repérée dans une des colonnes.
Le coefficient de conversion, par lequel il faut multiplier la donnée initiale, est obtenu au croisement de la ligne et de la colonne.

Exemple (encadré en rouge) : conversion de 95 kgf/cm² en MPa.
Le coefficient de conversion au croisement de la ligne «kgf/cm²» et de la colonne «MPa» est : 0,098066500.

Le résultat sera 95 x 0,0980665 soit 9,3163175 arrondi à 9,316 MPa.

9 Tolérances et ajustements sur pièces lisses
(NF E 02-100, NF E 02-101, NF E 02-102)

Ecarts, définitions

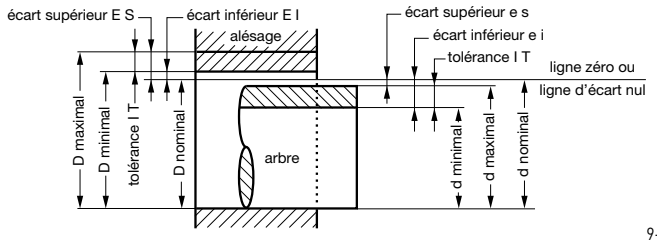
Une cote ISO est caractérisée par sa cote nominale, sa position, sa qualité. Elle peut être traduite par une cote nominale avec des limites supérieures et inférieures appelées écarts qui sont situés par rapport à la cote nominale.

Pour un alésage :

Cote nominale $^{\text{écart supérieur}}_{\text{écart inférieur}}$ Exemple : 20H8 = $20^{+0,033}_{0}$

Pour un arbre :

Cote nominale $^{\text{écart supérieur}}_{\text{écart inférieur}}$ Exemple : 20h8 = $20^{0}_{-0,033}$



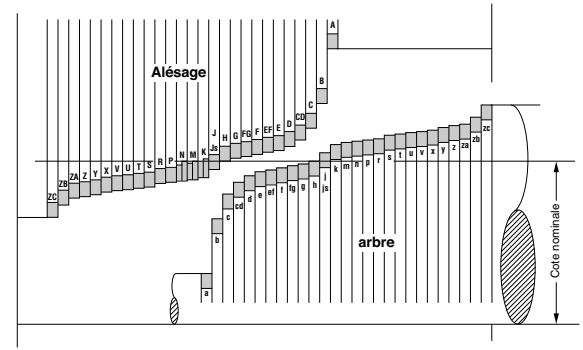
9-1

Ecart supérieur de l'alésage : ES = D maxi – D nominal = EI + IT
Ecart inférieur de l'alésage : EI = D mini – D nominal = ES – IT

Ecart supérieur de l'arbre : es = d maxi – d nominal = ei + IT
Ecart inférieur de l'arbre : ei = d mini – d nominal = es – IT

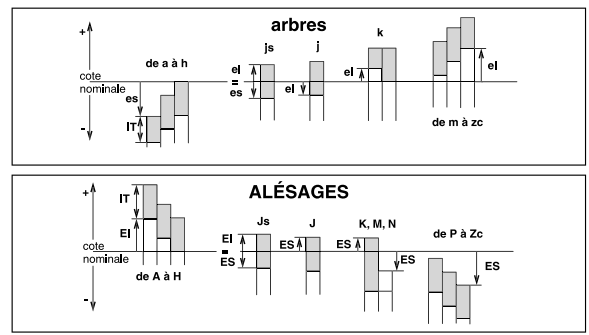
Position des écarts, limites

La position des écarts par rapport à la cote nominale est signifiée par une ou deux lettres, minuscules pour les arbres, majuscules pour les alésages (figure 9-2).



9-2

Position des écarts donnés par les tableaux



Les tableaux donnent en général l'écart le plus proche de la cote nominale.
9-3

Tolérances des pièces lisses, qualité

9-4 **Tolérances fondamentales en micromètres**

Paliers de dimensions (mm)	Qualités																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 à 6	0,4	0,5	1	1,5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 à 10	0,4	0,6	1	1,5	2.5	4	6	9	15	22	36	56	90	150	220	360	580	900
> 10 à 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1000
> 18 à 30	0,5	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	64	130	210	330	520	840	1300
> 30 à 50	0,5	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50 à 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80 à 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120 à 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180 à 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	48	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
> 250 à 315	2,5	4	6	8	121	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
> 315 à 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	380	570	890	1400	2300	3800
> 400 à 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* Les qualités 14, 15, 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm

Nota. Depuis l'introduction de la norme ISO 8015, le principe de base est le principe de l'indépendance, donc un ajustement ne contraint que l'aspect dimension. Il convient, pour que les ajustements traduisent correctement les conditions d'assemblage, d'ajouter le symbole de l'enveloppe.

10 Système d'ajustement dit à arbre normal ou à alésage normal

Système dans lequel la dimension au maximum de matière correspond à la dimension nominale ; l'écart inférieur est nul. Il correspond à la position H pour les alésages et à h pour les arbres.

10-1 **Alésages usuels**

Qualités	Positions																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	J_a	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
1								●		●												
2								●		●												
3								●		●												
4								●		●												
5						●	●	●		●	●	●	●	●	●	●						
6					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
7				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8		●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●							●
9	●	●	●	●	●	●		●		●			●	●								
10			●	●	●			●		●			●									
11	●	●		●	●			●		●												
12			●	●				●		●												
13								●		●												
14								●		●												
15								●		●												
16								●		●												

10-2 **Arbres usuels**

Qualités	Positions																					
	a	b	c	d	e	f	g	h	j	j_a	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
1								●		●												
2								●		●												
3								●		●												
4						●	●	●		●	●	●	●	●	●	●						
5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
6				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8		●	●	●	●	●		●		●								●		●		
9	●	●	●	●	●	●		●		●												
10				●				●		●												
11	●	●	●	●				●		●												
12								●		●												
13								●		●												
14								●		●												
15								●		●												
16								●		●												

11 Tolérances générales (NF EN 22-768, ISO 2768)
pour le décolletage/usinage

Cette norme est applicable aux dimensions sans tolérance particulière des pièces usinées ou en tôle.
Dans le cartouche du plan doit être indiqué : **Tolérances générales ISO 2768 f, m, c ou v.**

11-1 **Ecarts admissibles pour dimensions linéraires**

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales							
Désignation	Description	0,5[1] jusqu'à 3	au delà de 3 jusqu'à 6	au delà de 6 jusqu'à 30	au delà de 30 jusqu'à 120	au delà de 120 jusqu'à 400	au delà de 400 jusqu'à 1 000	au delà de 1 000 jusqu'à 2 000	au delà de 2 000 jusqu'à 4 000
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	moyenne	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grossière	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	très grossière	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

1. Pour les dimensions nominales inférieures à 0,5 mm, l'écart doit figurer à la suite de la dimension nominale.

11-2 **Ecarts admissibles pour dimensions linéraires d'arêtes abattues (rayons et chanfreins)**

Classe de tolérance		Ecarts admissibles pour des plages de dimensions nominales		
Désignation	Description	0,5[1] jusqu'à 3	au delà de 3 jusqu'à 6	au delà de 6
f	fine	± 0,2	± 0,5	± 1
m	moyenne			
c	grossière	± 0,4	± 1	± 2
v	très grossière			

1. Pour les dimensions nominales inférieures à 0,5 mm, l'écart doit figurer à la suite de la dimension nominale.

11-3 **Ecarts admissibles pour dimensions angulaires**

Classe de tolérance		Ecarts admissibles en fonction des plages de longueurs en millimètres du côté le plus court de l'angle considéré				
Désignation	Description	jusqu'à 10	au delà de 10 jusqu'à 50	au delà de 50 jusqu'à 120	au delà de 120 jusqu'à 400	au delà de 400
f	fine	± 1°	± 0°30	± 0°20	± 0°10	± 0°5
m	moyenne					
c	grossière	± 1°30	± 1°	± 0°30	± 0°15	± 0°10
v	très grossière	± 3°	± 2°	± 1°	± 0°30	± 0°20

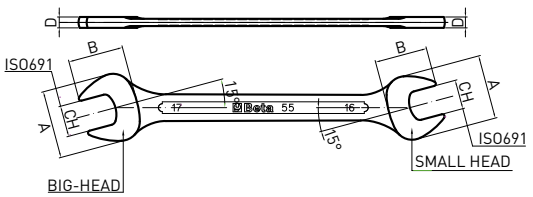
12 Ajustements couramment utilisés en mécanique

12-1

Cas d'emploi			Arbres (positions)	Alésages				
				H6	H7	H8	H9	H11
				Arbres (qualités)				
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.)						9	11
			d				9	11
	Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré)		e		7	8	9	
			f	6	6-7	7		
	Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude		g	5	6			
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possibles sans déterioration des pièces l'emmanchement ne peut transmettre d'effort	Mise en place à la main	h	5	6	7	8	
			js	5	6			
		Mise en place au maillet	k	5				
			m		6			
	Démontage et remontage impossibles sans déterioration des pièces l'emmanchement ne peut transmettre d'effort	Mise en place à la presse	p		6			
		Mise en place à la presse ou par dilatation	s			7		
			u			7		
			x			7		
			z			7		

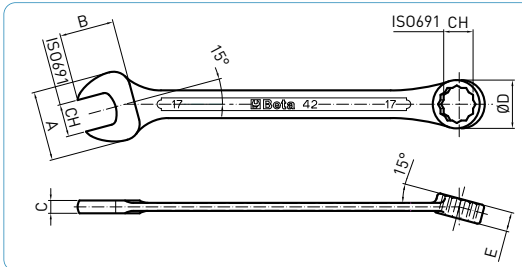
13 Encombrement des clés de serrage usuelles

Clé à fourche double selon DIN 3310 (voir tableau 13-6)



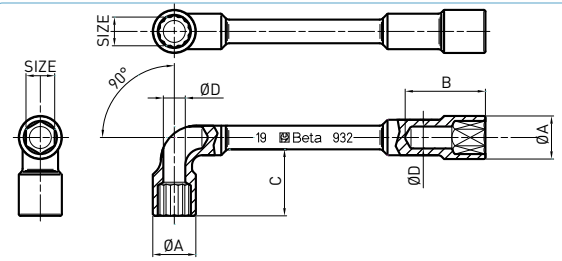
13-1

Clé mixte à fourche et polygonale selon ISO 7738 DIN 3313 (voir tableau 13-7)



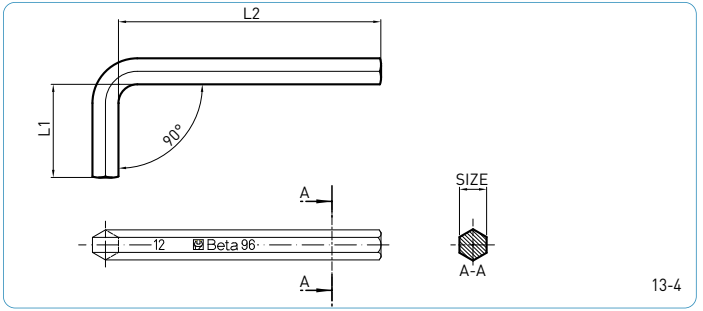
13-2

Clé à béquille et à pipe selon NF E 74.303 (voir tableau 13-8)



13-3

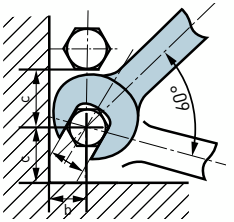
Clé mâle coudée pour vis à six pans creux selon ISO 2936 (voir tableau 13-9)



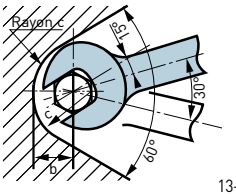
13-4

Zones de dégagement selon NF E 74.306

Sans retournement de clé



Avec retournement de clé



13-5

a	e	b	c
3,2	6	5	7
4	8	7	9
5	9,5	7	9
5,5	10	7	10
6	10,5	8	12
7	11,5	8	13
8	13	10	16
9	15	10	17
10	16	11	18
11	17	11	18
12	19	12	19
13	20,5	13	20
14	21,5	15	22
15	23	16	24
16	24,5	17	26
17	26	18	27
18	27	19	28
19	28,5	20	29
21	30,5	21	31
22	32	22	32
24	34,5	23	34
27	38,5	25	37
30	42	29	42

13-6 **Clé à fourche double selon DIN 3310**

Code produit	CH	A	B	C	øD	E
000550003	4 x 5	12,5	9,7	14,0	11,2	3,0
000550006	5 x 5,5					
000550009	5,5 x 7	15,5	12,7	17,5	14,4	3,5
000550012	6 x 7					
000550018	7 x 8	19,5	15,9	21,5	17,6	4,0
000550021	8 x 9					
000550024	8 x 10					
000550030	10 x 11	23,5	19,2	25,5	20,6	4,5
000550033	10 x 12					
000550035	10 x 13	27,5	22,1	29,5	23,8	5,0
000550042	12 x 13					
000550045	12 x 14					
000550047	13 x 14	31,5	25,5	33,5	27,3	5,5
000550054	14 x 15					
000550057	14 x17	31,5	25,5	37,5	30,6	6,0
000550060	16 x 17	35,5	29,1	37,5	30,6	6,0
000550063	17 x 19	39,5	32,4	41,5	34,1	6,5
000550066	18 x 19					
000550069	19 x 22	43,5	35,8	47,5	39,1	7,0
000550075	20 x 22					
000550078	21 x 23	45,5	37,2	49,5	40,7	7,6
000550081	22 x 24					
000550087	24 x 26	51,5	42,1	55,5	45,1	8,0
000550090	24 x 27					
000550096	25 x 28	53,5	43,6	59,5	48,3	8,6
000550099	27 x 29	57,5	46,7	61,5	50,2	8,8
000550102	27 x 30					
000550105	27 x 32	63,5	51,7	67,5	55,2	9,0
000550108	30 x 32					

13-7 **Clé mixte à fourche et polygonale selon ISO 7738 DIN 3313**

Code produit	CH	A	B	C	øD	E
000420005	5,5	15,2	11,9	3,4	10,1	5,2
000420006	6,0					
000420007	7,0	17,1	13,4	3,6	10,8	5,7
000420008	8,0	19,0	14,9	3,9	12,3	6,2
000420009	9,0	20,9	16,3	4,2	13,7	6,7
000420010	10,0	22,8	17,8	4,5	15,1	7,1
000420011	11,0	24,8	19,4	4,8	16,5	7,5
000420012	12,0	26,9	20,9	5,1	18,2	7,9
000420013	13,0	28,8	22,4	5,4	19,6	8,4
000420014	14,0	30,8	23,9	5,7	21,0	8,8
000420015	15,0	32,7	25,4	6,0	22,4	9,2
000420016	16,0	34,6	26,9	6,3	23,8	9,7
000420017	17,0	36,6	28,4	6,7	25,2	10,2
000420018	18,0	38,5	29,9	7,0	26,7	10,8
000420019	19,0	40,5	31,5	7,3	28,0	11,4
000420020	20,0	42,5	33,0	7,6	29,4	11,9
000420021	21,0	44,5	34,5	7,9	30,7	12,4
000420022	22,0	46,4	36,0	8,1	32,2	12,8
000420023	23,0	48,4	37,6	8,3	33,5	13,2
000420024	24,0	50,3	39,1	8,5	34,9	13,5
000420025	25,0	52,3	40,6	8,7	36,2	13,8
000420026	26,0	54,3	42,1	8,9	37,6	14,2
000420027	27,0	56,2	43,7	9,1	39,0	14,6
000420028	28,0	58,2	45,2	9,3	40,3	15,0
000420029	29,0	60,2	46,7	9,5	41,9	15,3
000420030	30,0	62,1	48,3	9,7	43,0	15,6
000420032	32,0	66,0	51,4	10,1	45,7	16,2

13-8 **Clé à béquille et à pipe selon NF E 74.303**

Code produit	Taille	øA	B	C	øD
009320006	6 x 6	11,0	10,0	18,5	5,0
009320007	7 x 7	12,0	11,0	21,0	5,0
009320008	8 x 8	13,0	19,0	22,0	6,0
000320009	9 x 9	14,5	20,0	22,5	6,5
009320010	10 x 10	16,0	23,0	26,0	7,0
009320011	11 x 11	17,0	26,0	26,5	7,5
009320012	12 x 12	18,0	27,0	27,0	8,5
009320013	13 x 13	19,0	32,0	30,5	9,0
009320014	14 x 14	21,0	32,0	33,5	10,0
009320015	15 x 15	22,5	35,0	35,0	10,5
009320016	16 x 16	24,0	37,0	39,5	12,0
009320017	17 x 17	25,0	38,5	39,5	12,5
009320018	18 x 18	26,5	42,5	41,5	13,0
009320019	19 x 19	28,0	45,5	44,0	13,5
009320020	20 x 20	30,0	46,5	45,5	14,0
009320021	21 x 21	30,5	48,5	48,5	15,0
009320022	22 x 22	32,0	48,5	48,5	15,0
009320023	23 x 23	33,5	50,5	53,0	18,0
009320034	24 x 24	34,5	52,5	55,0	18,0
009320025	25 x 25	36,0	53,5	57,5	19,5
009320026	26 x 26	37,0	54,5	58,0	20,0
009320027	27 x 27	38,5	57,5	57,0	21,0
009329928	28 x 28	39,0	57,5	59,0	22,0
00932030	30 x 30	42,0	62,5	63,0	23,0
009320032	32 x 32	45,0	64,5	66,5	23,0

13-9 **Clé mâle coudée pour vis à six pans creux selon ISO 2936**

Code produit	Taille	L_1	L_2
000960015	1,5	15,5	46,5
000960020	2,0	18,0	52,0
000960025	2,5	20,5	58,5
000960030	3,0	23,0	66,0
000960035	3,5	25,5	69,5
000960040	4,0	29,0	74,0
000960045	4,5	30,5	80,0
000960050	5,0	33,0	85,0
000960060	6,0	38,0	96,0
000960080	8,0	44,0	108,0
000960090	9,0	47,0	114,0
000960100	10,0	50,0	122,0
000960110	11,0	53,0	129,0
000960120	12,0	57,0	137,0
000960130	13,0	63,0	145,0
000960140	14,0	70,0	154,0
000960160	16,0	76,0	168,0
000960170	17,0	80,0	177,0
000960190	19,0	89,0	199,0
000960220	22,0	102,0	222,0
000960240	24,0	114,0	248,0
000960270	27,0	127,0	277,0
000960300	30,0	142,0	315,0
000960320	32,0	157,0	347,0
000960360	36,0	176,0	391,0

Nota important : chaque fabrication peut présenter des variations de cotes pour ce type de produit, compte tenu qu'il existe plusieurs normes de références (DIN 3110 et 3113, ISO 2936, 3318 et 7738, NF E 74.301, 74.303 et 74.304, normes UNI, etc) et que la conception des modèles peut évoluer rapidement. En ce qui concerne les ouvertures de clés et les embouts de serrage, il est conseillé de se référer à la norme ISO 691. Les dimensions présentées ci-après sont donc indicatives et ne saurait engager la responsabilité de la société EMILE MAURIN

Les produits présentés sont extraits du catalogue BETA et vous pouvez trouver ces produits dans nos agences de Bordeaux et Toulouse ou dans le réseau national de MICHAUD-CHAILLY,

14 Performance des modes d'entraînement des vis : formes et empreinte NFE 25-031

14-1

Type d'entraînement			Fonctions										Normes de référence Observations
			Symbole	Dégagement inutile autour de la tête de l'outil	Capacité de transmission du couple	Classe de qualité maximale théorique	Aptitude au montage automatisé	Longévité de l'outil de serrage	Aptitude au dévissage	Aptitude à recevoir un revêtement	Facilité de nettoyage (hygiène alimentaire)	Absence de risque de blessure	
Entraînements externes	Hexagonal		H			12.9							Vis à métaux E 24-112 et 115 Vis à bois E 25-607 Vis à tôle E 25-662 Ecrous E 25-401 et 402 / E 25-405 à 407 / E 25-409 à 412 Toutes utilisations mécaniques
	Carré		Q			10.9							Vis à métaux E 25-116 à 118 Vis à bois E 25-608 Ecrous E 25-403 et 404 Utilisation fréquente pour le matériel agricole, les charpentes en bois...
	Six lobes externes					12.9							Intéressant par son faible encombrement et sa capacité de transmission du couple (vis de bardage)
Empreintes	Six pans creux		HC			10.9							Vis à métaux E 25-125, E 27-160, 163, E 27-180 à 183 Utilisation en construction mécanique (permet de noyer la tête de la vis)
	Six lobes internes		X			12.9							Vis à métaux E 25-107 à 111 Vis à tôle E 25-652 à 655 Remplace avantageusement la vis 6 pans creux Transmet les couples importants Engrènement aisé des outils de vissage automatique
	Cruciforme (dite «Pozidriv»)		Z			6.8							Vis à métaux E 25-119 à 122 Vis à bois E 27-110 à 164 Ecrous E 25-604 à 606 / E 25-660, 661, 663 Utilisation pour les vissages mécanisés, les difficultés de dévissage : appareils ménagers, garnitures automobiles...

Tableau extrait de la norme NF E 25-031 - Novembre 1984.

Niveau de performance : Très bonne | Bonne | Moyenne | Passable | Nulle

14-1 (suite)

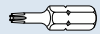
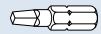
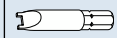
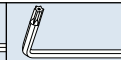
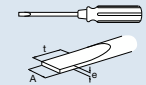
Type d'entraînement		Symbole	Fonctions: Dégagement inutile autour de la tête de l'outil	Capacité de transmission du couple	Classe de qualité maximale théorique	Aptitude au montage automatisé	Longévité de l'outil de serrage	Aptitude au dévissage	Aptitude à recevoir un revêtement	Facilité de nettoyage (hygiène alimentaire)	Absence de risque de blessure	Normes de référence Observations
Empreintes	Cruciforme (dite «Philips»)	H			5.8							Utilisation identique à l'empreinte Z Echappement de l'outil plus important que l'empreinte Z en montage mécanique ainsi que lors du dévissage.
	Fente (tournevis)	S			4.8							Vis à métaux E 25-123 à 124 / E 25-127 à 129 Vis à bois E 27-110 à 164 Vis à tôle E 25-604 à 606 / E 25-660, 661, 663 Utilisation très répandue en prévision d'un masticage ou d'une peinture
	Fente (pièce de monnaie)				4.8							Utilisation pour les produits grand public : carters de cyclomoteur, briquets,...
	Encoches				5.8							Vis à métaux F 03-004 à 007 Vis à bois F 03-003 Vis à tôle E 25-660, 661, 663 Dévissage difficile : garnitures et accessoires de voitures SNCF...
	Encoches				8.8							Ecrous E 22-111 Ecrous E 22-306 Utilisation pour le montage des roulements avec rondelle de frein
	Hexagonal fendu				Voir ci-dessus							
Multi-entraînements	Six pans creux fendu	HCS										Vis à métaux E 27-309 Permet le montage automatique par l'empreinte et le dévissage par la fente
	Cruciformes fendu ou six lobes fendu	ZS - XS										

Tableau extrait de la norme NF E 25-031 - Novembre 1984.

Niveau de performance : Très bonne | Bonne | Moyenne | Passable | Nulle

15 Tableau de choix des numéros d'embouts et clés

15-1

Diamètre	Embout «Pozidriv» NFE 25021	Embout «Philips»	 Embout six lobes NFE 27185	 Embout carré	Embout hexagonal pour vis inviolable	 Embout «Snake Eyes» pour vis inviolable	Clé hexagonale pour vis NFE 25125	Clé hexagonale pour vis inviolable	 Clé six lobes pour vis inviolable	 Réf. Beta s x A	t
Vis à tôle - Vis autoperceuses											
ST 2,2			N° T6								
ST 2,9	N°1	N°1	N° T10							0,8 x 4	0,5
ST 3,5	N°2	N°2	N° T10	N° 1		6			N°10	1 x 5,5	0,6
ST 3,9	N°2	N°2	N° T15	N° 1							
ST 4,2	N°2	N°2	N° T20	N° 2		8			N°15	1,2 x 6,5	0,7
ST 4,8	N°2	N°2	N° T20	N° 2		10			N°25	1,2 x 6,5	0,7
ST 5,5	N°3	N°3	N° T30							1,6 x 10	1
ST 6,3	N°3	N°3	N° T30							1,6 x 10	1
ST 8	N°4	N°4	N° T40							2 x 12	1,2
Vis à métaux											
M1,6							1,5				
M2			N° T6				1,5				
M2,5	N°1	N°1	N° T8				2				
M3	N°1	N°1	N° T10		2	4	2,5	2	10	0,8 x 4	0,5
M3,5	N°2	N°2	N° T10							1 x 5,5	0,6
M4	N°2	N°2	N° T20		2,5	8	3	2,5	15	1,2 x 6,5	0,7
M5	N°2	N°2	N° T20		3	10	4	3	25	1,2 x 6,5	0,7
M6	N°3	N°3	N° T30		4	14	5	4	30	1,6 x 10	1
M8	N°4	N°4	N° T40		5		6	5		2 x 12	1,2
M10	N°4	N°4	N° T50		6		8	6		2,5 x 14	1,5
M12			N° T55				10				
M14							12				
M16			N° T60				14				
M18							14				
M20							17				
M22							17				
M24							19				

Informations données à titre indicatif.

16 Couples de serrage pour visserie en acier ou acier inoxydable (NF E25-030-1)

Nota : la norme NF E25-030-1 définit les règles générales de dimensionnement et de serrage d'un assemblage vissé mécanique précontraint pour la liaison de pièces métalliques ou homogènes isotropes dans une démarche simplifiée. Les fixations concernées font références à l'ISO 898-1 et -2 ou l'ISO 3506-1 et -2.

La démarche complète relève de la norme NF E25-030-2. Dans tous les cas, l'utilisation des couples de serrage indiqués dans les tableaux de cet article sans application de la globalité de la démarche est à proscrire.

Visserie en acier

1. Toujours respecter les spécifications constructeur du matériel à assembler.
2. En cas d'absence de ces spécifications, la valeur du couple peut être déterminée par essais et mesures en laboratoire.
3. A défaut d'informations constructeur ou de possibilités d'essais, se reporter aux spécifications des normes en vigueur dans le pays.

Tableau des couples de serrage
(extrait de la norme NF E25-030-1)

Les moyens d'application du couple de serrage doivent être classés dans une des 5 classes C10 à C50.
Les valeurs sont données pour un matériel étalonné.

Classe des moyens d'application du couple	Classe de précision sur le couple appliqué
C10	± 10 %
C15	± 15 %
C20	± 20 %
C30	± 30 %
C50	± 50 %

Quel coefficient de frottement ? (μ)
Le coefficient de frottement influe sur le serrage. Il dépend de l'état de la vis, des éléments assemblés, des revêtements et lubrification éventuellement utilisés.

Quelle classe de qualité ?
Les caractéristiques mécaniques dépendent de la classe de qualité : choisir le bon tableau !

Couples de serrage (*T*)
Il est exprimé en newton par mètre (Nm).

Quelle précharge ?
Les valeurs de couple appliquées doivent garantir, en fonction des conditions de serrage, une précharge comprise entre :
- une valeur F_0^{max} calculée pour une contrainte équivalente à 90% de la limite d'élasticité R_e de la vis choisie (voir annexe C de la norme NF E 25-030-1 et la norme NF EN ISO 16047),
- et une valeur F_0^{min} fonction de la précision du moyen de serrage utilisé et de la variation du coefficient de frottement.

F_0^{min} doit être choisi afin que $F_0^{min} \geq F_A^{max} + \frac{F_t^{max}}{\mu_p^{min}}$

(F_A^{max} étant la force extérieure axiale maximale, F_t^{max} la force transversale maximale et μ_p^{min} le coefficient de frottement minimal au plan de joint).

Visserie en acier inoxydable

Pour ce type de fixation, il faut se reporter à la norme NF E25-035-1 qui reprend la norme annulée de 1995 et la complète en spécifiant les méthodes d'essais couple/tension et aptitude au serrage. Ce document est essentiellement destiné à répondre aux problèmes de serrage pouvant être rencontrés dans les assemblages par fixations en acier inoxydable en définissant une méthode d'essai et de contrôle permettant d'obtenir un rapport couple/tension maîtrisé. Ces essais devant être réalisés pour chaque assemblage réel ou produits finis afin de déterminer le couple à appliquer.

Cela concerne les fixations qui ont fait l'objet d'une finition lubrifiante et maîtrisée.

La norme NF E25-035-2 reprend les caractéristiques fonctionnelles, méthodes d'essais de couple/tension, d'autofreinage et de charge d'épreuve pour les écrous autofreinés en acier inoxydable.

16-1 **Couples de serrage pour visserie 6.8**

Classe 6.8													
d	précision de serrage	$\Delta\mu = 0{,}06–0{,}09$			$\Delta\mu = 0{,}08–0{,}14$			$\Delta\mu = 0{,}12–0{,}18$			$\Delta\mu = 0{,}2–0{,}4$		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
5	C10	2,37	3341	5571	2,85	2778	5386	3,68	2873	4992	4,86	1821	4227
	C15	2,27	3018	5571	2,73	2510	5386	3,52	2596	4992	4,65	1645	4227
	C20	2,18	2722	5571	2,62	2264	5386	3,37	2341	4992	4,46	1484	4227
	C30	2,01	2199	5571	2,41	1828	5386	3,11	1891	4992	4,12	1198	4227
	C50	1,74	1361	5571	2,09	1132	5386	2,70	1171	4992	3,57	742	4227
6	C10	4,1	4718	7857	5,0	3922	7592	6,4	4052	7034	8,4	2567	5954
	C15	3,9	4262	7857	4,7	3543	7592	6,1	3660	7034	8,1	2319	5954
	C20	3,8	3844	7857	4,5	3196	7592	5,8	3302	7034	7,7	2092	5954
	C30	3,5	3105	7857	4,2	2581	7592	5,4	2667	7034	7,1	1689	5954
	C50	3,0	1922	7857	3,6	1598	7592	4,7	1651	7034	6,2	1046	5954
8	C10	9,9	8604	14396	12,0	7154	13922	15,5	7416	12913	20,5	4702	10941
	C15	9,5	7773	14396	11,4	6463	13922	14,8	6699	12913	19,6	4248	10941
	C20	9,1	7010	14396	11,0	5829	13922	14,2	6043	12913	18,8	3831	10941
	C30	8,4	5662	14396	10,1	4708	13922	13,1	4881	12913	17,4	3095	10941
	C50	7,3	3505	14396	8,8	2914	13922	11,4	3021	12913	15,1	1916	10941
10	C10	20	13646	22897	24	11348	22154	31	11788	20562	41	7479	17434
	C15	19	12328	22897	23	10252	22154	29	10649	20562	39	6756	17434
	C20	18	11119	22897	22	9247	22154	28	9605	20562	37	6094	17434
	C30	17	8981	22897	20	7468	22154	26	7758	20562	34	4922	17434
	C50	14	5560	22897	17	4623	22154	22	4803	20562	30	3047	17434
12	C10	34	19859	33360	41	16518	32287	53	17176	29982	70	10902	25431
	C15	32	17940	33360	39	14922	32287	51	15516	29982	67	9849	25431
	C20	31	16181	33360	37	13459	32287	48	13995	29982	65	8883	25431
	C30	28	13070	33360	34	10871	32287	45	11304	29982	60	7175	25431
	C50	25	8091	33360	30	6730	32287	39	6998	29982	52	4441	25431
14	C10	53	27115	45617	65	22561	44171	84	23494	41050	112	14929	34859
	C15	51	24495	45617	62	20381	44171	81	21224	41050	108	13487	34859
	C20	49	22094	45617	59	18383	44171	77	19144	41050	103	12165	34859
	C30	45	17845	45617	55	14848	44171	71	15462	41050	95	9825	34859
	C50	39	11047	45617	47	9191	44171	62	9572	41050	82	6082	34859
16	C10	82	37015	62831	100	30808	60908	131	32269	56692	176	20526	48192
	C15	78	33439	62831	95	27832	60908	125	29151	56692	169	18543	48192
	C20	75	30161	62831	91	25103	60908	120	26293	56692	162	16725	48192
	C30	69	24361	62831	84	20275	60908	111	21237	56692	149	13509	48192
	C50	60	15080	62831	73	12551	60908	96	13147	56692	129	8362	48192
18	C10	114	45266	76314	139	37665	73913	181	39276	68713	242	24963	58363
	C15	109	40893	76314	133	34026	73913	173	35481	68713	232	22551	58363
	C20	105	36883	76314	127	30690	73913	166	32003	68713	222	20340	58363
	C30	97	29790	76314	117	24788	73913	153	25848	68713	205	16428	58363
	C50	84	18442	76314	102	15345	73913	133	16001	68713	178	10170	58363

16-1 **Couples de serrage pour visserie 6.8** (suite)

Classe 6.8													
d	précision de serrage	$\Delta\mu$ = 0,06–0,09			$\Delta\mu$ = 0,08–0,14			$\Delta\mu$ = 0,12–0,18			$\Delta\mu$ = 0,2–0,4		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
20	C10	160	57766	98066	195	48081	95070	256	50371	88503	345	32049	75252
	C15	153	52184	98066	186	43436	95070	245	45504	88503	330	28952	75252
	C20	146	47068	98066	179	39177	95070	235	41043	88503	316	26114	75252
	C30	135	38017	98066	165	31643	95070	217	33150	88503	292	21092	75252
	C50	117	23534	98066	143	19589	95070	188	20522	88503	253	13057	75252
22	C10	216	71425	122021	265	59484	118416	350	62606	110420	475	39909	94063
	C15	206	64524	122021	253	53737	118416	335	56557	110420	454	36053	94063
	C20	198	58199	122021	243	48468	118416	321	51012	110420	435	32518	94063
	C30	182	47007	122021	224	39147	118416	296	41202	110420	402	26265	94063
	C50	158	29099	122021	194	24234	118416	257	25506	110420	348	16259	94063
24	C10	275	83251	141284	335	69294	136964	441	72578	127495	593	46173	108394
	C15	263	75207	141284	321	62599	136964	421	65566	127495	567	41712	108394
	C20	252	67834	141284	307	56462	136964	404	59138	127495	544	37622	108394
	C30	233	54789	141284	284	45604	136964	373	47765	127495	502	30387	108394
	C50	202	33917	141284	246	28231	136964	323	29569	127495	435	18811	108394
27	C10	399	108206	185063	490	90124	179629	649	94931	167545	880	60531	142761
	C15	381	97751	185063	469	81417	179629	621	85758	167545	842	54682	142761
	C20	365	88168	185063	449	73435	179629	595	77351	167545	807	49321	142761
	C30	337	71213	185063	414	59313	179629	549	62476	167545	745	39836	142761
	C50	292	44084	185063	359	36717	179629	476	38675	167545	646	24661	142761
30	C10	545	132235	225518	668	110102	218778	883	115716	203881	1193	73706	173543
	C15	521	119459	225518	639	99464	218778	844	104536	203881	1142	66584	173543
	C20	500	107747	225518	613	89713	218778	809	94287	203881	1094	60057	173543
	C30	461	87027	225518	565	72460	218778	747	76155	203881	1010	48507	173543
	C50	400	53874	225518	490	44856	218778	647	47144	203881	875	30028	173543
33	C10	730	163557	280441	900	136248	272298	1195	143756	254103	1625	91699	216595
	C15	699	147754	280441	861	123084	272298	1143	129866	254103	1554	82839	216595
	C20	670	133269	280441	825	111017	272298	1096	117134	254103	1490	74718	216595
	C30	618	107640	280441	761	89668	272298	1011	94608	254103	1375	60349	216595
	C50	536	66634	280441	660	55508	272298	876	58567	254103	1192	37359	216595
36	C10	944	192600	329352	1160	160407	319661	1536	168928	298118	2083	107688	253959
	C15	903	173991	329352	1109	144909	319661	1469	152606	298118	1993	97283	253959
	C20	865	156933	329352	1063	130702	319661	1408	137645	298118	1910	87745	253959
	C30	799	126754	329352	981	105567	319661	1300	111175	298118	1763	70871	253959
	C50	692	78467	329352	850	65351	319661	1127	68822	298118	1528	43873	253959
39	C10	1212	229940	395069	1495	191581	383714	1991	202431	358251	2712	129200	305536
	C15	1159	207724	395069	1430	173071	383714	1904	182872	358251	2594	116717	305536
	C20	1111	187359	395069	1371	156103	383714	1825	164944	358251	2486	105274	305536
	C30	1025	151328	395069	1265	126083	383714	1684	133224	358251	2294	85029	305536
	C50	889	93679	395069	1097	78051	383714	1460	82472	358251	1989	52637	305536

16-2 Couples de serrage pour visserie 8.8

Classe 8.8													
d	précision de serrage	$\Delta\mu = 0{,}06–0{,}09$			$\Delta\mu = 0{,}08–0{,}14$			$\Delta\mu = 0{,}12–0{,}18$			$\Delta\mu = 0{,}2–0{,}4$		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
5	C10	3,17	4455	7428	3,80	3704	7181	4,90	3831	6656	6,49	2428	5636
	C15	3,03	4024	7428	3,64	3346	7181	469	3461	6656	6,20	2193	5636
	C20	2,90	3630	7428	3,49	3018	7181	4,50	3122	6656	5,95	1978	5636
	C30	2,68	2932	7428	3,22	2438	7181	4,15	2521	6656	5,49	1598	5636
	C50	2,32	1815	7428	2,79	1509	7181	3,60	1561	6656	4,76	989	5636
6	C10	5,51	6291	10476	6,61	5229	10123	8,50	5403	9378	11,23	3423	7939
	C15	5,27	5683	10476	6,32	4724	10123	8,13	4881	9378	10,74	3092	7939
	C20	5,05	5126	10476	6,06	4261	10123	7,79	4402	9378	10,29	2789	7939
	C30	4,66	4140	10476	5,59	3441	10123	7,19	3556	9378	9,50	2252	7939
	C50	4,04	2563	10476	4,84	2130	10123	6,23	2201	9378	8,24	1394	7939
8	C10	13	11472	19195	16	9538	18563	21	9888	17217	27	6270	14588
	C15	13	10363	19195	15	8617	18563	20	8933	17217	26	5664	14588
	C20	12	9347	19195	15	7772	18563	19	8057	17217	25	5109	14588
	C30	11	7550	19195	13	6277	18563	17	6507	17217	23	4126	14588
	C50	10	4674	19195	12	3886	18563	15	4028	17217	20	2554	14588
10	C10	26	18195	30530	31	15131	29539	41	15717	27416	54	9972	23245
	C15	25	16437	30530	30	13669	29539	39	14199	27416	52	9008	23245
	C20	24	14825	30530	29	12329	29539	37	12807	27416	50	8125	23245
	C30	22	11974	30530	27	9958	29539	35	10344	27416	46	6563	23245
	C50	19	7413	30530	23	6164	29539	30	6403	27416	40	4063	23245
12	C10	45	26479	44480	54	22024	43050	70	22901	39976	94	14536	33908
	C15	43	23920	44480	52	19896	43050	67	20688	39976	90	13131	33908
	C20	41	21575	44480	50	17946	43050	65	18660	39976	86	11844	33908
	C30	38	17426	44480	46	14495	43050	60	15072	39976	79	9566	33908
	C50	33	10788	44480	40	8973	43050	52	9330	39976	69	5922	33908
14	C10	71	36153	60823	86	30081	58894	112	31326	54733	150	19906	46479
	C15	68	32660	60823	82	27174	58894	107	28299	54733	143	17983	46479
	C20	65	29458	60823	79	24510	58894	103	25525	54733	137	16220	46479
	C30	60	23793	60823	73	19797	58894	95	20616	54733	127	13100	46479
	C50	52	14729	60823	63	12255	58894	82	12762	54733	110	8110	46479
16	C10	109	49354	83775	133	41078	81210	175	43025	75590	235	27368	64256
	C15	104	44585	83775	127	37109	81210	167	38868	75590	225	24724	64256
	C20	100	40214	83775	122	33471	81210	160	35057	75590	215	22300	64256
	C30	92	32481	83775	112	27034	81210	148	28316	75590	199	18011	64256
	C50	80	20107	83775	97	16735	81210	128	17529	75590	172	11150	64256
18	C10	157	62241	104932	191	51789	101630	249	54004	94481	333	34324	80249
	C15	150	56227	104932	182	46785	101630	238	48787	94481	319	31007	80249
	C20	144	50715	104932	175	42198	101630	228	44004	94481	305	27967	80249
	C30	133	40962	104932	161	34083	101630	211	35541	94481	282	22589	80249
	C50	115	25357	104932	140	21099	101630	183	22002	94481	244	13984	80249

16-2 **Couples de serrage pour visserie 8.8** (suite)

Classe 8.8													
d	précision de serrage	$\Delta\mu$ = 0,06–0,09			$\Delta\mu$ = 0,08–0,14			$\Delta\mu$ = 0,12–0,18			$\Delta\mu$ = 0,2–0,4		
		T	F_0min	F_0max	T	F_0min	F_0max	T	F_0min	F_0max	T	F_0min	F_0max
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
20	C10	219	79428	134841	268	66112	130722	352	69260	121692	474	44067	103472
	C15	210	71754	134841	256	59724	130722	337	62568	121692	454	39809	103472
	C20	201	64719	134841	246	53869	130722	323	56434	121692	435	35906	103472
	C30	186	52273	134841	227	43510	130722	298	45581	121692	401	29001	103472
	C50	161	32359	134841	196	26934	130722	258	28217	121692	348	17953	103472
22	C10	296	98210	167779	364	81790	162822	482	86083	151827	653	54875	129337
	C15	284	88721	167779	348	73888	162822	461	77766	151827	624	49573	129337
	C20	272	80023	167779	334	66644	162822	442	70142	151827	598	44713	129337
	C30	251	64634	167779	308	53828	162822	408	56653	151827	552	36114	129337
	C50	217	40011	167779	267	33322	162822	353	35071	151827	479	22356	129337
24	C10	378	114470	194265	461	95279	188325	606	99795	175305	815	63487	149042
	C15	361	103410	194265	441	86074	188325	580	90153	175305	780	57353	149042
	C20	346	93272	194265	423	77635	188325	555	81314	175305	747	51731	149042
	C30	320	75335	194265	390	62705	188325	513	65677	175305	690	41782	149042
	C50	277	46636	194265	338	38817	188325	444	40657	175305	598	25865	149042
27	C10	548	148783	254462	674	123921	246989	892	130529	230374	1211	83229	196297
	C15	524	134408	254462	644	111948	246989	854	117918	230374	1158	75188	196297
	C20	502	121231	254462	617	100973	246989	818	106357	230374	1110	67817	196297
	C30	464	97917	254462	570	81555	246989	755	85904	230374	1024	54775	196297
	C50	402	60615	254462	494	50486	246989	654	53179	230374	888	33908	196297
30	C10	750	181823	310087	919	151390	300820	1213	159110	280337	1641	101346	238621
	C15	717	164256	310087	879	136763	300820	1161	143737	280337	1570	91554	238621
	C20	687	148152	310087	842	123355	300820	1112	129645	280337	1504	82578	238621
	C30	634	119661	310087	777	99633	300820	1027	104713	280337	1389	66697	238621
	C50	550	74076	310087	674	61677	300820	890	64823	280337	1203	41289	238621
33	C10	1004	224891	385607	1237	187341	374410	1643	197664	349392	2234	126086	297818
	C15	961	203162	385607	1183	169241	374410	1572	178566	349392	2137	113904	297818
	C20	921	183244	385607	1134	152648	374410	1506	161060	349392	2048	102737	297818
	C30	850	148005	385607	1047	123293	374410	1391	130087	349392	1891	82980	297818
	C50	737	91622	385607	907	76324	374410	1205	80530	349392	1638	51368	297818
36	C10	1298	264825	452859	1595	220560	439534	2112	232276	409912	2864	148070	349194
	C15	1241	239238	452859	1525	199250	439534	2020	209834	409912	2740	133764	349194
	C20	1190	215783	452859	1462	179716	439534	1936	189262	409912	2626	120650	349194
	C30	1098	174287	452859	1349	145155	439534	1787	152865	409912	2424	97448	349194
	C50	952	107892	452859	1169	89858	439534	1549	94631	409912	2101	60325	349194
39	C10	1666	316168	543220	2056	263424	527607	2737	278343	492594	3728	177651	420112
	C15	1594	285620	543220	1967	237972	527607	2618	251450	492594	3566	160486	420112
	C20	1527	257618	543220	1885	214642	527607	2509	226798	492594	3418	144752	420112
	C30	1410	208076	543220	1740	173364	527607	2316	183183	492594	3155	116915	420112
	C50	1222	128809	543220	1508	107321	527607	2007	113399	492594	2734	72376	420112

16-3 Couples de serrage pour visserie 10.9

Classe 10.9													
d	précision de serrage	$\Delta\mu = 0{,}06–0{,}09$			$\Delta\mu = 0{,}08–0{,}14$			$\Delta\mu = 0{,}12–0{,}18$			$\Delta\mu = 0{,}2–0{,}4$		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
5	C10	4,65	6543	10910	5,59	5440	10547	7,20	5627	9777	9,53	3566	8278
	C15	4,45	5911	10910	5,34	4915	10547	6,89	5083	9777	9,11	3221	8278
	C20	4,26	5331	10910	5,12	4433	10547	6,60	4585	9777	8,73	2905	8278
	C30	3,93	4306	10910	4,73	3580	10547	6,09	3703	9777	8,06	2347	8278
	C50	3,41	2666	10910	4,10	2216	10547	5,28	2293	9777	6,99	1453	8278
6	C10	8,09	9239	15386	9,70	7680	14868	12,49	7935	13775	16,49	5027	11660
	C15	7,73	8347	15386	9,28	6938	14868	11,94	7168	13775	15,78	4541	11660
	C20	7,41	7528	15386	8,89	6258	14868	11,45	6466	13775	15,12	4096	11660
	C30	6,84	6081	15386	8,21	5055	14868	10,57	5222	13775	13,96	3308	11660
	C50	5,93	3764	15386	7,12	3129	14868	9,16	3233	13775	12,10	2048	11660
8	C10	19	16849	28193	23	14009	27265	30	14523	25288	40	9209	21427
	C15	19	15221	28193	22	12656	27265	29	13120	25288	38	8319	21427
	C20	18	13729	28193	21	11415	27265	28	11834	25288	37	7503	21427
	C30	16	11089	28193	20	9220	27265	26	9558	25288	34	6060	21427
	C50	14	6864	28193	17	5708	27265	22	5917	25288	30	3752	21427
10	C10	38	26724	44841	46	22224	43385	60	23085	40268	80	14646	34141
	C15	37	24142	44841	44	20076	43385	57	20855	40268	76	13231	34141
	C20	35	21775	44841	42	18108	43385	55	18810	40268	73	11934	34141
	C30	32	17587	44841	39	14626	43385	51	15193	40268	67	9639	34141
	C50	28	10887	44841	34	9054	43385	44	9405	40268	58	5967	34141
12	C10	66	38890	65330	80	32348	63230	103	33636	58714	138	21349	49802
	C15	63	35133	65330	76	29223	63230	99	30386	58714	132	19287	49802
	C20	60	31688	65330	73	26358	63230	95	27407	58714	126	17396	49802
	C30	56	25595	65330	67	21289	63230	88	22137	58714	117	14050	49802
	C50	48	15844	65330	58	13179	63230	76	13704	58714	101	8698	49802
14	C10	105	53100	89333	127	44181	86501	165	46010	80389	220	29237	68265
	C15	100	47969	89333	121	39912	86501	158	41564	80389	211	26412	68265
	C20	96	43267	89333	116	35999	86501	151	37489	80389	202	23822	68265
	C30	88	34946	89333	107	29076	86501	140	30280	80389	186	19241	68265
	C50	77	21633	89333	93	18000	86501	121	18745	80389	162	11911	68265
16	C10	160	72488	123044	195	60333	119277	257	63193	111023	345	40197	94377
	C15	153	65485	123044	187	54503	119277	245	57087	111023	330	36313	94377
	C20	147	59065	123044	179	49160	119277	235	51491	111023	317	32753	94377
	C30	135	47706	123044	165	39706	119277	217	41589	111023	292	26454	94377
	C50	117	29532	123044	143	24580	119277	188	25745	111023	253	16376	94377
18	C10	224	88646	149449	272	73760	144746	355	76915	134564	474	48885	114295
	C15	214	80081	149449	260	66634	144746	339	69484	134564	454	44162	114295
	C20	205	72230	149449	249	60101	144746	325	62672	134564	435	39832	114295
	C30	189	58340	149449	230	48543	144746	300	50619	134564	401	32172	114295
	C50	164	36115	149449	199	30050	144746	260	31336	134564	348	19916	114295

16-3 **Couples de serrage pour visserie 10.9** (suite)

Classe 10.9													
d	précision de serrage	$\Delta\mu$ = 0,06–0,09			$\Delta\mu$ = 0,08–0,14			$\Delta\mu$ = 0,12–0,18			$\Delta\mu$ = 0,2–0,4		
		T	F_{0}min	F_{0}max	T	F_{0}min	F_{0}max	T	F_{0}min	F_{0}max	T	F_{0}min	F_{0}max
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
20	C10	313	113124	192046	382	94159	186179	502	98643	173318	675	62762	147369
	C15	299	102194	192046	365	85062	186179	480	89113	173318	646	56698	147369
	C20	287	92175	192046	350	76722	186179	460	80376	173318	619	51139	147369
	C30	264	74449	192046	323	61968	186179	424	64919	173318	571	41305	147369
	C50	229	46088	192046	280	38361	186179	368	40188	173318	495	25570	147369
22	C10	422	139875	238958	518	116489	231898	686	122603	216239	930	78155	184207
	C15	404	126360	238958	496	105234	231898	656	110757	216239	889	70604	184207
	C20	387	113972	238958	475	94917	231898	629	99899	216239	852	63682	184207
	C30	357	92054	238958	439	76664	231898	581	80687	216239	787	51435	184207
	C50	310	56986	238958	380	47458	231898	503	49949	216239	682	31841	184207
24	C10	538	163033	276681	657	135701	268221	863	142132	249677	1161	90422	212271
	C15	515	147281	276681	628	122590	268221	825	128399	249677	1111	81685	212271
	C20	493	132842	276681	602	110571	268221	791	115811	249677	1065	73677	212271
	C30	455	107295	276681	556	89307	268221	730	93540	249677	983	59508	212271
	C50	395	66421	276681	482	55286	268221	633	57906	249677	852	36838	212271
27	C10	781	211903	362415	959	176493	351773	1271	185906	328109	1724	118539	279574
	C15	747	191430	362415	918	159441	351773	1216	167944	328109	1649	107086	279574
	C20	715	172662	362415	879	143809	351773	1165	151479	328109	1580	96587	279574
	C30	660	139458	362415	812	116154	351773	1075	122348	328109	1459	78013	279574
	C50	572	86331	362415	703	71905	351773	932	75739	328109	1264	48294	279574
30	C10	1068	258960	441639	1309	215616	428440	1728	226611	399268	2337	144341	339854
	C15	1021	233940	441639	1252	194783	428440	1653	204716	399268	2236	130395	339854
	C20	979	211005	441639	1200	175687	428440	1584	184646	399268	2142	117611	339854
	C30	903	170427	441639	1107	141901	428440	1462	149137	399268	1978	94993	339854
	C50	783	105502	441639	960	87844	428440	1267	92323	399268	1714	58805	339854
33	C10	1431	320299	549198	1762	266819	533250	2341	281521	497618	3182	179577	424166
	C15	1368	289352	549198	1685	241040	533250	2239	254321	497618	3044	162227	424166
	C20	1311	260984	549198	1615	217408	533250	2146	229388	497618	2917	146322	424166
	C30	1210	210795	549198	1491	175599	533250	1981	185275	497618	2693	118183	424166
	C50	1049	130492	549198	1292	108704	533250	1716	114694	497618	2334	73161	424166
36	C10	1848	377175	644981	2271	314131	626003	3008	330817	583815	4080	210888	497337
	C15	1768	340733	644981	2172	283780	626003	2878	298854	583815	3902	190512	497337
	C20	1694	307328	644981	2082	255959	626003	2758	269555	583815	3740	171835	497337
	C30	1564	248226	644981	1922	206736	626003	2546	217717	583815	3452	138790	497337
	C50	1355	153664	644981	1666	127979	626003	2206	134777	583815	2992	85917	497337
39	C10	2373	450300	773676	2928	375179	751440	3898	396427	701574	5310	253018	598341
	C15	2270	406792	773676	2801	338930	751440	3729	358125	701574	5079	228571	598341
	C20	2175	366911	773676	2684	305702	751440	3573	323015	701574	4868	206162	598341
	C30	2008	296351	773676	2478	246913	751440	3298	260897	701574	4493	166516	598341
	C50	1740	183455	773676	2147	152851	751440	2859	161507	701574	3894	103081	598341

16-4 Couples de serrage pour visserie 12.9

Classe 12.9													
d	précision de serrage	$\Delta\mu = 0{,}06–0{,}09$			$\Delta\mu = 0{,}08–0{,}14$			$\Delta\mu = 0{,}12–0{,}18$			$\Delta\mu = 0{,}2–0{,}4$		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
5	C10	5,4	7657	12767	6,5	6366	12343	8,4	6585	11441	11,1	4173	9687
	C15	5,2	6917	12767	6,3	5751	12343	8,1	5949	11441	10,7	3769	9687
	C20	5,0	6239	12767	6,0	5187	12343	7,7	5366	11441	10,2	3400	9687
	C30	4,6	5039	12767	5,5	4190	12343	7,1	4334	11441	9,4	2746	9687
	C50	4,0	3119	12767	4,8	2594	12343	6,2	2683	11441	8,2	1700	9687
6	C10	9,5	10812	18005	11,4	8988	17399	14,6	9286	16119	19,3	5883	13645
	C15	9,1	9767	18005	10,9	8119	17399	14,0	8389	16119	18,5	5314	13645
	C20	8,7	8810	18005	10,4	7323	17399	13,4	7566	16119	17,7	4793	13645
	C30	8,0	7116	18005	9,6	5915	17399	12,4	6111	16119	16,3	3871	13645
	C50	6,9	4405	18005	8,3	3662	17399	10,7	3783	16119	14,2	2397	13645
8	C10	23	19717	32992	27	16394	31905	35	16995	29592	47	10776	25074
	C15	22	17812	32992	26	14810	31905	34	15353	29592	45	9735	25074
	C20	21	16066	32992	25	13358	31905	33	13848	29592	43	8780	25074
	C30	19	12976	32992	23	10789	31905	30	11185	29592	40	7092	25074
	C50	17	8033	32992	20	6679	31905	26	6924	29592	35	4390	25074
10	C10	45	31272	52473	54	26006	50770	70	27014	47122	93	17139	39952
	C15	43	28251	52473	52	23494	50770	67	24404	47122	89	15483	39952
	C20	41	25481	52473	50	21190	50770	64	22012	47122	86	13965	39952
	C30	38	20581	52473	46	17115	50770	59	17779	47122	79	11280	39952
	C50	33	12741	52473	40	10595	50770	51	11006	47122	68	6983	39952
12	C10	77	45510	76450	93	37854	73992	121	39361	68708	161	24983	58279
	C15	74	41113	76450	89	34197	73992	116	35558	68708	154	22570	58279
	C20	71	37082	76450	85	30844	73992	111	32072	68708	148	20357	58279
	C30	65	29951	76450	79	24913	73992	102	25904	68708	136	16442	58279
	C50	56	18541	76450	68	15422	73992	89	16036	68708	118	10178	58279
14	C10	122	62138	104539	148	51701	101224	193	53841	94072	258	34213	79885
	C15	117	56134	104539	142	46706	101224	185	48639	94072	247	30907	79885
	C20	112	50631	104539	136	42127	101224	177	43871	94072	236	27877	79885
	C30	104	40894	104539	125	34026	101224	163	35434	94072	218	22516	79885
	C50	90	25316	104539	109	21063	101224	142	21935	94072	189	13939	79885
16	C10	187	84827	143988	228	70602	139580	300	73949	129920	404	47039	110441
	C15	179	76631	143988	219	63781	139580	287	66804	129920	386	42494	110441
	C20	172	69118	143988	209	57528	139580	275	60255	129920	370	38328	110441
	C30	158	55826	143988	193	46465	139580	254	48668	129920	342	30957	110441
	C50	137	34559	143988	168	28764	139580	220	30128	129920	296	19164	110441
18	C10	262	103735	174887	318	86315	169384	415	90007	157468	555	57206	133749
	C15	251	93712	174887	304	77975	169384	397	81311	157468	531	51679	133749
	C20	240	84525	174887	291	70331	169384	380	73339	157468	509	46612	133749
	C30	222	68270	174887	269	56806	169384	351	59236	157468	470	37649	133749
	C50	192	42262	174887	233	35165	169384	304	36670	157468	407	23306	133749

16-4 **Couples de serrage pour visserie 12.9** (suite)

Classe 12.9													
d	précision de serrage	$\Delta\mu$ = 0,06–0,09			$\Delta\mu$ = 0,08–0,14			$\Delta\mu$ = 0,12–0,18			$\Delta\mu$ = 0,2–0,4		
		T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$	T	$F0^{min}$	$F0^{max}$
		N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N	N.m	N	N
20	C10	366	132380	224735	447	110186	217869	587	115434	202819	790	73445	172453
	C15	350	119589	224735	427	99540	217869	561	104281	202819	756	66349	172453
	C20	335	107865	224735	409	89782	217869	538	94057	202819	724	59844	172453
	C30	310	87122	224735	378	72516	217869	497	75969	202819	669	48335	172453
	C50	268	53932	224735	327	44891	217869	430	47029	202819	579	29922	172453
22	C10	494	163683	279632	607	136317	271370	803	143471	253045	1088	91458	215562
	C15	473	147869	279632	580	123146	271370	768	129609	253045	1041	82622	215562
	C20	453	133372	279632	556	111073	271370	736	116903	253045	997	74521	215562
	C30	418	107723	279632	513	89713	271370	679	94421	253045	921	60190	215562
	C50	362	66686	279632	445	55537	271370	589	58451	253045	798	37261	215562
24	C10	630	190783	323775	769	158799	313875	1010	166324	292176	1359	105812	248403
	C15	602	172350	323775	735	143456	313875	966	150254	292176	1300	95589	248403
	C20	577	155453	323775	705	129392	313875	926	135524	292176	1246	86218	248403
	C30	533	125558	323775	650	104509	313875	854	109461	292176	1150	69637	248403
	C50	462	77727	323775	564	64696	313875	741	67762	292176	997	43109	248403
27	C10	913	247972	424103	1123	206535	411649	1487	217549	383957	2018	138716	327162
	C15	874	224013	424103	1074	186580	411649	1423	196530	383957	1930	125313	327162
	C20	837	202051	424103	1029	168288	411649	1363	177262	383957	1849	113028	327162
	C30	773	163195	424103	950	135925	411649	1258	143173	383957	1707	91292	327162
	C50	670	101026	424103	823	84144	411649	1091	88631	383957	1480	56514	327162
30	C10	1249	303039	516812	1531	252316	501366	2022	265183	467228	2735	168909	397702
	C15	1195	273760	516812	1465	227938	501366	1934	239562	467228	2616	152589	397702
	C20	1145	246920	516812	1404	205591	501366	1854	216075	467228	2507	137630	397702
	C30	1057	199436	516812	1296	166054	501366	1711	174522	467228	2314	111162	397702
	C50	916	123460	516812	1123	102796	501366	1483	108038	467228	2006	68815	397702
33	C10	1674	374818	642678	2062	312235	624016	2739	329440	582319	3724	210144	496364
	C15	1601	338604	642678	1972	282068	624016	2620	297610	582319	3562	189840	496364
	C20	1535	305407	642678	1890	254414	624016	2511	268433	582319	3413	171228	496364
	C30	1416	246675	642678	1745	205488	624016	2318	216811	582319	3151	138300	496364
	C50	1228	152704	642678	1512	127207	624016	2009	134216	582319	2731	85614	496364
36	C10	2163	441375	754766	2658	367600	732556	3520	387127	683187	4774	246784	581990
	C15	2069	398730	754766	2542	332083	732556	3367	349723	683187	4566	222940	581990
	C20	1983	359639	754766	2436	299526	732556	3227	315436	683187	4376	201083	581990
	C30	1830	290478	754766	2249	241925	732556	2979	254776	683187	4040	162413	581990
	C50	1586	179819	754766	1949	149763	732556	2582	157718	683187	3501	100542	581990
39	C10	2777	526946	905366	3427	439040	879345	4562	463904	820991	6214	296084	700186
	C15	2656	476034	905366	3278	396620	879345	4363	419083	820991	5944	267477	700186
	C20	2546	429364	905366	3141	357736	879345	4182	377996	820991	5696	241254	700186
	C30	2350	346794	905366	2900	288941	879345	3860	305305	820991	5258	194859	700186
	C50	2036	214682	905366	2513	178868	879345	3345	188998	820991	4557	120627	700186

16-5 **Couples de serrage pour visserie inox - Classe 50**

Précision de serrage C10 (+/- 10% sur le couple appliqué)								
Classe 50								
d	Δ µ = 0,06-0,09		Δ µ = 0,08-0,14		Δ µ = 0,12-0,18		Δ µ = 0,2-0,4	
	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max
	N.m	N	N.m	N	N.m	N	N.m	N
5	1,1	2433	1,3	2352	1,7	2180	2,2	1847
6	1,9	3438	2,2	3322	2,9	3077	3,8	2604
8	4,4	6295	5,4	6088	6,9	5646	9,2	4784
10	9	10010	11	9685	14	8989	18	7621
12	15	14581	18	14112	23	13105	31	11116
14	24	20009	29	19371	37	17994	50	15269
16	36	27422	44	26586	58	24751	78	21048
18	50	33437	62	32380	80	30094	107	25549
20	71	42848	86	41540	114	38674	153	32888
22	96	53415	118	51833	156	48325	211	41156
24	122	61701	149	59818	196	55690	264	47359
27	177	80981	217	78599	289	73304	392	62449
30	242	98545	297	95602	393	89099	531	75850
33	234	122555	400	118999	532	111054	725	94672
36	418	143967	515	139732	682	130318	926	111021
39	540	172707	667	167744	889	156615	1212	133575

16-6 **Couples de serrage pour visserie inox - Classe 70**

Précision de serrage C10 (+/- 10% sur le couple appliqué)								
Classe 70								
d	Δ µ = 0,06-0,09		Δ µ = 0,08-0,14		Δ µ = 0,12-0,18		Δ µ = 0,2-0,4	
	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max
	N.m	N	N.m	N	N.m	N	N.m	N
5	2,3	5214	2,8	5041	3,6	4673	4,8	3958
6	4,0	7368	4,8	7119	6,2	6595	8,2	5581
8	9,5	13491	11,5	13046	14,9	12100	19,7	10252
10	19	21450	23	20754	29	19262	39	16332
12	32	31246	39	30241	50	28082	67	23821
14	51	42878	62	41509	80	38560	107	32721
16	78	58763	95	56970	125	53038	168	45104
18	109	71651	132	69387	172	64488	230	54748
20	151	91817	185	89015	243	82873	328	70476
22	205	114461	253	111070	335	103554	454	88191
24	262	132217	320	128182	421	119337	567	101485
27	379	173532	467	168427	619	157080	840	133820
30	519	211168	636	204863	841	190926	1139	162537
33	696	262618	858	254998	1140	237973	1553	202870
36	897	308502	1102	299427	1461	279254	1984	237903
39	1157	370088	1430	359453	1905	335604	2598	286233

16-7 **Couples de serrage pour visserie inox - Classe 80**

Précision de serrage C10 (+/- 10% sur le couple appliqué)								
Classe 80								
d	Δ µ = 0,06-0,09		Δ µ = 0,08-0,14		Δ µ = 0,12-0,18		Δ µ = 0,2-0,4	
	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max
	N.m	N	N.m	N	N.m	N	N.m	N
5	3,1	6952	3,7	6721	4,8	6231	6,3	5277
6	5,3	9824	6,4	9492	8,2	8793	10,9	7441
8	12,7	17988	15,3	17395	19,8	16133	26,3	13669
10	25	28600	30	27672	39	25683	52	21776
12	43	41661	51	40322	67	37443	89	31762
14	68	57171	82	55346	107	51414	143	43628
16	103	78351	126	75960	166	70718	224	60139
18	145	95535	176	92516	229	85984	307	72998
20	202	122423	247	118687	325	110497	437	93968
22	274	152614	337	148094	446	138072	605	117588
24	349	176290	426	170910	561	156116	756	135314
27	506	231376	622	224570	825	209440	1119	178427
30	692	281557	849	273150	1122	254568	1518	216716
33	928	350158	1144	339998	1521	317297	2070	270493
36	1196	411336	1470	399236	1949	372339	2645	317204
39	1543	493451	1906	479270	2540	447472	3463	381645

16-8 **Couples de serrage pour visserie inox - Classe 100**

Précision de serrage C10 (+/- 10% sur le couple appliqué)								
Classe 100								
d	Δ µ = 0,06-0,09		Δ µ = 0,08-0,14		Δ µ = 0,12-0,18		Δ µ = 0,2-0,4	
	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max	T	F_0 max
	N.m	N	N.m	N	N.m	N	N.m	N
5	4,1	9270	4,9	8962	6,4	8308	8,4	7036
6	7,1	13098	8,5	12656	10,9	11724	14,5	9922
8	16,9	23984	20,4	23193	26,4	21511	35,1	18225
10	33	38134	40	36896	52	34244	69	29035
12	57	55548	68	53763	89	49925	119	42350
14	90	76228	110	73795	143	68552	191	58170
16	138	104468	168	101280	222	94291	299	80186
18	193	127380	234	123355	306	114645	409	97330
20	269	163231	329	158250	433	147330	583	125290
22	366	203486	449	197459	595	184097	807	156785
24	465	235053	568	227880	748	212155	1007	180418
27	675	308502	830	299427	1100	279254	1493	237903
30	922	375410	1131	364201	1496	339424	2025	288955
33	1237	466878	1526	453331	2028	423063	2760	360658
36	1594	548449	1960	532314	2599	496452	3526	422939
39	2058	657934	2542	639027	3387	596629	4618	508860

17 Caractéristiques mécaniques et physiques de la visserie et les matériaux associés

Visserie en acier au carbone et en acier allié

Vis, goujons et tiges. Filetage M1,6 à M39 pas gros et M8x1,00 à M39x3 pas fins

IMPORTANT : les valeurs indiquées concernant les caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetés en acier au carbone et acier allié sont issues d'essais effectués dans une plage de température comprise entre 10 et 35°C.

17-1 **Caractéristiques mécaniques à température ambiante (10°C à 35°C)**

Abréviation	Désignation	Unité	Acier non traité		Acier traité							
			ISO 898-1		ISO 898-1				ISO 898-5		ASTM A 193	
Cl	Classe de qualité (ou grade)		4.6 [7]	6.8 [7]	8.8		10.9	12.9 - 12.9	33H [2]	45H [2]	B7	B16
D	Plage de dimension	mm			d ≤ 16 [1]	d > 16 [1]					d ≤ 65	d ≤ 65
$R_{m,\ min}$	Résistance minimale à la traction	MPa	400	600	800	830	1040	1220	-	860		-
$R_{eL,\ min}$	Limite inférieure d'écoulement minimale	MPa	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$R_{pf,\ min}$	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d sur produits entiers	MPa	(3)	480	-	-	-	-	-	-	-	-
$R_{p0,2\ min}$	Limite conventionnelle d'élasticité minimale	MPa			640	660	940	1100	-	-	720	
$S_{p,\ nom}$ / $R_{eL,\ min}$ ou $S_{p,\ nom}$ / $R_{p0,2\ min}$ ou $S_{p,\ nom}$ / $R_{pf,\ min}$	Rapport des contraintes à la charge d'épreuve / limite d'élasticité		0,94	0,92	0,91		0,88		-	-	-	-
Sp	Contrainte à la charge d'épreuve	Mpa	225	440	580	600	830	970	-	-	-	-
A%	Allongement après rupture sur éprouvette	%	-	-	12		9	8	-	-	-	-
Af	Allongement minimal après rupture sur produits entiers	%	-	20	-	-	-	-	-	-	16	18
Z	Réduction minimale de section après rupture	%	-	-	52		48	44	-	-	50	
$T_{ut.\ min}$	Température minimale d'emploi [4]	°C	-	-	–50°C							
$T_{ut.\ max}$	Température maximale d'emploi [5]	°C	150°								+450°C	+500°C
Kv	Résilience minimale à –20°	J	-	-	27			(3)	-	-	-	-
HV	Dureté de surface maximale en Vickers	Degré HV	120	190	250	255	320	385	440	560	294	204
Divers												
	Principales nuances d'acier habituellement utilisées [6]		Ck22	Ck35	18CD4	35CD4	25CD4	39CD4	30NCD16	35NCD16	42CD4	42CDV4
			S300Pb	Ck45	25CD4	39CD4	35CD4	42CD4	-	-	-	-
			S235JR	A70	34C4		39CD4	35CND6	-	-	-	-
			E360	-	-	-	42CD4	35NCD16	-	-	-	-
	Traitements thermiques		Néant		Trempe et revenu							
	Finition de base		Brut		Brut (souvent bruni) non dégraissé				Brut bruni non dégraissé		Brut non dégraissé	

1. Pour les vis de construction métallique, la limite est fixée à 12 mm au lieu de 16 mm - 2. Pour vis sans tête uniquement. Du fait de l'application, il n'existe pas d'écrou associé et les caractéristiques sont restreintes aux duretés de surface - 3. En cours d'études - 4. Utilisation à des températures inférieures à -50°C : consulter un métallurgiste expérimenté - 5. Pour utilisation à des températures comprises entre 50°C et 300°C, il est conseillé de consulter un métallurgiste expérimenté. L'augmentation de la température engendre une réduction du $R_{p0,2}$ ou du R_{pf} à 0,0048d sur produit fini et une diminution progressive du R_m. - 6. Le choix de la matière est à l'initiative du fabricant, dans la limite de l'obtention des caractéristiques fixées par la norme - 7. L'acier de décolletage est autorisé pour ces classes de qualité à condition que les teneurs en soufre, phosphore et plomb ne dépassent pas les valeurs suivantes : soufre : 0,34% ; phosphore : 0,11% ; plomb : 0,35%.

17-2 Caractéristiques physiques

Abréviation	Désignation	Unité	Acier non traité		Acier traité							
Cl	Classe de qualité (ou grade)	-	4.6	6.8	8.8		10.9	12.9 - 12.9	33H [2]	45H [2]	B7	B16
D	Plage de dimension	mm	-	-	d ≤ 16 [1]	d > 16 [1]	-	-	-	-	d ≤ 65	d ≤ 65
ρ	Densité	10^3 kg/m^3	7,85									
E	Module de Young		207000									
υ	Coefficient de Poisson		0,3									
μ	Coefficient de frottement (montage homogène)		0,10 à 0,25									
	Conductivité thermique	W/m.K	51,9									
α	Coefficient de dilatation thermique linéique à 20°C	K^{-1}	12,3 x 10^{-6}		11,7 x 10^{-6}							
R	Résistivité électrique à 20°C	10^{-9} Ω.m	160									

1. Pour les vis de construction métallique, la limite est fixée à 12 mm au lieu de 16 mm.
2. Pour vis sans tête uniquement. Du fait de l'application, il n'existe pas d'écrou associé et les caractéristiques sont restreintes aux duretés de surface.

Ecrous

17-3 Caractéristiques mécaniques à température ambiante (10°C à 35°C)

Abréviation	Désignation	Unité	Acier non traité		Acier traité					
			ISO 898-2						ASTM A 194	
Cl	Classe de qualité (ou grade)		4 [1]	6 [1]	8		10	12	2H	Grade 4
D	Plage de dimension	mm			d ≤ 16	d > 16			d ≤ 38	d ≤ 65
$S_{p\ min}$	Contrainte à la charge d'épreuve	MPa	-	600 à 720	800 à 880	920	1040 à 1060	1150 à 1200	-	-
HV	Dureté de surface minimale	Degré HV	117 [2]	150	200 [3]	233	272	295	260	
	Dureté de surface maximale	Degré HV	302 [2]	302		353			370	
	Traitements thermiques		Néant			Trempe et revenu				
	Finition de base		Brut		Brut (souvent bruni) non dégraissé				Brut non dégraissé	
	Principales nuances d'acier habituellement utilisées [4]		QSt36-2				Cq35		C45E	45D3
			Cq22				-	Cq45	-	-

1. L'emploi des classes 4 et 6 pour les écrous est limité par l'obsolescence, le marché basculant vers les écrous de classe 8 a minima.
2. Dureté pour diamètres compris entre 16 et 39 mm.
3. Diamètre < M4 : 180HV.
4. Le choix de la matière est à l'initiative du fabricant, dans la limite de l'obtention des caractéristiques fixées par la norme.

Toutes les valeurs sont données à titre indicatif et documentaire ; seule une vérification expérimentale pour l'application envisagée peut valider les valeurs réelles.

Visserie en acier inoxydable et autres matières

Vis, goujons et tiges. Filetage M1,6 à M39 pas gros et M8x1,00 à M39x3 pas fins

IMPORTANT : les valeurs indiquées concernant les caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetés sont issues d'essais effectués dans une plage de température comprise entre 10 et 35°C.

17-4 **Caractéristiques mécaniques à température ambiante (10°C à 35°C)**

Abréviation	Désignation	Unité	Acier inoxydable					Réfractaire	Autres matériaux				
			ISO 3506-1			ASTM A193			ISO 8839				
Cl	Classe de qualité (ou grade)		A2-70	A4-70	A4-80	B8 classe 2		NS 30	CU3		7075	TA6V	PA6.6
	Appellation usuelle de la matière		304	316	316	304		310	Laiton		Aluminium	Titane	Nylon®
D	Plage de dimension	mm	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 20	20 < d ≤ 25	-	d ≤ 6	6 < d ≤ 39			
$R_{m,\,min}$	Résistance minimale à la traction	MPa	700		800	860	790	650	440	370	550	900	80
$R_{eL,\,min}$	Limite inférieure d'écoulement minimale	MPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$R_{p0,2\,min}$	Limite conventionnelle d'élasticité minimale	MPa	450		600	690	550	280	340	250	490	830	40
	Rapport résistance élastique sur densité		56		75	86	69	35	40	29	175	187	35
$T_{ut.\,min}$	Température minimale d'emploi [1]	°C	–200°C	–60°C	-	–200°C		-	-	-	-	-	–40°C
	Perte de résistance – 50°C < T < 10°C	%	10		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Perte de résistance –100°C < T < –50°C	%	40	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$T_{ut.\,max}$	Température maximale d'emploi [1]	°C	400°C (600°C sur demande)			550°C	1000°C	-	-	-	100°C	-	80°C
	Perte de résistance 35°C < T < 100°C	%	15	-	-	15	25	-	-	-	-	-	-
	Perte de résistance 100°C < T < 200°C	%	20	-	-	25	30	-	-	-	-	-	-
	Perte de résistance 200°C < T < 300°C	%	25	-	-	35	40	-	-	-	-	-	-
	Perte de résistance 300°C < T < 400°C	%	30	-	-	40	45	-	-	-	-	-	-
A%	Allongement après rupture sur éprouvette	%	-	-	-	12	15	-	11	19	11	12	250
Af	Allongement minimal après rupture sur produits entiers	D	0,4	0,4	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Z	Réduction minimale de section après rupture	%	-	-	-	35		-	-	-	-	-	-
KU	Résilience minimale	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 à 20	-
HV	Dureté de surface minimale	Degré HV	-	-	-	-	-	-	-	-	160	350	-
HV	Dureté de surface maximale	Degré HV	-	-	-	-	-	-	-	-	180	-	-
Divers													
	Principales nuances d'acier habituellement utilisées [2]		Z2CN18-8	Z2CND17-11		Z6CN18-9		Z12CN 25-20	UZ40Pb		7075	TA6V	PA6.6
			Z6CN18-8	Z6CND17-11				Z8CN25-20	UZ37		-	-	-
			Z6CN18-10	Z2CND 17-12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Z5CN18-11FF	Z24CND 17-11-02FF	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Traitements thermiques		Aucun								Trempe et revenu	-	Aucun
	Finition de base		Brut (souvent décapé et passivé)			Brut							Naturel
	Protections possibles contre la corrosion		-	-	-	-	-	-	-	-	OAI - OABIC	-	-

1. En dehors des limites conventionnelles de température en utilisation (+10°C à + 35°C), il faut tenir compte dans les calculs des variations des caractéristiques mécaniques : une élévation de température importante, même transitoire, peut dégrader définitivement les caractéristiques mécaniques.
2. Le choix de la matière est à l'initiative du fabricant, dans la limite de l'obtention des caractéristiques fixées par la norme.

17-5 Caractéristiques physiques

Abréviation	Désignation	Unité	Acier inoxydable					Réfractaire	Autres matériaux			
			ISO 3506-1			ASTM A193			ISO 8839			
Cl	Classe de qualité (ou grade)		A2-70	A4-70	A4-80	B8 classe 2		NS 30	CU3	7075	TA6V	PA6.6
	Appellation usuelle de la matière		304	316	316	304		310	Laiton	Aluminium	Titane	Nylon®
D	Plage de dimension	mm	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 20	20 < d ≤ 25		d ≤ 6	6 < d ≤ 39		
	Densité	10^3 kg/m^3	8,00						8,50		2,80	4,45	1,14
E	Module de Young		193000					-	97000		72000	112000	2700
	Coefficient de Poisson		0,30					-	0,34		0,33	0,34	0,39
	Coefficient de frottement (montage homogène)		0,10 à 0,40					-	0,10 à 0,40		-	-	-
	Conductivité thermique	W/m.K	16,2	-	-	16,2		-	115,0		130,0	6,7	0,24
α	Coefficient de dilatation thermique linéique à 20°C	K^{-1}	17,2 x 10^{-6}	15,9 x 10^{-6}		17,2 x 10^{-6}		17,0 x 10^{-6}	20,5 x 10^{-6}		23,4 x 10^{-6}	8,6	144
	Résistivité électrique à 20°C	10^{-9} Ω.m	720	740				850	66		52	171	1015
μy	Perméabilité magnétique relative au vide [1]		1,4 à 1,8 [2]	1,01 à 1,10 [2]	1,01 à 1,05 [2]	-		-	-		-	-	-

1. Mesure de l'aptitude à la magnétisation, par rapport au vide considéré comme non magnétique ; plus le rapport est proche de 1, plus la perméabilité est faible.
2. Bien que les aciers inoxydables austénitiques (A2 et A4) soient normalement non magnétiques, une teneur en nickel supérieure à 9% accompagnée d'un écrouissage à froid peut permettre l'apparition de propriétés magnétiques. Sans exigences particulières préalablement signifiées, ce phénomène ne peut être une cause de non-conformité.

Ecrous

17-6 Caractéristiques mécaniques à température ambiante (10°C à 35°C)

Abréviation	Désignation	Unité	Acier inoxydable				Réfractaire	Autres matériaux			
			ISO 3506-2			ASTM A194		ISO 8839			
Cl	Classe de qualité (ou grade)		A2-70	A4-70	A4-80	B8 classe 2	NS 30	CU3	7075	TA6V	PA6.6
	Appellation usuelle de la matière		304	316	316	304	310	Laiton	Aluminium	Titane	Nylon®
D	Plage de dimension	mm	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 24	d ≤ 100	-	-	-	-	-
$S_{p\ min}$	Contrainte à la charge d'épreuve	MPa	700		800	-	-	-	550	900	-
HV	Dureté de surface minimale	Degré HV	-	-	-	133	-	-	-	-	-
	Dureté de surface maximale	Degré HV	-	-	-	316	-	-	-	-	-
	Principales nuances d'acier habituellement utilisées [1]		Z2CN18-8	Z2CND17-11	Z2CND17-11	Z6CN18-9	Z12CN25-20	UZ40Pb	7075	TA6V	PA 6.6
			Z6CN18-8	Z6CND17-11	Z6CND17-11	-	Z8CN25-20	UZ37	-	-	-
	Traitements thermiques		Aucun						Trempe et revenu	-	Aucun
	Finition de base		Brut (souvent décapé et passivé)			Brut					Naturel
	Protections possibles contre la corrosion		-	-	-	-	-	-	OAI - OABIC	-	-

1. Le choix de la matière est à l'initiative du fabricant, dans la limite de l'obtention des caractéristiques fixées par la norme.

Toutes les valeurs sont données à titre indicatif et documentaire ; seule une vérification expérimentale pour l'application envisagée peut valider les valeurs réelles.

18 Tables de conversion des duretés

Tableaux extraits de la norme ISO 18265 (2003)

Conversion dureté-dureté ou dureté-résistance à la traction pour les aciers non alliés ou faiblement alliés et la fonte

18-1

Résistance à la traction R_m (MPa)	Dureté Vickers HV10	Dureté Brinell HB [1]	Dureté Rockwell							
			HRB	HRF	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
255	80	76,0	-	-	-	-	-	-	-	-
270	85	80,7	41,0	-	-	-	-	-	-	-
285	90	85,5	48,0	82,6	-	-	-	-	-	-
305	95	90,2	52,0	-	-	-	-	-	-	-
320	100	95,0	56,2	87,0	-	-	-	-	-	-
335	105	99,8	-	-	-	-	-	-	-	-
350	110	105	62,3	90,5	-	-	-	-	-	-
370	115	109	-	-	-	-	-	-	-	-
385	120	114	66,7	93,6	-	-	-	-	-	-
400	125	119	-	-	-	-	-	-	-	-
415	130	124	71,2	96,4	-	-	-	-	-	-
430	135	128	-	-	-	-	-	-	-	-
450	140	133	75,0	99,0	-	-	-	-	-	-
465	145	138	-	-	-	-	-	-	-	-
480	150	143	78,7	(101,4)	-	-	-	-	-	-
495	155	147	-	-	-	-	-	-	-	-
510	160	152	82,7	(103,6)	-	-	-	-	-	-
530	165	156	-	-	-	-	-	-	-	-
545	170	162	85,0	(105,5)	-	-	-	-	-	-
560	175	166	-	-	-	-	-	-	-	-
575	180	171	87,1	(107,2)	-	-	-	-	-	-
595	185	176	-	-	-	-	-	-	-	-
610	190	181	89,5	(108,7)	-	-	-	-	-	-
625	195	185	-	-	-	-	-	-	-	-
640	200	190	91,5	(110,1)	-	-	-	-	-	-
660	205	195	92,5	-	-	-	-	-	-	-
675	210	199	93,5	(111,3)	-	-	-	-	-	-
690	215	204	94,0	-	-	-	-	-	-	-
705	220	209	95,0	(112,4)	-	-	-	-	-	-
720	225	214	96,0	-	-	-	-	-	-	-
740	230	219	96,7	(113,4)	-	-	-	-	-	-
755	235	223	-	-	-	-	-	-	-	-
770	240	228	98,1	(114,3)	20,3	60,7	40,3	69,6	41,7	19,9

1. Les valeurs de dureté Brinell jusqu'à 450 HB ont été déterminées en utilisant un pénétrateur constitué d'une bille en acier, celles supérieures à cette valeur ont été déterminées avec une bille en carbure.

Note : les valeurs entre parenthèses sont celles se trouvant en dehors de la gamme définie pour la méthode d'essai normalisée mais elles peuvent être utilisées à titre d'estimation.

18-1 (suite)

Résistance à la traction R_m (MPa)	Dureté Vickers HV10	Dureté Brinell HB [1]	Dureté Rockwell							
			HRB	HRF	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
785	245	233	-	-	21,3	61,2	41,1	70,1	42,5	21,1
800	250	238	99,5	(115,1)	22,2	61,6	41,7	70,6	43,4	22,2
820	255	242	-	-	23,1	62,0	42,2	71,1	44,2	23,2
835	260	247	(101)	-	24,0	62,4	43,1	71,6	45,0	24,3
850	265	252	-	-	24,8	62,7	43,7	72,1	45,7	25,2
865	270	257	(102)	-	25,6	63,5	44,9	73,0	47,2	27,1
880	275	261	-	-	26,4	63,5	44,9	73,0	47,2	27,1
900	280	266	(104)	-	27,1	63,8	45,3	73,4	47,8	27,9
915	285	271	-	-	27,8	64,2	46,0	73,8	48,4	28,7
930	290	276	(105)	-	28,5	64,5	46,5	74,2	49,0	29,5
950	295	280	-	-	29,2	64,8	47,1	74,6	49,7	30,4
965	300	285	-	-	29,8	65,2	47,5	74,9	50,2	31,1
995	310	295	-	-	31,0	65,8	48,4	75,6	51,3	32,5
1030	320	304	-	-	32,2	66,4	49,4	76,2	52,3	33,9
1060	330	314	-	-	33,3	67,0	50,2	76,8	53,6	35,2
1095	340	323	-	-	34,4	67,6	51,1	77,4	54,4	36,5
1125	350	333	-	-	35,5	68,1	51,9	78,0	55,4	37,8
1155	360	342	-	-	36,6	68,7	52,8	78,6	56,4	39,1
1190	370	352	-	-	37,7	69,2	53,6	79,2	57,4	40,4
1220	380	361	-	-	38,8	69,8	54,4	79,8	58,4	41,7
1255	390	371	-	-	39,8	70,3	55,3	80,3	59,3	42,9
1290	400	380	-	-	40,8	70,8	56,0	80,8	60,2	44,1
1320	410	390	-	-	41,8	71,4	56,8	81,4	61,1	45,3
1350	420	399	-	-	42,7	71,8	57,5	81,8	61,9	46,4
1385	430	409	-	-	43,6	72,3	58,2	82,3	62,7	47,4
1420	440	418	-	-	44,5	72,8	58,8	82,8	63,5	48,4
1455	450	428	-	-	45,3	73,3	59,4	83,2	64,3	49,4
1485	460	437	-	-	46,1	73,6	60,1	83,6	64,9	50,4
1520	470	447	-	-	46,9	74,1	60,7	83,9	65,7	51,3
1555	489	456	-	-	47,7	74,5	61,3	84,3	66,4	52,2
1595	490	466	-	-	48,4	74,9	61,6	84,7	67,1	53,1
1630	500	475	-	-	49,1	75,3	62,2	85,0	67,7	53,9
1665	510	485	-	-	49,8	75,7	62,9	85,4	68,3	54,7
1700	520	494	-	-	50,5	76,1	63,5	85,7	69,0	55,6
1740	530	504	-	-	51,1	76,4	63,9	86,0	69,5	56,2
1775	540	513	-	-	51,7	76,7	64,4	86,3	70,0	57,0
1810	550	523	-	-	52,3	77,0	64,8	86,6	70,5	57,8
1845	560	532	-	-	53,0	77,4	65,4	86,9	71,2	58,6
1880	570	542	-	-	53,6	77,8	65,8	87,2	71,7	59,3
1920	580	551	-	-	54,1	78,0	66,2	87,5	72,1	59,9
1955	590	561	-	-	54,7	78,4	66,7	87,8	72,7	60,5
1995	600	570	-	-	55,2	78,6	67,0	88 ,0	73,2	61,2

1. Les valeurs de dureté Brinell jusqu'à 450 HB ont été déterminées en utilisant un pénétrateur constitué d'une bille en acier, celles supérieures à cette valeur ont été déterminées avec une bille en carbure.

Note : les valeurs entre parenthèses sont celles se trouvant en dehors de la gamme définie pour la méthode d'essai normalisée mais elles peuvent être utilisées à titre d'estimation.

18-1 (suite)

Résistance à la traction R_m (MPa)	Dureté Vickers HV10	Dureté Brinell HB [1]	Dureté Rockwell							
			HRB	HRF	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
2030	610	580	-	-	55,7	78,9	67,5	88,2	73,7	61,7
2070	620	589	-	-	56,3	79,2	67,9	88,5	74,2	62,4
2105	630	599	-	-	56,8	79,5	68,3	88,8	74,6	63,0
2145	640	608	-	-	57,3	79,8	68,7	89,0	75,1	63,5
2180	650	618	-	-	57,8	80,0	69,0	89,2	75,5	64,1
-	660	-	-	-	58,3	80,3	69,4	89,5	75,9	64,7
-	670	-	-	-	58,8	80,6	69,8	89,7	76,4	65,3
-	680	-	-	-	59,2	80,8	70,1	89,8	76,8	65,7
-	690	-	-	-	59,7	81,1	70,5	90,1	77,2	66,2
-	700	-	-	-	60,1	81,3	70,8	90,3	77,6	66,7
-	720	-	-	-	61,0	81,8	71,5	90,7	78,4	67,7
-	740	-	-	-	61,8	82,2	72,1	91,0	79,1	68,8
-	760	-	-	-	62,5	82,6	72,6	91,2	79,7	69,4
-	780	-	-	-	63,3	83,0	73,3	91,5	80,4	70,2
-	800	-	-	-	64,0	83,4	73,8	91,8	81,1	71,0
-	820	-	-	-	64,7	83,8	74,3	92,1	81,7	71,8
-	840	-	-	-	65,3	84,1	74,8	92,3	82,2	72,2
-	860	-	-	-	65,9	84,4	75,3	92,5	82,7	73,1
-	880	-	-	-	66,4	84,7	75,7	92,7	83,1	73,6
-	900	-	-	-	67,0	85,0	76,1	92,9	83,6	74,2
-	920	-	-	-	67,5	85,3	76,5	93,0	84,0	74,8
-	940	-	-	-	68,0	85,6	76,9	93,2	84,4	75,4

1. Les valeurs de dureté Brinell jusqu'à 450 HB ont été déterminées en utilisant un pénétrateur constitué d'une bille en acier, celles supérieures à cette valeur ont été déterminées avec une bille en carbure.

Note : les valeurs entre parenthèses sont celles se trouvant en dehors de la gamme définie pour la méthode d'essai normalisée mais elles peuvent être utilisées à titre d'estimation.

Conversion dureté-dureté pour le laiton (70% cuivre et 30% alliage de zinc)

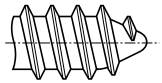
18-2

Dureté Vickers HV	Dureté Rockwell					Dureté Brinell HB
	HRB	HRF	HR15T	HR30T	HR45T	
45	-	40,0	-	-	-	42
46	-	45,0	-	-	-	44
47	-	47,0	53,5	-	-	45
48	-	49,0	54,5	-	-	46
50	-	50,5	55,5	-	-	47
52	-	53,5	57,0	-	-	48
54	-	56,5	58,5	12,0	-	50
56	-	58,8	60,0	15,0	-	52
58	-	61,0	61,0	18,0	-	53
60	10,0	62,5	62,5	-	-	54
62	12,5	65,0	63,5	23,0	-	57
64	15,5	66,8	65,0	25,5	-	59
66	18,5	68,5	66,0	26,0	-	61
68	21,5	70,0	67,0	30,0	-	62
70	24,5	71,8	68,0	32,0	-	63
72	27,5	73,2	69,0	34,0	-	64
74	30,0	74,8	70,0	36,0	1,0	66
76	32,5	76,0	70,5	38,0	4,5	68
78	35,0	77,4	71,5	39,5	7,5	70
80	37,5	78,6	72,0	41,0	10,0	72
82	40,0	80,0	73,0	43,0	12,5	74
84	42,0	81,2	73,5	44,0	14,5	76
86	44,0	82,3	74,5	45,5	17,0	77
88	46,0	83,5	75,0	47,0	19,0	79
90	47,5	84,4	75,5	48,0	21,0	80
92	49,5	85,4	76,5	49,0	23,0	82
94	51,0	86,3	77,0	50,5	24,5	83
96	53,0	87,2	77,5	51,5	26,5	85
98	54,0	88,0	78,0	52,5	28,0	86
100	56,0	89,0	78,5	53,5	29,5	88
102	57,0	89,8	79,0	54,5	30,5	90
104	58,0	90,5	79,5	55,0	32,0	92
106	59,5	91,2	80,0	56,0	33,0	94
108	61,0	92,0	-	57,0	34,5	95
110	62,0	92,6	80,5	58,0	35,5	97
112	63,0	93,0	81,0	58,5	37,0	99
114	64,0	94,0	81,5	59,5	38,0	101
116	65,0	94,5	82,0	60,0	39,0	103
118	66,0	95,0	82,5	60,5	40,0	105

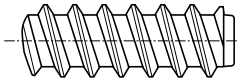
Dureté Vickers HV	Dureté Rockwell					Dureté Brinell HB
	HRB	HRF	HR15T	HR30T	HR45T	
120	67,0	95,5	-	61,0	41,0	106
122	68,0	96,0	83,0	62,0	42,0	108
124	69,0	96,5	-	62,5	43,0	110
126	70,0	97,0	83,5	63,0	44,0	112
128	71,0	97,5	-	63,5	45,0	113
130	72,0	98,0	84,0	64,5	45,5	114
132	73,0	98,5	84,5	65,0	46,5	116
134	73,5	99,0	-	65,5	47,5	118
136	74,5	99,5	85,0	66,0	48,0	120
138	75,0	100,0	-	66,5	49,0	121
140	76,0	100,5	85,5	67,0	50,0	122
142	77,0	101,0	-	67,5	51,0	124
144	77,5	101,5	86,0	68,0	51,5	126
146	78,0	102,0	-	68,5	52,5	128
148	79,0	102,5	-	69,0	53,0	129
150	80,0	-	86,5	69,5	53,5	131
152	80,5	103,0	-	-	54,0	133
154	81,5	103,5	-	70,0	54,5	135
156	82,0	104,0	87,0	70,5	55,5	136
158	83,0	104,5	-	71,0	56,0	138
160	83,5	-	-	71,5	56,5	139
162	84,0	105,0	87,5	-	57,5	141
164	85,0	105,5	-	72,0	58,0	142
166	85,5	-	-	72,5	58,5	144
168	86,0	106,0	88,0	73,0	59,0	146
170	87,0	-	-	-	59,5	147
172	87,5	106,5	-	73,5	60,0	149
174	88,0	-	88,5	74,0	60,5	150
176	88,5	107,0	-	-	61,0	152
178	89,0	-	-	-	61,5	154
180	90,0	107,5	-	74,5	62,0	156
182	90,5	108,0	89,0	-	62,5	157
184	91,0	-	-	75,5	63,0	159
186	91,5	108,5	-	76,0	63,5	161
188	92,0	-	89,5	-	64,0	162
190	92,5	109,0	-	76,5	64,5	164
192	93,0	-	-	77,0	65,0	166
194	-	109,5	-	-	65,5	167
196	93,5	110,0	90,00	77,5	66,0	169

19 Avant-trou de perçage pour vis à tôle

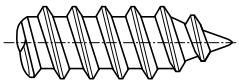
En fonction de la forme de l'extrémité, les vis à tôle se répartissent en trois catégories P, SP et R.



Type R (arrondi)



Type F (sans pointe)



Type C (pointu)

19-1

Le tableau 19-2 permet aux utilisateurs de trouver les dimensions des trous couramment effectués dans les tôles et autres plaques avant de loger une vis à tôle.

Il indique, en fonction de la nature et de l'épaisseur du matériau, les diamètres des avant-trous et leur profondeur, s'il s'agit de trous borgnes, à percer pour permettre le logement d'une vis à tôle.

Cependant, compte-tenu de la diversité des alliages et matières plastiques utilisés, il est recommandé à l'utilisateur d'effectuer des essais pratiques avant d'entreprendre le perçage d'une grande série de pièces.

19-2

Vis N°	Pas	Diamètre fileté	Tôles			Plaques et autres supports			
			Épaisseur métal	Acier HV 120 max	Aluminium	Métaux tendres R ≤ 245 N/mm² et matières plastique thermodurcissables		Matières thermoplastiques	
				Diamètre de perçage	Diamètre de perçage	Diamètre de perçage	Profondeur trou borgne mini	Diamètre de perçage	Profondeur trou borgne mini
2	0,79	2,18	0,4 à 0,5	1,65	-	2	4,3	2	5
			0,6 à 0,8	1,80	1,65				
			0,9 à 1	1,85	1,65				
			1,2 à 1,5	1,85	1,80				
3	0,91	2,50	0,4 à 0,5	1,90	-	2,3	4,5	2,3	6,4
			0,6 à 0,8	2,10	1,90				
			0,9 à 1	2,10	1,90				
			1,2 à 1,5	2,20	2				
4	1,06	2,85	0,4 à 0,5	2,20	-	2,6	4,8	2,5	6,4
			0,6 à 0,8	2,40	2,20				
			0,9 à 1	2,40	2,20				
			1,2 à 1,5	2,50	2,20				
			2 à 2,5	2,60	2,20				
5	1,27	3,25	0,4 à 0,5	2,40	-	3	5,6	2,9	6,4
			0,6 à 0,8	2,50	2,40				
			0,9 à 1	2,60	2,40				
			1,2 à 1,5	2,70	2,50				
			2 à 2,5	2,80	2,55				
6	1,27	3,48	0,4 à 0,5	2,65	-	3,2	6,4	3,1	6,4
			0,6 à 0,8	2,70	2,60				
			0,9 à 1	2,80	2,60				
			1,2 à 1,5	2,90	2,70				
			2 à 2,5	3,10	2,80				
			3 à 3,5	-	3				
7	1,34	3,84	0,6 à 0,8	3	2,9	3,5	6,4	3,3	6,4
			0,9 à 1	3	2,9				
			1,2 à 1,5	3,20	3,0				
			2 à 2,5	3,50	3,3				
			3 à 3,5	-	3,5				

Extrait de la norme ISO 1478

La forme d'extrémité de la vis étant sans influence sur les dimensions de l'avant-trou, les valeurs indiquées s'appliquent aux trois types de pointe. On préférera, toutefois, utiliser des vis C dans les trous borgnes afin d'éviter tout contact avec des copeaux éventuels.

Dans les plaques et autres supports, la profondeur du trou borgne et son diamètre peuvent être augmentés si les valeurs indiquées ne permettent pas une longueur de serrage suffisante.

Nota. Les matières plastiques ont leurs réactions propres qui induisent une importante fragilité aux efforts de déformation et une sensibilité particulière aux contraintes extérieures (thermique, hydrométrique, ...).
Les vis autotaraudeuses à section trilobée pour matières plastiques (Plastite®,...) ont été spécialement étudiées pour prévenir les réactions des matières plastiques.

19-2 (suite)

Vis N°	Pas	Diamètre fileté	Tôles			Plaques et autres supports			
			Épaisseur métal	Acier HV 120 max	Aluminium	Métaux tendres R ≤ 245 N/mm² et matières plastique thermodurcissables		Matières thermoplastiques	
				Diamètre de perçage	Diamètre de perçage	Diamètre de perçage	Profondeur trou borgne mini	Diamètre de perçage	Profondeur trou borgne mini
8	1,41	4,16	0,6 à 0,8	3,20	3,1	3,8	6,4	3,6	7,9
			0,9 à 1	3,20	3,2				
			1,2 à 1,5	3,40	3,3				
			2 à 2,5	3,60	3,6				
			3 à 3,5	3,90	3,8				
10	1,59	4,72	0,6 à 0,8	3,70	-	4,5	7,1	4,3	7,9
			0,9 à 1	3,70	3,6				
			1,2 à 1,5	3,80	3,6				
			2 à 2,5	4,00	3,8				
			3 à 3,5	4,30	3,9				
			4 à 4,5	4,40	4,0				
12	1,81	5,39	0,6 à 0,8	4,20	-	5,1	7,1	4,8	9,5
			0,9 à 1	4,20	-				
			1,2 à 1,5	4,40	4,1				
			2 à 2,5	4,60	4,5				
			3 à 3,5	5,00	4,6				
			4 à 4,5	5,10	4,8				
14	1,81	6,17	0,6 à 0,8	4,90	-	5,9	8	5,6	9,5
			0,9 à 1	4,90	-				
			1,2 à 1,5	5,00	5,1				
			2 à 2,5	5,40	5,3				
			3 à 3,5	5,80	5,3				
			4 à 4,5	5,90	5,4				
			4,5 à 5	5,90	5,6				

Extrait de la norme ISO 1478

20 Tableau comparatif des rondelles selon normes NFE, DIN et ISO

20-1

Diamètre nominal	NFE 25513		NFE 25514		Séries				DIN 125A			DIN 9021			Norme internationale						ISO 7089	ISO 7090	ISO 7091	ISO 7092	ISO 7093-1	ISO 7094		
					Z	M	L	LL													Série normale			Série étroite	Série large			
	100 HV		160 HV						140 - 200 HV			Acier - Laiton - Alu			7089-90-92	7093	7091	7089-90-91	7092	7093	GRADE A 200 HV		GRADE C 100 HV	GRADE A 200 HV	GRADE A 200 HV	GRADE C 100 HV		
	d_1 min	s	d_1 min	s nom.	d_2	d_2	d_2	d_2	d_1 min	s nom.	d_2	d_1 min	s nom.	d_2	d_1 min			s nom.			d_2 nom. max	d_2 nom. max chanfreiné	d_2 nom. max	d_2 nom. max	d_2 nom. max	d_1 min	s nom.	d_2 nom. max
1,6			1,7	0,5	3,5	5	6		1,7	0,3	4				1,7		1,8	0,3	0,3		4		4	3,5				
2			2,2	0,5	4	5,5	7		2,2	0,3	5				2,2		2,4	0,3	0,3		5		5	4,5				
2,5			2,7	0,5	5	7	10		2,7	0,5	6	2,7	0,8	8	2,7		2,9	0,5	0,5		6		6	5				
3	3,2	0,8	3,2	0,8	6	8	12	14*	3,2	0,5	7	3,2	0,8	9	3,2	3,2	3,4	0,5	0,5	0,8	7		7	6	9			
3,5									3,7	0,5	8	3,7	0,8	11	3,7	3,7	3,9	0,5	0,5	0,8	8		8	7	11			
4	4,3	0,8	4,3	0,8	8	10	14	16*	4,3	0,8	9	4,3	1	12	4,3	4,3	4,5	0,8	0,5	1	9		9	8	12			
5	5,3	1	5,3	1	10	12	16	20*	5,3	1	10	5,3	1,2	15	5,3	5,3	5,5	1	1	1	10	10	10	9	15	5,5	2	18
6	6,4	1,2	6,4	1,2	12	14	18	24*	6,4	1,6	12	6,4	1,6	18	6,4	6,4	6,6	1,6	1,6	1,6	12	12	12	11	18	6,6	2	22
7	7,4	1,5	7,4	1,5	14	16	20	27*	7,4	1,6	14	7,4	2	22														
8	8,4	1,5	8,4	1,5	16	18	22	30*	8,4	1,6	16	8,4	2	24	8,4	8,4	9	1,6	1,6	2	16	16	16	15	24	9	3	28
10	10,5	2	10,5	2	20	22	27	36*	10,5	2	20	10,5	2,5	30	10,5	10,5	11	2	1,6	2,5	20	20	20	18	30	11	3	34
12	13	2,5	13	2,5	24	27	32	40*	13	2,5	24	13	3	37	13	13	13,5	2,5	2	3	24	24	24	20	37	13,5	4	44
14	15	2,5	15	2,5	27	30	36	45*	15	2,5	28	15	3	44	15	15	15,5	2,5	2,5	3	28	28	28	24	44	15,5	4	50
16	17	3	17	3	30	32	40	50*	17	3	30	17	3	50	17	17	17,5	3	2,5	3	30	30	30	28	50	17,5	5	56
18	19	3	19	3	32	36	45	55*	19	3	34	20	4	56	19	19	20	3	3	4	34	34	34	30	56	20	5	60
20	21	3	21	3	36	40	50	60*	21	3	37	22	4	60	21	21	22	3	3	4	37	37	37	34	60	22	6	72
22	23	3	23	3	40	45	55		23	3	39				23	23	24	3	3	5	39	39	39	37	66	24	6	80
24	25	4	25	4	45	50	60		25	4	44	26	5	72	25	25	26	4	4	5	44	44	44	39	72	26	6	85
27	28	4	28	4	48	55	65		28	4	50				28	30	30	4	4	6	50	50	50	44	85	30	6	98
30	31	4	31	4	52	60	70		31	4	56	33	6	92	31	33	33	4	4	6	56	56	56	50	92	33	6	105
33	34	5				65*			34	5	60				34	36	36	5	5	6	60	60	60	56	105	36	8	115
36	37	5				70*			37	5	66	39	8	110	37	39	39	5	5	8	66	66	66	60	110	39	8	125
39	40	6				75*			40	6	72				42		42	6			72	72	72					
42	43	6				80*			43	7	78				45		45	8			78	78	78					
45	46	7				85*			46	7	85				48		48	8			85	85	85					
48	50	7				90*			50	8	92				52		52	8			92	92	92					
52	54	8				100*			54	8	98				56		56	8			98	98	98					
56									58	9	105				62		62	10			105	105	105					
60									62	9	110				66		66	10			110	110	110					
64									66	9	115				70		70	10			115	115	115					

* Ne concerne que la norme NFE 25513

Non normalisé

Non préférentiel

Grade A : tolérances précises
Grade C : tolérances larges
HV : dureté Vickers

d_1 = diamètre intérieur
d_2 = diamètre extérieur
s = épaisseur

21 Choix des rondelles ressort selon DIN 2093

21-1

Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)			Dimensions (mm)		
De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t	De	Di	t
8	3,2	0,30	18	9,2	1,00	34	16,3	1,50	63	31	3,00	112	57	4,00	160	82	11,00	125,00	64,00	5,00	280	152	18,5	360	182	21,5
8	3,2	0,40	20	8,2	0,50	34	16,3	2,00	63	31	3,50	112	57	6,00	160	82	4,80	125,00	64,00	6,00	300	127	12	360	182	23
8	3,2	0,50	20	8,2	0,60	35,5	18,3	1,25	70	24,5	3,00	112	57	6,00	180	92	10,00	125,00	71,00	6,00	300	127	13	370	202	25
8	4,2	0,20	20	8,2	0,70	35,5	18,3	2,00	70	24,5	3,50	125	51	4,00	180	92	13,00	140,00	72,00	5,00	300	127	14	370	202	26
8	4,2	0,30	20	8,2	0,80	40	14,3	1,25	70	25,5	2,00	125	51	4,00	200	82	8,00	150,00	61,00	5,00	300	127	15,3	380	152	19
8	4,2	0,40	20	8,2	0,90	40	14,3	1,50	70	30,5	2,50	125	51	5,00	200	82	10,00	150,00	61,00	6,00	300	127	16	380	192	13,5
10	3,2	0,30	20	8,2	1,00	40	14,3	1,75	70	30,5	3,00	125	51	5,00	200	82	12,00	150,00	71,00	6,00	300	127	17	380	192	25
10	3,2	0,40	20	10,2	0,40	40	14,3	2,00	70	35,5	3,00	125	51	6,00	200	92	10,00	160,00	82,00	4,30	300	127	17,4	380	202	12
10	3,2	0,50	20	10,2	0,50	40	16,3	1,50	70	35,5	3,50	125	51	6,00	200	92	12,00	160,00	82,00	6,00	300	152	8,5	380	202	15
10	4,2	0,10	20	10,2	0,80	40	16,3	1,75	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	92	14,00	180,00	92,00	4,80	300	152	10	380	212	18
10	4,2	0,50	20	10,2	0,90	40	16,3	2,00	70	35,5	4,00	125	61	5,00	200	102	8,00	180,00	92,00	6,00	300	152	12	400	202	10
10	4,2	0,60	20	10,2	1,00	40	18,3	2,00	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	10,00	200,00	82,00	5,00	300	152	13	400	202	12
10	5,2	0,25	20	10,2	1,10	40	20,4	1,50	70	40,5	4,00	125	61	6,00	200	102	12,00	200,00	82,00	6,00	300	152	14	400	202	14
10	5,2	0,40	22,5	11,2	0,60	40	20,4	2,00	70	40,5	5,00	125	64	3,50	200	102	14,00	200,00	82,00	8,50	300	152	14,5	400	202	16
10	5,2	0,50	22,5	11,2	0,80	40	20,4	2,25	70	40,5	5,00	125	64	5,00	200	112	12,00	200,00	82,00	13,00	300	152	15	400	202	19
12	4,2	0,40	23	8,2	0,70	40	20,4	2,50	71	36	2,00	125	64	5,00	200	112	14,00	200,00	102,00	5,50	300	152	15,5	400	202	20,3
12	4,2	0,50	23	8,2	0,80	45	22,4	1,25	71	36	2,50	125	64	6,00	200	112	16,00	200,00	102,00	8,30	300	152	16,1	400	202	21,2
12	4,2	0,60	23	8,2	0,90	45	22,4	1,75	71	36	4,00	125	64	6,00	225	112	6,50	200,00	9,00	300,00	300	152	16,5	400	202	22,5
12	5,2	0,50	23	10,2	0,90	45	22,4	2,50	71	36	4,00	125	71	6,00	225	112	8,00	200,00	102,00	11,00	300	152	17	400	202	30
12	5,2	0,60	23	10,2	1,00	48	16,3	1,50	80	30,5	2,50	125	71	6,00	225	112	12,00	200,00	112,00	6,00	300	152	18	440	212	18,5
12	6,2	0,50	23	12,2	1,00	50	18,4	1,25	80	31	3,00	140	72	3,80	225	112	16,00	200,00	112,00	15,00	300	152	18,5	440	252	25
12	6,2	0,60	25	12,2	0,70	50	18,4	1,50	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	10,00	225,00	112,00	9,00	300	152	19,5	450	202	25,5
12,5	6,2	0,35	25	12,2	0,90	50	18,4	2,00	80	31	4,00	140	72	5,00	250	102	12,00	225,00	112,00	10,00	300	152	20	450	252	21
12,5	6,2	0,50	28	10,2	0,80	50	18,4	2,50	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	7,00	225,00	112,00	10,80	300	152	20,5	450	252	25
12,5	6,2	0,70	28	10,2	1,00	50	18,4	3,00	80	35,5	4,00	150	61	5,00	250	127	8,00	250,00	127,00	7,50	182	12	600	470	237	33
14	7,2	0,35	28	12,2	1,00	50	20,4	2,00	80	36	3,00	150	61	6,00	250	127	10,00	250,00	127,00	9,00	320	172	8,1	480	252	20,3
14	7,2	0,50	28	14,2	0,80	50	20,4	2,50	80	41	2,25	150	61	6,00	250	127	12,00	250,00	127,00	9,20	320	172	9	480	252	20,7
14	7,2	0,60	28	14,2	1,00	50	22,4	2,00	80	41	3,00	150	71	6,00	250	127	14,00	250,00	127,00	10,50	320	172	13	500	202	37
15	5,2	0,40	31,5	16,3	0,80	50	22,4	2,50	80	41	4,00	150	71	6,00	250	127	16,00	250,00	127,00	11,00	320	172	15	500	242	32
15	5,2	0,50	34	12,3	1,00	50	25,4	1,25	80	41	4,00	160	82	4,30	70,00	35,50	4,00	250,00	127,00	13,00	340	172	9,2	500	252	19
15	5,2	0,60	35,5	18,3	0,90	50	25,4	1,50	80	41	5,00	160,00	82,00	4,30	70,00	40,50	4,00	250,00	127,00	13,50	340	172	9,5	600	282	22
15	5,2	0,70	40	20,4	1,00	50	25,4	2,00	80	41	5,00	160	82	6,00	70	40,5	5,00	250,00	127,00	14,50	340	172	10,5	282	24	
15	6,2	0,50	22,5	11,2	1,25	50	25,4	2,25	90	46	2,50	160,00	82,00	10,00	71,00	36,00	4,00	250,00	127,00	15,00	340	172	11			
15	6,2	0,60	23	12,2	1,25	50	25,4	2,50	90	46	3,50	180	92	4,80	80,00	31,00	4,00	250,00	127,00	16,80	340	172	11,5			
15	6,2	0,70	23	12,2	1,50	50	25,4	3,00	90	46	5..00	180	92	6,00	80,00	35,50	4,00	250,00	127,00	17,50	340	172	12,5			
15	8,2	0,70	25	12,2	1,50	56	28,5	1,50	90	46	5,00	180	92	6,00	80,00	41,00	4,00	250,00	127,00	18,50	340	172	13,5			
15	8,2	0,80	28	10,2	1,25	56	28,5	2,00	100	41	4,00	180	92	6,00	80,00	41,00	5,00	270	127	10,65	340	172	13,7			
16	8,2	0,40	28	10,2	1,50	56	28,5	2,50	100	41	4,00	200	102	5,50	90,00	46,00	5,00	270	142	22	340	172	14,2			
16	8,2	0,60	28	12,2	1,25	56	28,5	3,00	100	41	5,00	200	102	5,50	100,00	41,00	4,00	280	127	12	340	172	14,6			
16	8,2	0,90	28	12,2	1,50	60	20,5	2,00	100	41	5,00	100	51	7,00	100,00	41,00	5,00	280	127	19	340	172	15,3			
18	6,2	0,40	28	14,2	1,25	60	20,5	2,50	100	51	2,70	125	61	8,00	100,00	51,00	4,00	280	142	12	340	172	15,8			
18	6,2	0,50	28	14,2	1,50	60	20,5	3,00	100	51	3,50	125	64	7,00	100,00	51,00	5,00	280	142	15	340	172	16,2			
18	6,2	0,60	31,5	16,3	1,25	60	25,5	2,50	100	51	4,00	125	64	8,00	100,00	51,00	6,00	280	142	16,6	340	172	17			
18	6,2	0,70	31,5	16,3	1,50	60	25,5	3,00	100	51	4,00	125	71	8,00	112,00	57,00	4,00	280	142	17,45	340	172	17,3			
18	6,2	0,80	31,5	16,3	1,75	60	30,5	2,50	100	51	5,00	125	71	10,00	112,00	57,00	6,00	280	142	18	340	172	18			
18	8,2	0,70	31,5	16,3	2,00	60	30,5	2,75	100	51	5,00	140	72	8,00	125,00	51,00	4,00	280	142	18,9	340	172	20			
18	8,2	0,80	34	12,3	1,25	60	30,5	3,00	100	51	6,00	150	61	7,00	125,00	51,00	5,00	280	142	20,3	340	172	22			
18	8,2	1,00	34	12,3	1,50	60	30,5	3,50	100	51	6,00	150	71	8,00	125,00	51,00	6,00	280	142	22	360	182	15,5			
18	9,2	0,45	34	14,3	1,25	63	31	1,80	112	57	3,00	150	81	8,00	125,00	61,00	5,00	280	152	12,8	360	182	20			
18	9,2	0,70	34	14,3	1,50	63	31	2,50	112	57	4,00	150	81	10,00	125,00	61,00	6,00	280	152	15	360	182	21			

Groupe 1

Groupe 2
rondelles ressorts avec surface d'appui et épaisseur réduite

Groupe 3
De :
diamètre extérieur
Di :
diamètre intérieur
t :
épaisseur matière

Rondelles ressorts norme usine Mubea

22 Clavettes parallèles et clavettes disques

Clavettes parallèles

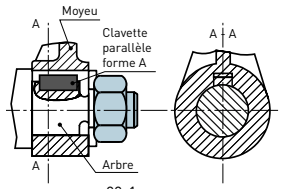
Désignation

Clavette parallèle	A	10 x 8	40	NF E 22 - 177
Désignation de l'élément	Symbole de la forme	Section	Longueur	Norme de référence

Montage et ajustements

L'assemblage par clavetage est une liaison par obstacle d'un moyeu sur un arbre. Cette liaison rend solidaire en rotation un organe de machine et un arbre. Elle peut être complète ou partielle (translation).

Le couple transmissible est supérieur à celui obtenu par goupillage.

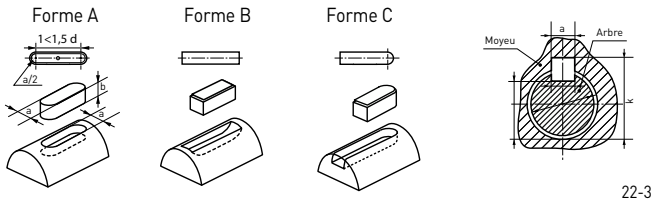


22-1

22-2

Type clavetage	Ajustements	
Libre	H9 h9	D10 h9
Normal	N9 h9	JS9 h9
Serré	P9 h9	P9 h9

Différentes formes



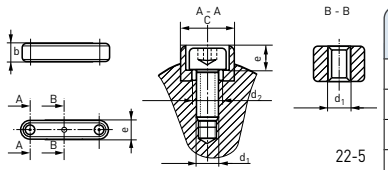
22-3

Dimensions

22-4 Principales dimensions NF E 22-177

d	Clavette		Arbre		Moyeu	
	a H9	b ≤ 6 H9 b > 6 h11	a H9 - N9 - P9	i	A D10 - JS9 - P9	k
8 ≤ d ≤ 10	3	3	3	d - 1,8 $^{+0,1}_{0}$	3	d + 1,4 $^{+0,2}_{0}$
10 < d ≤ 12	4	4	4	d - 2,5 $^{+0,1}_{0}$	4	d + 1,8 $^{+0,2}_{0}$
12 < d ≤ 17	5	5	5	d - 3 $^{+0,1}_{0}$	5	d + 2,3 $^{+0,2}_{0}$
17 < d ≤ 22	6	6	6	d - 3,5 $^{+0,1}_{0}$	6	d + 2,8 $^{+0,2}_{0}$
22 < d ≤ 30	8	7	8	d - 4 $^{+0,2}_{0}$	8	d + 3,3 $^{+0,2}_{0}$
30 < d ≤ 38	10	8	10	d - 5 $^{+0,2}_{0}$	10	d + 3,3 $^{+0,2}_{0}$
38 < d ≤ 44	12	8	12	d - 5 $^{+0,2}_{0}$	12	d + 3,3 $^{+0,2}_{0}$
44 < d ≤ 50	14	9	14	d - 5,5 $^{+0,2}_{0}$	14	d + 3,8 $^{+0,2}_{0}$
50 < d ≤ 58	16	10	16	d - 6 $^{+0,2}_{0}$	16	d + 4,3 $^{+0,2}_{0}$
58 < d ≤ 65	18	11	18	d - 7 $^{+0,2}_{0}$	18	d + 4,4 $^{+0,2}_{0}$
65 < d ≤ 75	20	12	20	d - 7,5 $^{+0,2}_{0}$	20	d + 4,9 $^{+0,2}_{0}$
75 < d ≤ 85	22	14	22	d - 9 $^{+0,2}_{0}$	22	d + 5,4 $^{+0,2}_{0}$

Clavettes fixées sur l'arbre



22-5

22-6

Section a x b	c	d_1	Vis C ou CHC	d_2	e
6 x 6	5	M 2,5	M 2,5 x 6	2,9	3
8 x 7	5,5	M 3	M 3 x 8	3,4	3,5
10 x 8	8	M 4	M 4 x 10	4,6	4,5
12 x 8	10	M 5	M 5 x 10	5,5	5,5
14 x 9	12	M 6	M 6 x 10	6,5	6,5
16 x 10	12	M 6	M 6 x 10	6,5	6,5
18 x 11	16	M 8	M 8 x 12	9	8,5
20 x 12	16	M 8	M 8 x 12	9	8,5

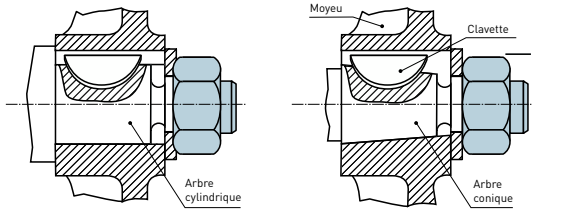
Note : le trou taraudé dans la clavette (d_1) sert à l'extraction de celle-ci. Les trous lisses dans la clavette (d_2) servent de passage aux deux vis de fixation.

Clavettes disques

Désignation

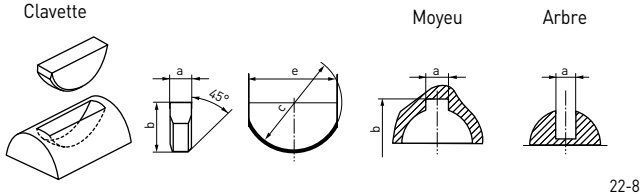
Clavette disque	8	15	NF E 27 - 653
Désignation de l'élément	Epaisseur a	Hauteur b	Norme de référence

Exemple de montage



22-7

Dimensions



22-8

La clavette disque a une utilisation limitée de par la difficulté à usiner l'empreinte profonde dans l'arbre (affaiblit la résistance de l'arbre).
Le couple transmissible est faible. Utilisé lorsque la portée sur l'arbre est faible.

22-9

a H9	Clavette			Arbre		Moyeu	
	b H11	c H11	a H11	a P9	j H11	a E9	k H13
4	5	13	11,5	4	d - 3,5	4	d + 1,8
	6,5	16	15		d - 5		d + 1,8
	7,5	19	17,5		d - 6		d + 1,8
5	6,5	16	15	5	d - 4,5	5	d + 2,3
	7,5	19	17,5		d - 5,5		d + 2,3
	9	22	20,5		d - 7		d + 2,3
6	9	2	20,5	6	d - 6,5	6	d + 2,8
	10	25	23		d - 7,5		d + 2,8
	11	28	25,5		d - 8,5		d + 2,8
	13	32	30		d - 10,5		d + 2,8
8	11	28	25,5	8	d - 8	8	d + 3,3
	13	32	30		d - 10		d + 3,3
	15	38	35		d - 12		d + 3,3
	16	45	41		d - 13		d + 3,3

Nota : le choix de l'épaisseur a est fonction du diamètre de l'arbre d.

Tolérances

22-10

a	Moyeu clavette		Clavette arbre	
	Jeu maxi (µm)	Jeu mini (µm)	Jeu maxi (µm)	Serrage mini (µm)
1,5 - 2 2,5 - 3	64	14	19	31
4 - 5 - 6	80	20	18	42
8 - 10	97	25	21	51

23 Certificats de conformité

Nota : Le document de contrôle est très souvent appelé "certificat de conformité" ou abusivement "certificat matière". Jusqu'alors par manque de document spécifique aux éléments de fixation, la norme NF EN 10204 (janvier 2005) était utilisée. Depuis 2018, une norme spécifique est sortie, NF EN ISO 16228 (février 2018) et définit clairement les résultats attendus en fonction du type de document de contrôle (F2.1, F2.2, F3.1 et F3.2) et du type de fixation (vis, écrou, rivets aveugle, rondelle, etc.). Cette norme est encore très peu utilisée dans la profession, mais va doucement remplacer la NF EN 10204, qui est prévue pour les produits métalliques en général.

Termes et définitions

Représentant autorisé : Personne qui est autorisée en tant que représentant de l'assurance qualité à valider et à signer les documents de contrôle au nom du fournisseur ou du client.

Représentant externe autorisé : Tierce partie ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur, ou représentant chargé du contrôle demandé par le client, ou représentant chargé du contrôle désigné par une autorité réglementaire.

Validation : Confirmation par le *représentant autorisé* ou par le *représentant extérieur autorisé* du contenu du document de contrôle, et approbation finale authentifiée par la signature.

Distributeur revendeur : Distributeur de fixations qui revend les fixations d'origine du fabricant en l'état, sans modification des fixations ni des emballages.

Distributeur modificateur : Distributeur de fixations qui modifie les fixations avant leur livraison.

Types de documents de contrôle des fixations

Déclaration de conformité F2.1 des fixations

Document établi par le fabricant ou le distributeur déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes appropriées et/ou aux exigences spécifiées, sans inclure de résultat.

Le document de contrôle F2.1 doit être validé soit par le représentant autorisé du fabricant soit par le représentant autorisé du distributeur.

Rapport d'essai F2.2 des fixations

Document établi par le fabricant déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes appropriées et/ou aux exigences spécifiées, et comprenant des résultats basés sur un contrôle non spécifique.

Il est de la responsabilité du fabricant de déterminer la corrélation qui existe entre les résultats figurant dans les documents de contrôle et les fixations livrées, afin de démontrer la conformité.

Les résultats doivent être issus du(des) certificat(s) matériaux, du contrôle en cours de fabrication et/ou de l'inspection finale, qui doivent être effectués par une(des) personne(s) ayant les qualifications requises.

Les données obtenues doivent être évaluées et reportées dans le document de contrôle par une(des) personne(s) ayant les qualifications requises.

Le document de contrôle F2.2 doit être validé par le représentant autorisé du fabricant.

Rapport d'essai F3.1 des fixations

Document établi par le fabricant ou le distributeur déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes appropriées et/ou aux exigences spécifiées, et comprenant des résultats issus du contrôle spécifique.

Les résultats doivent être issus du(des) certificat(s) matériaux (3.1 ou 3.2), du contrôle en cours de fabrication et/ou de l'inspection finale qui doivent être effectués par une(des) personne(s) ayant les qualifications requises.

Les données obtenues doivent être évaluées et reportées dans le document de contrôle par une(des) personne(s) ayant les qualifications requises.

Le document de contrôle F3.1 doit être validé soit par le représentant autorisé du fabricant soit par le représentant autorisé du distributeur.

Rapport d'essai F3.2 des fixations

Document établi par le fabricant ou le distributeur déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes appropriées et/ou aux exigences spécifiées, et comprenant des résultats issus du contrôle spécifique.

Les résultats doivent être issus du contrôle des fixations qui doit être effectué par une(des) personne(s) ayant les qualifications requises. Les résultats concernant les matériaux doivent être issus soit du(des) certificat(s) matériaux (3.1 ou 3.2), soit du contrôle des fixations.

Le document de contrôle F3.2 doit être validé à la fois par le représentant externe autorisé du fabricant, ainsi que par le représentant autorisé du client soit par le représentant externe autorisé.

23-1 **Documents de contrôle des fixations**

Type et nom du document de contrôle des fixations		Quand	Contenu	Validation
F2.1	Déclaration de conformité des fixations	À la demande du client lors de la commande	Déclaration de conformité des **fixations livrées, sans résultat**	Par le représentant autorisé du fabricant ou du distributeur
F2.2	Rapport d'essai des fixations	À la demande du client lors de la commande	Déclaration de conformité des **fixations livrées**, avec des résultats basés sur un contrôle **non spécifique**	Par le représentant autorisé du **fabricant**
F3.1	Rapport d'essai des fixations	À la demande spécifique du client et par accord lors de la commande	Déclaration de conformité des **fixations livrées**, avec des résultats issus du contrôle **spécifique**	Par le représentant autorisé du **fabricant** ou du **distributeur**
F3.2	Rapport d'essai des fixations	À la demande spécifique du client et par accord lors de la commande	Déclaration de conformité des **fixations livrées**, avec des résultats issus du contrôle **spécifique**	Par le représentant autorisé du **fabricant** ou du **distributeur**, et soit le représentant autorisé du **client** soit le représentant **externe** autorisé

Exigences relatives aux documents de contrôle des fixations

Un document de contrôle conforme à la présente norme est fourni uniquement à la demande du client. Le type de document de contrôle F2.1, F2.2, F3.1 ou F3.2 doit faire l'objet d'un accord lors de la commande.

Les fixations fabriquées en conformité avec une norme de produits (et/ou spécification technique) doivent satisfaire à toutes les exigences qui s'appliquent, quels que soient les contrôles effectués en cours de fabrication et/ou lors de l'inspection finale. Il relève de la responsabilité du fabricant et du distributeur d'appliquer les méthodes appropriées de leur choix, comme le contrôle en cours de fabrication ou l'inspection finale, pour s'assurer que le lot fabriqué est bien conforme aux exigences spécifiées.

Même lorsqu'il reçoit un document de contrôle, le client est responsable de l'acceptation des fixations livrées au moyen de procédures de contrôle de réception, conformément à l'ISO 3269 sauf accord contraire.

Il convient que le numéro de lot de fabrication des fixations livrées figure dans les documents de contrôle F.2.1 et F.2.2, cependant un numéro de traçabilité du lot peut remplacer ou compléter le numéro de lot de fabrication. Les documents de contrôle F3.1 et F3.2 doivent inclure le numéro de lot de fabrication des fixations livrées.

Chaque document de contrôle n'est valide que pour les fixations référencées dans ce document de contrôle et dans leur état de livraison. Toute opération ultérieure effectuée après la livraison (par exemple revêtement) modifiant les fixations peut invalider tout ou partie du contenu du document de contrôle.

Transcription des résultats d'essais/de contrôles

Le fournisseur peut utiliser les méthodes de contrôle de son choix, sauf exigence contraire dans une norme ou une spécification technique et/ou sauf accord contraire lors de la commande.

Le tableau 23-2 spécifie les exigences minimales pour la transcription des résultats d'essais/de contrôles dans les rapports d'essai. Le fabricant et/ou distributeur et/ou le représentant externe autorisé qui établit le document de contrôle peut inclure des informations supplémentaires de son choix, par exemple toutes les valeurs individuelles, valeur moyenne, dispersion, etc.

Chaque valeur mesurée doit être indiquée avec l'unité correspondante spécifiée dans la norme ou la spécification technique.

Le code identifiant l'entité qui a réalisé l'essai doit être spécifié, conformément à ce qui suit :

- **S** résultat du fournisseur (**S**upplier en anglais) (matériau, composant, revêtement, etc.),
- **M** résultat du fabricant (**M**anufacturer en anglais) des fixations (contrôle en cours de fabrication ou inspection finale),
- **D** résultat du **D**istributeur des fixations (inspection finale),
- **L** résultat d'un **L**aboratoire externe (inspection finale).

23-2 **Exigences minimales pour la transcription des résultats d'essais/de contrôles**

Type d'exigence		Type de document de contrôle			
Méthode de contrôle	**Limite(s) exprimée(s) sous la forme**	**F2.1**	**F2.2**	**F3.1**	**F3.2**
Mesurage	min.	Non applicable	Valeur minimale mesurée	Valeur minimale mesurée	Toutes les valeurs individuelles mesurées
	max.		Valeur maximale mesurée	Valeur maximale mesurée	
	min./max.		Valeurs minimale et maximale mesurées	Valeurs minimale et maximale mesurées	
Attribut (calibre, charge d'épreuve...)	Entre		Conforme	Conforme	Conforme / Non conforme
	N'entre pas				
	Entre / N'entre pas				
Contrôle (contrôle visuel...)	—		Conforme	Conforme	Conforme / Non conforme

Résultats à inclure a minima pour chaque type de fixations

Le tableau 23-3 spécifie les essais/contrôles pour au moins la plus importante caractéristique mécanique et/ou fonctionnelle par rapport à chaque type de fixation.

Les rapports d'essai F2.2, F.3.1 et F3.2 doivent inclure les résultats d'essais/de contrôles spécifiés dans le tableau 23-3 conformément au type de fixation et aux spécifications des normes référencées.

Lorsque d'autres essais/contrôles sont demandés par le client, toutes les informations techniques et données économiques supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur lors de la commande.

Pour les fixations non mentionnées dans le tableau 23-3, le client doit spécifier les caractéristiques à vérifier/essayer lors de la commande.

23-3 **Résultats d'essais/de contrôles à fournir a minima pour les fixations**

Fixations	Résultats à inclure dans les rapports d'essai F2.2, F3.1 et F3.2 Type de contrôle	
	Matériau, caractéristiques mécaniques, physiques et/ou fonctionnelles	**Caractéristiques dimensionnelles**
Vis, goujons, tiges filetées à filetage métrique ISO ISO 898-1	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Résistance à la traction[a] (M) Dureté pour les classes de qualité trempé et revenu (M) Acceptation du filetage (A)	—
	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Résistance à la traction et allongement (M) Dureté des fixations en acier inoxydable martensitique et ferritique (M) Acceptation du filetage (A)	—

23-3 (suite) **Résultats d'essais/de contrôles à fournir a minima pour les fixations**

Fixations	Résultats à inclure dans les rapports d'essai F2.2, F3.1 et F3.2 Type de contrôle	
	Matériau, caractéristiques mécaniques, physiques et/ou fonctionnelles	Caractéristiques dimensionnelles
Écrous ISO 898-2	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Charge d'épreuve (A) Dureté pour les classes de qualité trempé et revenu (M) Acceptation du filetage (A)	–
Écrous ISO 3506-2	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Charge d'épreuve (A) Dureté des fixations en acier inoxydable martensitique et ferritique (M) Acceptation du filetage (A)	–
Écrous autofreinés ISO 898-2 et ISO 2320	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Charge d'épreuve (A) Dureté pour les classes de qualité trempé et revenu (M) Caractéristiques fonctionnelles d'autofreinage (M) Acceptation du filetage (A)	–
Vis sans tête ISO 898-5 ou ISO 3506-3	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Dureté Acceptation du filetage (A)	–
Vis à tôle ISO 2702 ou ISO 3506-4	Essai de pénétration (A/M) Couple de rupture en torsion (M)	–
Vis autoperceuses ISO 10666	Essai de perçage (A/M) Couple de rupture en torsion (M)	–
Vis autotaraudeuses par déformation ou enlèvement de matière	Couple de taraudage (A/M) Couple de rupture en torsion (M)	–
Rondelles planes ISO 898-3	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Dureté (M)	Diamètre du trou de passage d_1 (M) Épaisseur (M)
Rondelles autres que les rondelles planes	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Dureté (M)	Diamètre du trou de passage d_1 (M) Épaisseur (M)
Rivets aveugles	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Charge de cisaillement (M)	Diamètre du corps du rivet (M)
Rivets pleins	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Résistance à la traction ou dureté (M)	Diamètre du corps du rivet (M)
Goupilles	Composition chimique, sauf pour F2.2 (M) Charge de cisaillement (M) ou dureté (M)	Diamètre de la goupille (M)

(M) = Mesurage
(A) = Par attribut
[a] Conformément à l'ISO 898-1, la résistance à la traction doit être effectuée sur fixation entière conformément au programme d'essais FF, lorsque cela est réalisable. Lorsqu'aucun des essais de traction spécifiés dans l'ISO 898-1 n'est réalisable, l'essai de substitution à effectuer doit faire l'objet d'un accord lors de la commande.

Contenu exigé pour chaque type de document de contrôle des fixations

Généralités

Le présent article ne spécifie pas comment les documents de contrôle doivent être présentés. Un exemple de rapport d'essai est donné (tableau 23-6) pour information.

Les informations suivantes peuvent être ajoutées en option lorsque cela est approprié :

- le nom du client,
- la référence et la date de la commande du client,
- la quantité de pièces livrées,
- des commentaires sur les résultats d'essais/de contrôles.

D'autres informations et/ou résultats d'essais/de contrôles peuvent être inclus, au choix du fournisseur ou si cela est demandé par le client lors de la commande.

Contenu de la déclaration de conformité F2.1 des fixations

23-4

Informations générales concernant le fournisseur
- Le type de document de contrôle : «Déclaration de conformité F2.1 des fixations». - La référence à la présente norme : ISO 16228. - Nom et adresse du fournisseur des fixations qui établit le document de contrôle.
Informations générales concernant les fixations livrées
- La désignation complète des fixations conformément à la norme de produits (et/ou spécification technique), y compris le revêtement le cas échéant. - Le numéro du bordereau de livraison ou numéro de lot de fabrication (le cas échéant) ou numéro de traçabilité, tel que défini dans l'ISO 1891-4.
Validation
- Le fournisseur doit fournir une déclaration de conformité incluant la phrase suivante : «Les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes et/ou spécifications applicables.» - Nom, date et signature du représentant autorisé.

Contenu du rapport d'essai F3.1 des fixations

23-5

Informations générales concernant le fournisseur

- Le type de document de contrôle : «Rapport d'essai F3.1 des fixations».
- La référence à la présente norme : ISO 16228.
- Nom et adresse du fournisseur des fixations qui établit le document de contrôle.

Informations générales concernant les fixations livrées

- La désignation complète des fixations conformément à la norme de produits (et/ou spécification technique), y compris le revêtement le cas échéant.
- Le numéro de lot de fabrication des fixations livrées, tel que défini dans l'ISO 1891-4.
- Le marquage des fixations, le cas échéant (par exemple pour les vis conformes à l'ISO 898-1, la marque d'identification du fabricant et la classe de qualité).

Résultats d'essais/de contrôles pour les caractéristiques du matériau

Pour les fixations en acier ou en acier inoxydable :
- la norme de référence de la fixation (par exemple ISO 898-1, ISO 3506-2, etc.) et la date de publication,
- la catégorie, le grade et/ou la désignation du matériau (par exemple, acier allié pour la classe de qualité 10.9, A2 pour l'acier inoxydable, etc.),
- le code identifiant l'entité ayant réalisé l'analyse chimique du matériau[1],
- le numéro de lot de coulée du matériau ou le numéro de traçabilité du lot du matériau,
- l'analyse chimique, qui doit inclure les éléments chimiques, la (les) limite(s) de composition chimique exigée(s) et les résultats d'essai. Les éléments spécifiquement exigés par la norme de référence doivent être consignés, toutefois d'autres éléments peuvent être inclus l'analyse chimique peut également être une copie du document de contrôle d'origine du matériau joint au document de contrôle des fixations.

Pour les fixations en métaux non ferreux :
- la norme de référence et la date de publication, le cas échéant,
- la catégorie, la nuance et/ou la désignation du matériau,
- le numéro de lot de coulée du matériau ou le numéro de traçabilité du lot du matériau,
- l'analyse chimique, qui doit inclure les éléments chimiques, la (les) limite(s) de composition chimique exigée(s) et les résultats d'essai, lorsqu'elle est exigée dans la norme de référence ou dans la norme de produits (et/ou spécification technique) ou si elle est demandée par le client lors de la commande.

Pour les fixations en matériau non métallique :
- la norme de référence et la date de publication, le cas échéant,
- le numéro de lot du matériau ou le numéro de de traçabilité du lot du matériau,
- la catégorie, la nuance et/ou la désignation du matériau (par exemple PA6.6).

Lorsqu'il n'existe pas de norme de référence, il convient d'utiliser la norme de produits ou la spécification technique.

Résultats d'essais/de contrôles pour les caractéristiques mécaniques, physiques, dimensionnelles, fonctionnelles et/ou de finition-revêtement

Pour chaque caractéristique consignée :
- la caractéristique mécanique ou physique, son symbole le cas échéant, la méthode d'essai, la norme ou spécification technique de référence et sa date,
- la caractéristique dimensionnelle et son symbole[3], le cas échéant,
- le code identifiant l'entité ayant réalisé l'essai[1],
- la quantité de pièces contrôlées, sauf lorsque tous les résultats d'essais/de contrôles sont consignés,
- la (les) limite(s) exigée(s), le cas échéant,
- les résultats d'essais/de contrôles[2],

Ces éléments doivent également être inclus dans le document F3.1 lorsque les caractéristiques fonctionnelles et de finition-revêtement sont spécifiées dans la norme de produits (et/ou spécification technique) qui s'applique et/ou par le client.

Validation

- Le fournisseur doit fournir une déclaration de conformité incluant la phrase suivante : «Les contrôles/essais ont été réalisés sur des échantillons représentatifs de ce numéro de lot de fabrication. Les fixations livrées sont conformes à la commande et ont été fabriquées en conformité avec les normes et/ou spécifications applicables.»
- le nom, la fonction, la date d'émission et la signature du représentant autorisé.

[1] Le fabricant et/ou le distributeur et/ou le représentant externe autorisé.
[2] Les rapports doivent inclure les résultats d'essais/de contrôles conformément au type de fixations et aux spécifications des normes référencées ; les contrôles spécifiques doivent faire l'objet d'un accord.
[3] Pour les symboles dimensionnels, voir par exemple l'ISO 225.

Exemple de rapport d'essai F3.1 des fixations : vis conformes à l'ISO 4014 et à l'ISO 898-1

23-6

F3.1	Rapport d'essai des fixations ISO 16228	Rapport n°
		31/0120/00951

Informations concernant le fournisseur et le client	
Nom et adresse du fournisseur des fixations	Any Co Ltd., PO Box 23, B-1070

Informations concernant les fixations			
Désignation des fixations	Vis à tête hexagonale ISO 4014 - M16x120 - 10.9		
Numéro de lot de fabrication (ou numéro de traçabilité)	0k0040I	Marquage des fixations *(le cas échéant)*	XYZ 10.9
		Marquage sur l'étiquette	XcellentYZ 10.9

Propriétés du matériau													
Norme de référence datée	ISO 898-1:2013				Catégorie du matériau, grade et/ou désignation				Acier allié pour la classe de qualité 10.9				
Numéro de coulée	31967				Entité d'essai				S				
Analyse chimique % (m/m)	C		Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	B	Cu	Ti	V
Spécifications	min 0,20	max 0,55	–	–	max 0,025	max 0,025	0,30[a]	0,20[a]	0,30[a]	–	max 0,003	–	–	0,10[a]
Résultats	0,33		0,18	0,64	0,012	0,009	1,00	0,16	0,12	0,026	0,0025	0,17	0,004	–
[a] Cr 1,00 + Mo 0,16 + Ni 0,12 = 1,28 > 70 % (Cr 0,30 + Ni 0,30 + Mo 0,20) Conforme														

Caractéristiques mécaniques et physiques	Entité d'essai	Norme de référence datée		ISO 898-1:2013
		Quantité de pièces	Spécifications	Résultats
Résistance minimale à la traction R_m	M	5	min 1040 MPa	1107 – 1132 Pas d'amorce de rupture sous tête
Essai de traction cale biaise ISO 898-1:2013, 9.1				
Dureté	M	5	min 304 HB max 361 HB	min. 350 / max. 360
ISO 898-1:2013, 9.9 HBW $F = 30\ D^2$				

Caractéristiques fonctionnelles	Entité d'essai	Quantité de pièces	Spécifications	Résultats
Acceptation du filetage	M	8	M16x2: 6h	Entre/N'entre pas: Conforme
ISO 6157-1:1988				

Validation				
Les contrôles/essais ont été réalisés sur des échantillons représentatifs de ce numéro de lot de fabrication. Les fixations livrées sont conformes à la commande et ont été fabriquées en conformité avec les normes et/ou spécifications applicables.				
Représentant autorisé	Nom	Ian Scott Otway	Date	31/12/2017
	Fonction	Responsable qualité	Signature	

24 Vocabulaire du métier de la fixation

A

Abrasion
Processus de détérioration et d'usure dû à l'utilisation d'agents abrasifs *(usure abrasive)*.

Ac
Voir *critère d'acceptation*.

Accord de Vienne
Accord de coopération technique établi entre l'ISO et le CEN, visant à publier une norme au contenu identique et avec la même numérotation en norme sous référentiel ISO ou sous référentiel CEN.

Accréditation
Démarche consistant, après évaluation, à tester la compétence et l'impartialité des organismes ou laboratoires techniquement capables de réaliser des essais, des analyses ou des étalonnages et de procéder à des actions d'inspection ou de certification de produits, services, systèmes qualité ou de personnels, dans les secteurs donnés. En France le COFRAC remplit cette mission.

Acier
Alliage métallique fer+carbone dont l'élément principal est le fer, et dont la teneur en carbone n'est pas supérieure à 2% (+ taux maxima en éléments soufre et phosphore). La présence de fortes teneurs en éléments carburigènes peut modifier la limite supérieure de la teneur en carbone.

Acier allié
Acier avec des ajouts de composants métalliques d'amélioration (chrome, cobalt, manganèse, molybdène, nickel, titane, vanadium...).

Acier austénitique (inoxydable) (symbole A1 à A5)
Alliage fer-chrome-nickel et carbone (<0.12%) avec addition possible de molybdène pour améliorer la résistance à la corrosion. Famille d'acier inoxydable la plus répandue, avec une résistance moyenne (avec écrouissage), de bonne ductilité et résistance chimique élevée. Famille d'acier dont la structure est austénitique à la température ambiante. Le fer se présente sous forme cubique à faces centrées ou fer **γ**. Les sites interstitiels de l'austénite sont plus grands que ceux de la ferrite (fer **α**) et le fer **γ** peut donc stocker plus de carbone que le fer **α**.

Acier autotrempant
Désigne les aciers dont la *trempabilité* est telle qu'un refroidissement à l'air permet de conférer une structure martensitique à des pièces de dimensions même importantes.

Acier doux
Acier dont la faible teneur en carbone (inférieure à 0,05%) conduit à des caractéristiques mécaniques faibles et une forte ductilité.

Acier duplex (inoxydable) (symbole D)
Alliage fer-chrome-nickel de structure mixte ferritique-austénitique. Acier de très bonne résistance mécanique, résistance à la corrosion similaire à celle des aciers austénitiques mais avec une meilleure résistance à la corrosion sous contrainte.

Acier durci par trempe
Acier ayant subi un *durcissement par trempe*, toujours suivi d'un revenu (dans le seul cas de trempe dite bainitique, on s'abstient de ce traitement de revenu).

Acier faiblement allié (Acier avec éléments d'alliage)
Acier allié dont la teneur de chacun des composants améliorateurs (bore, chrome, molybdène..) est inférieure à 5%.

Acier Ferritique (inoxydable) (symbole F1)
Alliage fer-chrome et carbone (<0,12%). Acier de résistance mécanique plus faible que les aciers austénitiques et résistance chimique se situant entre celle des aciers austénitiques et celle des aciers martensitiques. Caractéristiques magnétiques.
Acier dont l'état ferritique est stable à toutes températures.

Acier fortement allié
Acier allié dont l'un au moins des composants améliorateurs à une teneur supérieure à 5%.

Acier inoxydable
Famille d'aciers alliés auxquels sont ajoutés essentiellement du chrome (10,5% minimum) du nickel et éventuellement d'autres composants améliorateurs (molybdène, titane, vanadium..) afin d'obtenir une résistance à l'oxydation et/ou à la corrosion. Cette amélioration varie en fonction de la nuance d'acier inoxydable et du milieu.

Acier martensitique (inoxydable) (symbole C1, C3 et C4)
Alliage fer-chrome-nickel, et carbone (>0,10%) avec addition possible de molybdène pour améliorer la résistance à la corrosion. Acier de résistance mécanique élevée lorsque trempé et revenu, mais résistance chimique moins élevée que celle des aciers austénitiques ou ferritiques.

Acier trempé revenu
Acier ayant subi un durcissement par trempe, puis un revenu (dans le seul cas de trempe dite bainitique, on s'abstient de ce traitement de revenu).

Action corrective
Action entreprise pour éliminer la cause d'une non-conformité ou d'une autre situation indésirable détectée (une action corrective est destinée à empêcher la réapparition, alors qu'une action préventive est destinée à prévenir l'occurrence).

Action mécanique
Toute cause physique capable de modifier le mouvement d'un corps, d'interdire le mouvement d'un corps susceptible de se déplacer, ou de déformer un corps.

Action préventive
Action entreprise pour éliminer la cause d'une non-conformité potentielle ou d'une situation potentielle indésirable (une action préventive est destinée à prévenir l'occurrence, alors qu'une action corrective est destinée à empêcher la réapparition).

Ad 'hoc (groupe)
Instance chargée de préparer le contenu technique d'une norme, d'étudier une question ou un sujet spécifique, le plus souvent à l'initiative d'un comité (ou sous-comité) technique de normalisation ISO ou CEN.

Adhérence
Phénomène qui tend à maintenir un objet solidaire d'un autre objet (liaison entre deux surfaces en contact) – voir frottement.

Adhérence du revêtement
Aptitude d'une couche de revêtement à rester liée au *substrat* ou au métal/matériau de base.

Adouci
Etat métallurgique de produits ayant subi un traitement thermique dit d'adoucissement en vue d'abaisser la dureté du métal. Ce traitement permet de faciliter les opérations de mise en forme (par exemple frappe à froid) ou d'usinage.

AELE
Association Européenne de Libre-Echange.

AFFIX
Voir *ARTEMA*.

AFNOR®
Association Française de NORmalisation - Organisme officiel national français chargé d'organiser l'élaboration des normes françaises, européennes et/ou internationales (avec les 25 bureaux de normalisation – dont l'UNM) et qui publie ces normes en langue française.

AFNOR Certification®
Société qui opère dans le domaine volontaire (par exemple marque NF) et réglementaire (par exemple marquage CE en rapport aux Directives ou Règlements Européens). Pour les fixations, elle gère les marques NF-boulonnerie de construction métallique, et est notifiée pour délivrer le marquage CE dans le cadre de la Directive Produits de Construction (boulons à haute résistance aptes à la précontrainte, boulons non précontraints).

Agrément Technique Européen (ATE)
Document constituant une appréciation favorable de l'aptitude à l'emploi d'un produit pour une fin déterminée, basée sur la satisfaction des exigences essentielles pour la construction, selon les caractéristiques intrinsèques de ce produit et les conditions établies de mise en œuvre et d'utilisation. L'agrément technique européen est délivré par un organisme agrée à cet effet par l'Etat membre. En France le CSTB est l'organisme d'agrément désigné et notifié par l'Etat.
Il constitue, dans le champ couvert par la Directive Produits de Construction (DPC), une étape obligatoire préalable à la mise sur le marché européen pour les produits non normalisés. Il affirme, sous la responsabilité du fabricant l'aptitude à l'usage prévu d'un produit. Il définit les dispositions du contrôle de production mis en place par le fabricant et éventuellement supervisées par un organisme notifié.
L'ATE est valable 5 ans.

Ajustement
Assemblage de deux pièces lisses, l'une extérieure contenante (alésage ou pièce femelle) et l'autre intérieure contenue (arbre ou pièce male) de même dimension nominale mais de tolérances différentes pouvant, en fonction de ces tolérances, avoir des comportements différents (jeu positif, serrage, jeu incertain).

Ajustement avec jeu
Ajustement assurant toujours un jeu entre l'alésage et l'arbre après assemblage, la limite inférieure de l'alésage étant plus grande que la limite supérieure de l'arbre (ou dans le cas limite égale). Exemple : système de filetage vis/écrou.

Ajustement avec serrage
Ajustement assurant toujours un serrage entre l'alésage et l'arbre après assemblage, la limite supérieure de l'alésage étant plus petite que la limite inférieure de l'arbre (ou dans le cas limite égale). Exemple : système de goupillage.

Alésage
Opération d'usinage d'une surface intérieure cylindrique ou conique – par extension, forme obtenue par cette opération.

Alésage (système de tolérance)
Forme géométrique définie par une dimension linéaire intérieure d'une pièce, généralement cylindrique.

Alexander
Voir *Théorie d'Alexander*.

Alliage
Mélange ou fusion d'éléments métalliques entre eux ou/et avec d'autres éléments non métalliques, permettant d'obtenir des caractéristiques améliorées par rapport aux caractéristiques des composants de base. Les éléments ajoutés au métal sont totalement solubles dans ce dernier à l'état liquide et ils sont susceptibles d'entrer en *solution solide* ou de former des composés.

Allongement
Augmentation en valeur ou en pourcentage de la longueur entre repères d'une pièce lors d'une mise en traction – cette augmentation peut être temporaire (allongement élastique) ou définitive (allongement plastique).

Allongement élastique
Augmentation de longueur d'une fixation ou d'une éprouvette dans le domaine d'élasticité du matériau sous un effort de traction, la fixation ou l'éprouvette reprenant sa longueur d'origine lorsque la sollicitation disparait.

Allongement plastique
Augmentation de longueur irréversible d'une fixation ou d'une éprouvette lorsqu'elle est soumise à un effort de traction supérieure à sa limite d'élasticité, qui apparait après l'allongement élastique.

Allongement après rupture sur éprouvette (symbole A%)
Grandeur sans unité exprimée en pourcentage – déformation permanente déterminée après rupture, lors d'un essai de traction sur éprouvette pour les vis, goujons, tiges filetées trempées et revenues (classe de qualité 8.8 et supérieures) conformément à l'ISO 898-1.

Allongement après rupture sur fixation entière / sur produit entier (symbole Af)
Grandeur sans unité exprimée en pourcentage – déformation permanente déterminée après rupture, lors d'un essai de traction sur fixation entière (vis, goujons, tiges filetées) pour toutes les classes de qualité, conformément à l'ISO 898-1 ou l'ISO 3506-1.

Aluminium (symbole chimique Al)
Métal blanc, brillant, fortement ductile, léger, s'autoprotégeant contre l'oxydation par production d'une couche d'alumine (résistance à la corrosion atmosphérique) – utilisation en rivetage, dans l'industrie aéronautique, etc.

AMDEC
Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de la Criticité - A pour but d'étudier et de maitriser les risques de défaillance d'un produit, processus ou service.

Amélioration continue
Processus ordonné visant à réduire l'irrégularité des produits, les rejets et les fréquences d'essai tout en améliorant la productivité, la qualité et la satisfaction du client.

Amorphe
Qualifie une matière dont les atomes ne sont pas ordonnés selon une structure cristallographique quelconque.

Analyse chimique
Détermination en laboratoire de la composition chimique d'un produit en pourcentages d'éléments. Techniques utilisées : *spectrométries* d'émission optique ou voie humide (plasma,...), microanalyses X quantitatives,...

Anneau d'arrêt
Voir *Circlip*.

Anode
Electrode sur laquelle se produit l'oxydation ou la corrosion (opposée à la *cathode*).

Anode
Pôle électrique de signe positif.

Anodisation
Procédé d'oxydation anodique électrolytique permettant la transformation d'une couche superficielle du métal en couche de protection conte l'usure et/ou dans un but esthétique – procédé particulièrement utilisé sur les pièces à base d'aluminium.

Anomalie
Déviation par rapport à ce qui est attendu (peut être la cause de non-conformité ou défaut).

Applicateur
Organisation qui met en œuvre les revêtements sur les fixations. Il peut s'agir d'un applicateur sous-traitant du fabricant ou distributeur, ou d'une application intégrée.

Aptitude à l'assemblage / au montage
Aptitude des fixations à être assemblées / montées à l'aide du / des outil(s) approprié(s), et conformément aux exigence(s) ou mode(s) opératoire(s) spécifié(s), le cas échéant.

AQL
Acceptance Quality Level : voir *Niveau de qualité acceptable*.

Arbre
Axe destiné à transmette un mouvement de rotation.
Pièce essentiellement destinée à s'insérer dans un alésage.

Arbre (système de tolérances)
Forme géométrique définie par une dimension linéaire extérieure d'une pièce, généralement cylindrique.

Arc-boutement
Phénomène d'adhérence entre deux solides qui s'oppose à tout mouvement.

Argent (symbole chimique Ag)
Métal blanc et brillant, inoxydable par l'oxygène, dissoluble dans l'acide nitrique – utilisation en revêtement *(argenture)*.

Argenture
Revêtement métallique d'argent sur une pièce permettant d'améliorer sa résistance à la corrosion et/ou sa capacité de conductivité électrique ou thermique.

Arrachement
Mode de ruine d'un assemblage où la fixation s'extrait de son support sous sollicitations (ruine du support ou ruine d'une partie de la fixation, mais pas de rupture de la fixation elle-même). Mode rencontré pour la ruine d'assemblage avec vis à bois ou cheville par exemple.

Arrêtés du 20 Janvier 1995 et du 13 octobre 1997
Arrêtés français portant mise en application obligatoire des normes ISO 898-1, ISO 898-2, ISO 3506-1 et ISO 3506-2 pour les fixations à filetage métrique ISO, dès lors qu'une classe de qualité est mentionnée sur n'importe quel support (marquage, étiquetage, document commercial, site web, publicité...).

Arrondi sous tête
Surface de raccordement entre la tête et le corps d'une vis, dont la section se rapproche d'un quart de cercle – mesure par le rayon de ce cercle. Voir *Rayon sous tête* et *Zone de raccordement tête-tige*.

ARTEMA
(ancien AFFIX) Artema est une association professionnelle qui regroupe en France, les entreprises de la mécatronique, dont fait partie la Fixation.

ASME
Sigle identifiant les normes publiées par l'*American Society for Mechanical Engineers*.

ASME
American Society for Mechanical Engineers - organisation internationale qui regroupe plus de cent vingt-cinq mille ingénieurs, résidant principalement aux Etats Unis, dont l'activité couvre le vaste domaine des sciences mécaniques. Elle est structurée en Sections géographiques, douze pour les Etats Unis et une pour l'étranger ; cette dernière divisée à son tour en quatre sous-sections, dont une pour l'Europe. Du point de vue technique les activités se structurent autour de trente-huit divisions chargées de l'organisation de congrès, symposiums et forums spécialisés et de disséminer les informations pertinentes auprès des membres ayant exprimé leur intérêt. L'ASME publie de très nombreuses revues d'un très haut niveau scientifique et technique grâce à une politique stricte de sélection des contributions.

Aspect d'une fixation
Propriété liée à la surface d'une fixation, telle que la couleur, la brillance, l'absence de défaut, etc.

Assemblage
Action d'assembler des éléments formant un tout, montage, ensemble qui en résulte – réunion d'éléments divers ou hétéroclites.

Assemblage démontable
Assemblage qui, effectué au moyen de fixation(s), permet le démontage de la liaison sans dommage pour les pièces assemblées, la fixation pouvant ou non être réutilisée (par exemple système vis-écrou).

Assemblage non démontable
Assemblage qui, effectué au moyen de fixation(s), permet le démontage de la liaison en détruisant les pièces assemblées et/ou la fixation (par exemple écrous sertis ou rivets).

Assemblage mécanique
Liaison de différentes pièces d'un ensemble mécanique.

Assemblage par fixation
Assemblage mécanique constitué de deux ou plusieurs pièces à assembler au moyen d'une ou plusieurs fixations, démontable ou non-démontable.

Assemblage vissé
Assemblage par fixations à filetage métrique ISO, démontable, composé d'une part d'une vis, goujon ou tige filetée, et d'autre part d'écrou(s) ou d'une pièce taraudée.

Assurance qualité
Politique d'entreprise visant à avoir et donner confiance dans sa capacité à satisfaire les besoins de ses clients.

ASTM
American Society for Testing and Materials - Un des organismes nationaux des USA pour la normalisation des matériaux – sigle identifiant les normes publiées par cet organisme - par extension, produit réalisé avec des matériaux correspondants à certaines caractéristiques normalisées par cet organisme (référence courante dans certains marchés, notamment en industrie pétrolière).

Attache
Voir *revêtement à l'attache*.

Attestation de conformité à la commande (2.1)
Document établi selon les spécifications de la norme EN 10204 ou ISO 10474 dans lequel le producteur de matériaux déclare que les produits livrés sont conformes à la commande, sans résultat d'essai.

Austénite
Constituant micrographique des aciers et fontes, cristallisant en réseau cubique à faces centrées (CFC) : solution solide d'un ou plusieurs éléments dans le fer gamma – voir *Acier austénitique*.

Austénite résiduelle
Austénite non transformée subsistant à température ambiante après un traitement de durcissement par trempe.

Austénitique (Symbole A)
Nuances d'acier inoxydable. La désignation est complétée par un chiffre indiquant la composition (2= alliage à base de chrome et nickel, 4= alliage à base de chrome, nickel et molybdène) – elle peut être complétée après un tiret par des chiffres correspondant à 1/10 de la résistance minimale à la traction de la vis, exprimée en N/mm^2, donnant ainsi une classe de qualité pour les fixations en acier inoxydable.

Austénitisation
Opération au cours de laquelle l'acier est porté à une température supérieure à la limite de stabilité de la ferrite, de telle sorte que celle ci se transforme en austénite.

Austéno-ferritique
Nuances d'acier inoxydable « Duplex », à forte teneur en chrome et molybdène, adaptées à des conditions de service dans certains environnements très agressifs.

Autofreinage
Dispositif incorporé à une fixation, destiné à limiter les possibilités de dévissage d'un assemblage – voir *Freinage*.

Autopassivation
Couche de conversion naturelle réduisant la *vitesse de corrosion* du substrat, par exemple pour l'acier inoxydable, l'aluminium, le titane.

Avis Technique (AT)
Document demandé par une entreprise et validé par une commission constituée auprès du Ministère chargé de l'Equipement, qui couvre l'aptitude à l'emploi des procédés, matériaux, «éléments ou équipements utilisés dans la construction, lorsque leur nouveauté n'en permet pas la normalisation.

Axe
En physique, droite orientée avec origine et unité. En mécanique, désigne un arbre tournant. En langage GPS, éléments tolérancés ou de référence réels construits. Ligne rectiligne fictive d'une surface ou d'un volume de révolution représentée en trait fin mixte (exemple : axe d'une vis).

Axial
Longitudinal ou parallèle à l'axe de la pièce, habituellement en référence aux contraintes axiales de traction et de compression.

A2 et A2-70
Nuances d'acier inoxydable – le « A » indique un acier austénitique, le « 2 » un alliage à base de chrome et nickel, le deuxième groupe de la désignation indique (si présent) le 1/10° de la résistance minimale à la traction de l'élément de fixation exprimée en N/mm^2.

A4, A4-70 et A4-80
Nuances d'acier inoxydable – le « A » indique un acier austénitique, le 4 un alliage à base de chrome, nickel et molybdène, et le deuxième groupe de la désignation indique (si présent) le 1/10° de la résistance minimale à la traction de l'élément de fixation exprimée en N/mm^2.

B

Bainite
Constituant formé par décomposition de l'*austénite* dans un intervalle de température compris entre les températures où se forme la *perlite* et celles auxquelles apparaît la *martensite*. Elle est formée de grains de ferrite dans lesquels le carbone a finement précipité sous forme de carbures.

Bardage
Paroi de façade constituée d'éléments rapportés sur une structure, le plus généralement pour des bâtiments industriels (bacs-acier ou panneaux-sandwiches posés avec des fixations de second-œuvre).

Besoin
Ce qui parait nécessaire ou indispensable à quelqu'un. Sur le plan économique, raison pour laquelle le client est prêt à débourser une somme. Peut être un produit ou un service. Un CBB (calcul de besoin brut) exprime un prévisionnel de consommation destiné à permettre l'anticipation des approvisionnements afin d'éviter tout manquant.

Bien
Objet matériel fabriqué et commercialisé. Son achat satisfait le besoin de celui qui l'acquiert.

Bore (symbole chimique B)
Composant non métallique noir améliorant la trempabilité des aciers à taux de carbone inférieur à 0,8%, tout en permettant l'économie d'autres éléments beaucoup plus coûteux (nickel, chrome, etc.).

Boruration
Traitement thermochimique auquel est soumis un alliage ferreux, le maintien à température étant réalisé dans un milieu convenable pour obtenir un enrichissement superficiel en bore. Réalisé à haute température, ce traitement donne naissance à une couche de dureté élevée.

Boulon
Ensemble composé d'une vis et d'un écrou, parfois accompagné d'une ou deux rondelles (cas des boulons précontraints pour construction métallique).

Boulon HR
Boulon de construction métallique à Haute Résistance composé de vis, écrou et rondelles, apte à la précontrainte (minimum 0,7 f_{ub} A_s) : en cas de surserrage, la marge de sécurité est obtenue principalement par l'allongement plastique de la vis avant rupture. La hauteur d'écrou est d'environ 0,9 D et la longueur filetée normale. Ces boulons sont sous marquage CE dans le cadre de la DPC (Directive Produits de Construction).En complément, ils peuvent être aussi sous marque NF.

Boulon HRC
Boulon de construction métallique à Haute Résistance avec précontrainte Calibrée composé de vis, écrou et rondelles, La précontrainte est contrôlée lors du serrage par la rupture de l'embout fusible de la vis. Ces boulons sont sous marquage CE dans le cadre de la DPC (Directive Produits de Construction). En complément, ils peuvent être aussi sous marque NF.

Boulon HV
Boulon de construction métallique à Haute Résistance composé de vis, écrou et rondelles, apte à la précontrainte (minimum 0,63 f_{ub} A_s) : en cas de surserrage, le mode de ruine est généralement par déformation puis arrachement du filetage en prise. La hauteur d'écrou est d'environ 0,8 D et la longueur filetée écourtée. Ces boulons sont sous marquage CE dans le cadre de la DPC (Directive Produits de Construction). Les éléments formant le boulon peuvent être fournis dans une même boite ou en boitage séparé. Dans ce cas, le lot d'ensemble doit être respecté afin de garantir l'aptitude à l'emploi de l'ensemble.

Boulon SB
Boulon de construction métallique principalement utilisé pour des sollicitations en cisaillement ou faibles sollicitations en traction. Aucune précontrainte n'est exigée. Ces boulons sont sous marquage CE dans le cadre de la DPC (Directive Produits de Construction). En complément, ils peuvent être aussi sous marque NF (SB = Structural Bolt).
Procédé permettant l'assemblage permanent par brasure de deux pièces métalliques de nature identique ou différente. Consiste à combler un joint par capillarité ou infiltration d'un métal d'apport dont la température de fusion est inférieure à celle des pièces assemblées.

Brinell (essai Brinell)
Test de dureté de surface par mesure du diamètre de l'empreinte résultant d'une pénétration sans à-coup et progressive sous une charge définie d'une bille de diamètre normalisée – mesure HB – Ce test est notamment utilisé pour les aciers écrouis ou recuits.

Brochage
Procédé permettant d'usiner des surfaces (souvent intérieures) par repoussage à l'aide d'un outil à tranchants multiples appelé broche. Exemple : réalisation de cannelures ou d'empreinte six pans creux.

Bronze
Alliage de cuivre (symbole chimique Cu) et étain (symbole chimique Sn), pouvant être complété par du nickel, de l'aluminium ou du silicium – bonne résistance à la corrosion.

Brouillard salin neutre (essai) ou BS
Essai destructif de corrosion accéléré de résistance à l'oxydation de fixations revêtues, dans une enceinte climatique à ambiance tempérée, humide et salée – La résistance à la corrosion au brouillard salin est généralement spécifiée en heures (mesure en heures d'apparition des phénomènes d'oxydation blanche et/ou de rouille rouge).

Brunissage
Opération de finition par immersion dans un bain alcalin chaud ou résultant d'une opération de trempe thermique à l'huile, colorant les pièces traitées en noir ou brun foncé.

BS
Voir *Brouillard salin neutre*.

BS – BS EN – BS EN ISO – BS ISO
Sigles identifiant les normes du Royaume-Uni publiées par le BSI et précédant le numéro de la norme.

BSI
British Standard Institute : organisme officiel national de normalisation du Royaume-Uni.

C

Cahier des charges fonctionnel (CdCF)
Document par lequel le demandeur exprime son besoin ou celui qu'il est chargé de traduire, en termes de fonctions de service et de contraintes. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une tolérance ou flexibilité.

Calibre
Bague ou tampon, lisse ou fileté, utilisé pour des contrôles par comparaison sur arbre et alésage lisse ou fileté.

Calmage
Addition au moment de la coulée de l'acier, d'éléments avides d'oxygène (silicium, aluminium,...) susceptibles de former avec lui des composés stables pour réduire ou supprimer l'effervescence de cet acier.

Calorisation
Procédé thermochimique de diffusion superficielle d'aluminium (cémentation par l'aluminium).

Caoutchouc
Voir *Elastomère*.

Capabilité (d'un processus de production)
Capacité d'un système à remplir de façon pérenne la fonction demandée – notion utilisée pour la maitrise statistique des procédés (SPC) permettant de mesurer la capacité d'un équipement ou d'un procédé à réaliser des pièces dans un intervalle de tolérance défini – voir la norme ISO 16426.

Capacité de charge intégrale
Caractéristique d'une fixation finie (vis, goujon, tige filetée, écrou - normalisée ou non) dont la charge de rupture minimale F_m est conforme lorsqu'elle est soumise à un essai de traction sur produit entier, et dont la rupture se produit dans la partie filetée pour les vis à métaux.

Capacité de charge intégrale (vis à métaux à...)
Vis ou goujon avec une partie lisse de diamètre $d_s > d_2$ ou vis entièrement filetée ou tige filetée, dont la rupture en traction se produit dans la partie fileté (voir la norme NF EN ISO 898-1).

Capacité de charge réduite
Caractéristique d'une fixation finie (vis, goujon, tige filetée, écrou - normalisée ou non) dont les propriétés du matériau sont conformes aux exigences prévues par sa classe de qualité mais dont la rupture se produit, soit pour une charge inférieure à celle des écrous normaux (par exemple écrou bas) et de ce fait la classe de qualité doit être précédée d'un zéro (voir ISO 898-2), soit dans une partie autre que le filetage pour les vis à métaux du fait de leur géométrie.

Capacité de charge réduite (vis à métaux à...)
Vis à métaux dont la géométrie entraîne la rupture en traction dans une partie autre que le filetage, par exemple dans la tête (tête basse, tête fraisée, à entraînement interne) ou dans la partie lisse (vis à tige très réduite...). De ce fait la classe de qualité doit être précédée d'un zéro (voir NF EN ISO 898-1).

Caractéristique d'une fixation
Propriété dimensionnelle, chimique, physique, mécanique ou fonctionnelle ou autre propriété identifiable d'une fixation, qui peut faire l'objet d'une spécification (par exemple : hauteur de tête, teneur en carbone, résistance à la traction, relation couple/tension...).

Caractéristique essentielle
Dans le cadre du RPC (Règlement Produit de la Construction), caractéristique du produit de construction qui correspond aux exigences fondamentales applicables aux ouvrages de construction, pour la libre circulation des produits.

Caractéristique mécanique
Propriété mécanique spécifiée d'une fixation, généralement déterminée au moyen de machine d'essai (traction, allongement, dureté...).

Caractéristique sélectionnée
Caractéristique d'une fixation considérée comme critique pour son assemblage et/ou sa fonction et qui est désignée par le client.

Carbone (symbole chimique C)
Composant non métallique simple, utilisé dans la composition des aciers sous forme de coke dans les haut-fourneaux.

Carbonitruration
Traitement thermochimique afin d'obtenir une diffusion de carbone et azote dans la surface métallique, provoquant une augmentation de la dureté de la surface du métal, particulièrement utilisé pour les fixations en acier bas-carbone ou faiblement alliés pour améliorer leurs caractéristiques fonctionnelles (vis autoperceuses, vis de pression ou réglage...). Généralement cette opération est suivie d'un durcissement par trempe + revenu.

Carburation
Résultat de l'augmentation de la teneur en carbone en surface par rapport à celle du métal de base, généralement non souhaité.

Cardan
Type d'accouplement permettant la transmission de puissance entre deux arbres avec désalignement angulaire.

Carte de contrôle
Outil utilisé en contrôle qualité afin de maitriser les procédés de fabrication – Permet de détecter le moment ou apparait une défaillance entrainant une dérive.

Cathode
Electrode sur laquelle se produit la réduction (opposée à l'anode).
Pôle électrique de signe négatif.

Cavitation
Erosion à la surface d'un solide par formation et évolution de cavités, au contact d'un liquide.

CCPU
Certificat de Contrôle Produit par l'Usine, *certificat de conformité* en usine, garantissant la conformité de la matière première à une norme matière et /ou à un cahier des charges, et résultant de son analyse chimique et d'essais mécaniques. A été remplacé par les « Certificats matière » ou « Documents de Contrôle » pour les fixations.

Cémentation
Traitement thermochimique de diffusion afin d'obtenir un enrichissement de la surface métallique en carbone, provoquant une augmentation de la dureté de la surface du métal trempé. Utilisé par exemple pour les vis autoformeuses et les vis autotaraudeuses. Cette opération est toujours suivie d'un traitement thermique de trempe + revenu, afin d'obtenir le durcissement de la couche enrichie par formation de martensite.

CEN
Comité Européen de Normalisation. La publication des normes européennes est assurée par les organismes nationaux des différents pays.

Céramique
Matériau à base d'oxydes de carbures, nitrures...Obtenu par solidification à haute température ou frittage.

Certificat 2.1
Voir *Attestation de conformité à la commande 2.1.*

Certificat 2.2
Voir *Relevé de contrôle 2.2.*

Certificat de contrôle 3.1 (matériaux)
Document selon spécifications de la norme EN 10204 ou ISO 10474, dans lequel le producteur de matériaux déclare que les produits livrés sont conformes à la commande, avec des résultats issus de contrôles spécifiques. Ce document est validé par le représentant autorisé du producteur.

Certificat de contrôle 3.2 (matériaux)
Document selon spécifications de la norme EN 10204 ou ISO 10474, dans lequel le producteur de matériaux déclare que les produits livrés sont conformes à la commande, avec des résultats issus de contrôles spécifiques. Ce document est validé par le représentant autorisé du producteur et par le représentant autorisé du client ou par un inspecteur désigné par une tierce partie.

Certificat matière
Document de contrôle pour les matériaux *(voir Attestation de conformité à la commande 2.1, Relevé de contrôle 2.2, ou Certificat de contrôle 3.1 ou 3.2)*. Ne pas confondre avec les Documents de contrôle pour les fixations.

Certification
Activité par laquelle un organisme reconnu, indépendant des parties en cause, donne l'assurance qu'une organisation, un service, un processus, un produit ou des compétences professionnelles sont conformes à des exigences spécifiées dans un référentiel. La certification est une démarche volontaire.

CETIM®
Centre Technique des Industries Mécaniques
Organisme d'études, de recherche, d'essais et contrôles, de formation et d'information technique pour les métiers de la mécanique.

Chambrage
Logement cylindrique obtenu par fraisage, permettant à la tête d'une vis d'être noyée dans la pièce assemblée.

Chanfrein
Angle rabattu ou usiné d'une pièce, supprimant une arête vive et améliorant la résistance.

Charge (chimie)
Matière solide ajoutée à un polymère pour améliorer ses propriétés.

Charge (mécanique)
Effort supporté par une ou plusieurs pièces ou valeur numérique d'une sollicitation, exprimé en newtons (N) ou déca-newtons (daN). Aussi appelée Effort ou Force.

Charge (sous-lot)
Quantité de fixations identiques issues du même lot de fabrication et traitées ensemble en une seule fois avec le même procédé. Le même procédé signifie : pour un procédé continu, le même cycle de traitement sans aucune modification de réglage ; pour un procédé discontinu, le même cycle de traitement pour des charges identiques et consécutives. Le lot de fabrication peut être divisé en plusieurs charges pour les besoins de la fabrication, ces charges étant ensuite réassemblées dans le même lot de fabrication. *Voir Lot homogène de fabrication*.

Charge de galvanisation
Quantité de fixations identiques, nettoyées, décapées à l'acide, fluxées et galvanisées en même temps dans un même panier de galvanisation.

Charge d'épreuve
Charge spécifiée pour caractériser la résistance à la charge d'épreuve d'une vis à métaux ou d'un écrou, exprimé en newton (N). Voir *Essai de charge d'épreuve*.

Charge maximale (symbole F_m)
Lors d'un essai (traction, cisaillement...) d'une fixation, effort maximum supporté par la pièce testée après dépassement de la limite d'élasticité et avant rupture, exprimé en newton (N).
Essai de résilience par mesure de l'énergie de choc nécessaire à la rupture d'une éprouvette normalisée, entaillée en V ou en U, sous l'action d'un pendule.

CHC
Vis à tête Cylindrique à six pans creux (HC = Hexagonale Creuse).

Cheville
Fixation permettant de réaliser un ancrage dans un matériau support (plâtre, béton..) par frottement, par verrouillage de forme ou par collage.

Choc
Défaut de surface caractérisé par un creux (ou bosselure) sur une surface externe quelconque d'une fixation, provoqué par une action extérieure lors de la manutention (transfert lors du process de fabrication, lors du conditionnement...).

Choc sur filet
Bosselure, éraflure, encoche sur le filetage provoquée par une action extérieure en cours de fabrication ou de manipulation de la pièce (en particulier sur les filetages extérieurs).

Choc thermique
Brusque variation de la température interne d'une pièce, entraînant la modification de ses propriétés et pouvant engendrer une rupture.

Chromage
Revêtement métallique de Chrome.

Chromatation
Opération visant à apporter des chromates dans la masse ou en surface de pièces obtenue par la réaction d'une solution contenant des composés de *chrome hexavalent*, afin d'en renforcer la résistance à la corrosion. Couche de conversion résultant de cette opération.

Chrome (symbole chimique Cr)
Métal blanc, dur et inoxydable utilisé en alliage pour améliorer les qualités de résistance à l'oxydation à la traction ou à l'usure et en composant de revêtement de surface associé au zinc– Il est surtout présent à l'état *trivalent* (Cr3) ou hexavalent (Cr6).

Chrome hexavalent (symbole Cr6)
Chrome à l'état d'oxydation +6 agissant comme inhibiteur de corrosion et utilisé pour former une *couche de conversion* au chromate. Le chrome hexavalent est considéré comme substance toxique par son aspect cancérigène et allergène et soumis à réglementation.

Chrome trivalent (symbole Cr3)
Chrome à l'état d'oxydation +3 utilisé pour former une *couche de conversion* de passivation, qui peut remplacer une couche de conversion au chromate.

Chromisation
Traitement thermochimique auquel est soumis un alliage ferreux, le maintien à température étant réalisé dans un milieu convenable pour obtenir un enrichissement superficiel en chrome qui diffuse vers l'intérieur de la pièce. La couche superficielle peut être formée de chrome quasiment pur.

Cinématique
Etude du mouvement des corps sans prise en compte des forces qui le provoque – Par extension, permet de connaitre la volumétrie potentielle d'un système mécanique en mouvement.

Circlips®
Anneaux d'arrêt pour arbre (circlips extérieurs) ou alésage (circlips intérieurs).

Circularité
Spécification géométrique tolérancée relative au profil de chaque section droite d'un cylindre extérieur dont la forme est comparée à un cercle parfait.

Cisaillement
Sollicitation mécanique revenant à sectionner par une force perpendiculaire à l'axe de la pièce une section droite en deux sections opposées.

Classe de flexibilité
Indication littérale placée au *niveau d'un critère d'appréciation* et permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité.

Classe de qualité
Ensemble des caractéristiques mécaniques et physiques et le cas échéant des matériaux, que doit satisfaire la fixation, ainsi que les méthodes d'essais correspondantes et le marquage.
Exemple de caractéristique mécanique : résistance à la traction pour les vis, charge d'épreuve pour les écrous, dureté pour les rondelles.
Note : à l'article, la classe de qualité est représentée par un symbole, par exemple : vis "8.8", écrou inox "70", rondelle plane "300HV".

Classe de tolérance (arbre/alésage)
Désignée par une ou plusieurs lettres majuscules (pour les alésages) ou minuscules (pour les arbres) identifiant l'*écart fondamental*, suivies du nombre représentant le degré de tolérance normalisé. Par exemple H7 (alésage) ou h7 (arbre).

Classe de tolérance de filetage
Désignation alphanumérique indiquant la tolérance et le jeu normalisés d'assemblage pour un filetage. Par exemple 6g pour une vis, 6H pour un écrou.

Clavetage
Technique d'assemblage par *Clavette*.

Clavette
Pièce assurant la liaison démontable entre plusieurs pièces en rotation et/ou translation (par exemple entre un moyeu ou une poulie et un arbre).

Clef à chocs
Outil de serrage ou desserrage puissant mais imprécis, à réserver aux blocages.

Clef dynamométrique
Outil de serrage indiquant ou limitant le couple de serrage, utilisé notamment en montage de charpente métallique.

Client
Organisme qui achète des produits de fixation, mais qui n'est pas obligatoirement l'utilisateur.

Clinchage
Technique d'assemblage par déformation mécanique locale et à froid par point de tôles l'une dans l'autre (point de clinchage rond, rectangulaire...).

Clip
Fixation réalisée à partir de métal en feuille, de plastique ou fixation métalloplastique destinée à être assemblée par pression – aussi appelé *Agrafe* lorsqu'elle est métallique.

Coaxialité
Spécification géométrique tolérancée relative à deux cylindres d'axe théoriquement parfait et commun.

Coefficient de frottement (symbole μ)
Grandeur sans unité déterminée au moyen d'un banc de serrage, calculée à partir de grandeurs physiques mesurées et des caractéristiques de la fixation filetée. Elle permet de résumer la relation couple / tension de la fixation entrainée en rotation de façon simple, indépendamment de la géométrie de l'assemblage.

Coefficient de rendement du couple (symbole K)
Grandeur sans unité déterminée au moyen d'un banc de serrage, calculée à partir du couple et de la tension mesurés et du diamètre de la fixation. Le coefficient K est utilisé pour les boulons de construction métallique aptes à la précontrainte (boulons HR, HRC, HV).

COFRAC
COmité FRançais d'ACcréditation, association française ayant pour but d'accréditer en France des organismes privés ou des laboratoires dépendant de la puissance publique (métrologie légale, comparaisons inter-laboratoires et matériaux de référence...).

Cohésion du revêtement
Aptitude d'une couche de revêtement à rester intrinsèquement liée.

Collage
Procédé d'assemblage de plusieurs pièces par liaison chimique, au moyen de produit d'apport possédant des propriétés adhésives, non démontable (destruction à l'interface collé ou dans le matériau lui-même pour les collages structuraux).

Compétitivité
Capacité à affronter dans de bonnes conditions les entreprises concurrentes et les exigences des clients. Par extension, capacité à obtenir des conditions économiques satisfaisantes.

Composite
Matériau constitué de matières de nature différente, par exemple composé d'une charge (fibres de verre, fibres de carbone) et d'un liant permettant une solidification par réaction chimique.

Compression
Contrainte mécanique équivalente à l'action d'une force qui exerce une pression à chaque extrémité d'un élément rectiligne, causant une déformation élastique ou plastique de la pièce : raccourcissement dans la direction de l'effort appliqué (contraire de la traction).

Condition fonctionnelle (Cote condition ou Cote fonctionnelle)
Dimension permettant d'assurer les conditions normales de fonctionnement d'un produit. Elle peut être unilimite ou bilimite.

Conductibilité
Propriété d'un matériau à propager un flux thermique ou électrique, caractérisé par sa conductivité (thermique ou électrique).

Conductivité thermique (symbole k)
Capacité d'un matériau à conduire la chaleur d'un flux thermique stabilisé.

Conformité
Satisfaction d'une exigence.

Consensus
Accord général concerté entre les parties, caractérisé par l'absence d'opposition ferme à l'encontre de l'essentiel du sujet, un processus de rapprochement des positions divergentes et un processus de prise en considération de toutes les vues exprimées. Le consensus n'implique pas nécessairement l'unanimité.

Contamination d'un lot
Inclusion de fixation(s) différente(s), de substance(s) ou produit(s) étranger(s) dans un lot de fabrication de fixations.

Contrainte (fixation) (symbole σ)
Ratio de la force appliquée dans une fixation et sa section résistante, exprimé en mégapascal.

Contrainte (mécanique)
Effort par unité de surface, exprimé en mégapascal (1 MPa = c Newton par mm^2).

Contrainte admissible (symbole σc)
Produit de la contrainte calculée d'après la charge maximale estimée et d'un coefficient de sécurité (supérieur à 1) utilisé pour intégrer les inconnues et les besoins de sécurité.

Contre-tête
Partie déformée du corps d'un rivet aveugle, opposée à sa tête, formée par la tige au cours de la pose.

Contrôle
Action de mesurer, essayer, examiner, passer au calibre les caractéristiques d'un produit.

Contrôle (fixation)
Examen, mesurage, essai et/ou contrôle par calibre d'une ou plusieurs caractéristiques d'une fixation, et comparaison des résultats avec les exigences spécifiées afin de déterminer la conformité. Par exemple contrôle dimensionnel par pied à coulisse, présence d'une patte de clip, défaut de surface visuel.

Contrôle (selon ISO 9001)
Vérification d'une ou plusieurs caractéristiques conformément à un protocole établi (norme, spécification technique, règle interne..). Un contrôle est non destructif sauf spécification contraire – par exemple contrôle dimensionnel par pied à coulisse, contrôle par calibre d'un filetage, présence d'une patte de clip, défaut de surface visuel...

Contrôle de réception
Ensemble de procédures effectuées par le client ou son représentant sur les fixations livrées, afin de décider de l'acceptation ou du rejet du lot de fixations.

Contrôle destructif
Type de contrôle altérant les pièces concernées et empêchant leur mise en utilisation ultérieure (exemple : test brouillard salin, essai de rabattement de tête...).

Contrôle dimensionnel
Vérification des dimensions caractéristiques normatives ou spécifiques d'un *échantillonnage* de pièces d'un lot, effectué avant livraison et pouvant donner lieu à un certificat de contrôle.

Contrôle en cours de fabrication
Ensemble de procédures systématiques ou périodiques de mesurage ou de vérification des paramètres d'un procédé et/ou des caractéristiques des fixations, et ajustement approprié du procédé de fabrication afin d'assurer la production de fixations conformes.

Contrôle final
Ensemble de procédures de contrôle effectuées par le fabricant ou le distributeur sur les fixations finies, afin de décider si un lot peut être livré au client.

Contrôle non destructif
Type de contrôle effectué sans altération des pièces concernées et permettant leur mise en utilisation ultérieure (exemple : contrôle dimensionnel, radiographie, contrôle de profil...).
En plus du contrôle dimensionnel, c'est l'ensemble des procédés permettant de contrôler une pièce afin de déceler d'éventuels défauts (débouchant ou non) tout en préservant l'intégrité (chimique, métallurgique, physique et mécanique) de la pièce. Les méthodes les plus utilisées sont :
- ressuage (détection de défaut débouchant en surface),
- magnétoscopie (détection de défaut débouchant et sous jacent en surface),
- sondage aux ultrasons (détection de défaut à cœur),
- radiographie aux rayons X ou Gamma (détection de défaut à cœur).

Coplanaire
Adjectif définissant une caractéristique contenue dans un même plan.

Corps de boulon
TERME A NE PAS UTILISER : Vis avec partie lisse sous tête et partiellement filetée.

Corrosion
Destruction progressive d'une pièce par effet chimique ou électrochimique (environnement) conduisant à une altération de surface et une dégradation des caractéristiques mécaniques.

Corrosion caverneuse
Corrosion par diminution de la concentration en oxygène dans des zones particulières, due à des criques, interstices, impuretés, imperfections de la couche de protection...

Corrosion cyclique (essai)
Essai de corrosion au cours duquel les fixations sont généralement exposées à une combinaison de différents environnements, en continu ou par intermittence (brouillard salin, humidité, température élevée ou basse, etc.) voir *Brouillard salin neutre.*

Corrosion du métal de base
Corrosion du matériau à partir duquel la fixation a été fabriquée, appelée rouille rouge lorsque le métal de base est de l'acier ou un alliage de fer.

Corrosion de contact
Phénomène lié au contact électriquement conducteur entre au moins deux matériaux métalliques de nature différente (couplage galvanique) qui, en présence d'eau, entraine une attaque électrochimique accrue du métal le moins noble – Voir *Corrosion galvanique*.

Corrosion du revêtement
Corrosion de la (des) couche(s) métallique(s) protégeant la fixation, ou des particules métalliques pour les revêtements de zinc lamellaire.

Corrosion – érosion
Action conjointe de la corrosion et de l'érosion due à l'écoulement d'un fluide corrosif, qui accélère l'enlèvement de matière.

Corrosion galvanique
Corrosion électrochimique accélérée entre deux matériaux de potentiel électrolytique différent, résultant de la production d'un courant électrique entre eux par échange d'électrons en présence d'un électrolyte (humidité, eau...) – « effet de pile » (contact métal/métal plus noble ou avec un conducteur non métallique dans un électrolyte corrosif).

Corrosion généralisée
Type de corrosion qui attaque et détériore la surface d'un métal de manière uniforme.

Corrosion par piqûres
Corrosion locale se manifestant par une attaque superficielle produisant des points jusqu'à formation de cavités perpendiculaires à la surface de la pièce.

Corrosion sous contrainte
Processus de fissuration qui requiert l'action simultanée d'une contrainte (appliquée en service ou résiduelle de fabrication) et d'un agent corrosif.

Corroyé
Se dit d'un matériau métallique qui a été déformé par allongement.

Cotation fonctionnelle
Cotation permettant à partir de conditions fonctionnelles exprimées sur le dessin d'ensemble de déterminer les cotes fonctionnelles tolérancées.

Cote condition ou cote fonctionnelle.
Voir *condition fonctionnelle*.

Couche de conversion
Couche superficielle obtenue par traitement chimique ou électrochimique, constituée d'un composé du métal du substrat et d'éléments de la solution de traitement (par exemple couche de conversion au chromate, passivation, phosphatation...).

Coulée
Lot de produits issu d'une fabrication homogène d'acier ou d'alliage dans l'industrie sidérurgique.

Couplage galvanique
Voir *Corrosion galvanique*.

Couple
Produit vectoriel de la distance d'application d'une force exercée au centre de rotation par la force exercée (effet de levier).
Système de deux forces égales, parallèles et de sens contraire, appliquées à un corps et qui tendent à le faire tourner. Il génère ou interdit un mouvement autour d'un axe, et s'exprime en Newton-mètre (N.m).
Effort de rotation appliqué à un axe.

Couple de frottement dans les filets
Couple agissant sur le corps de la vis par l'intermédiaire des filets en contact pendant le serrage.

Couple de frottement de la face d'appui
Couple agissant par l'intermédiaire de la surface en appui contre les pièces serrées, pour la fixation entrainée en rotation pendant le serrage.

Couple de rupture
Couple maximal mesuré lors d'un essai de torsion d'une vis jusqu'à sa rupture, exprimé en Newton-mètre (N.m).

Couple de serrage
Valeur du couple à appliquer à la fixation filetée à l'aide d'un outillage, pour générer une tension dans la vis (ou goujon ou tige filetée) afin d'obtenir et maintenir une compression des pièces serrées dans l'assemblage.
Couple global appliqué sur l'écrou ou la tête de la vis pendant le serrage.

Couple de serrage à la limite d'élasticité
Couple de serrage générant la force de serrage à la limite d'élasticité.

Couple / tension
Voir *Relation couple : tension.*

Coût complet
Ensemble des dépenses engagées pour définir, développer, fabriquer, acheter, approvisionner, stocker, mettre en œuvre et gérer un produit. Plus le prix d'un produit est faible, plus l'écart entre prix et coût complet est grand : par conséquent, notion particulièrement importante pour les produits de fixation.

Cp
Un des moyens d'expression de la capacité d'un processus à produire de manière précise et répétable dans le cas d'une loi normale – un Cp faible représente une production dispersée, un Cp élevé indique que toutes les pièces produites vont se ressembler mais peut correspondre à des produits décentrés par rapport aux limites de tolérance.

CPD
« Construction Product Directive » - voir *DPC* en français.

Cpk
Un des moyens d'expression de la capacité d'un processus par rapport à sa moyenne – cette mesure est basée sur l'écart entre la moyenne du processus et la limite de spécification la plus rapprochée, dans le cas des caractéristiques qui ont une distribution normale.

CPR
« Construction Product Regulation » - voir *RPC* en français.

Cr(III) ou Cr(3)
Voir *Chrome trivalent*.

Cr(VI) ou Cr(6)
Voir *Chrome hexavalent*.

Crique
Défaut de surface en forme de cassure nette à facettes de la structure cristalline passant à travers les joints de grains, pouvant éventuellement suivre les inclusions, généralement provoquée par une sollicitation excessive du métal pendant les opérations de forgeage, de formage, ou autre déformation de matière, ou pendant la trempe.

Crique d'inclusion
Défaut de surface apparaissant lors du cisaillage ou du forgeage, qui suit les inclusions de matière.

Crique de forgeage
Défaut de surface correspondant à un éclatement à la surface du métal suite aux contraintes de compression pendant le forgeage, apparaissant sur la tête de vis, la surface extérieure de l'écrou, le pourtour d'embase, le plat ou l'angle d'un hexagone, à l'intérieur ou à l'extérieur d'une empreinte...

Critère d'acceptation (symbole Ac)
Nombre maximal de non-conformités pour la même caractéristique dans un échantillon donné, au-delà duquel le lot est rejeté.

Cruciforme
Se dit d'une empreinte (entraînement en creux dans une tête de vis) ou d'un outil de manœuvre (tournevis, embout de serrage) conique et de section en forme de croix : pour les fixations l'empreinte cruciforme Pozidrive® ou l'empreinte Phillips® sont généralement utilisées.

Cuisson
Procédé de chauffage du revêtement afin d'obtenir une couche réticulée solide et adhérente, par exemple pour les revêtements de zinc lamellaire, les finitions *Sealer* ou top-coat. L'opération de séchage peut s'effectuer lors du procédé de cuisson.

Cuisson (Durée de)
Période de temps pendant laquelle les fixations revêtues sont maintenues à la température de cuisson spécifiée (par exemple pour un revêtement de zinc lamellaire).

Cuivrage
Revêtement de cuivre déposé sur une surface.

Cuivre (symbole chimique Cu)
Métal rouge, malléable, composant de base des bronzes et laitons, et utilisé en revêtement pour ses propriétés de conductivité électrique.

Cupro-aluminium
Alliage de cuivre (Cu) et d'aluminium (Al) présentant une bonne résistance à la corrosion marine.

Cupro-nickel
Alliage de cuivre (Cu) et de nickel (Ni) présentant une bonne résistance à la corrosion marine.

Cylindre primitif
Pour un filetage, cylindre fictif dont la surface extérieure coupe un filetage parallèle là où les largeurs du plein et du creux du filetage sont égales.

Cylindricité
Spécification géométrique tolérancée relative à cylindre, dont la forme est comparée à un cylindre étalon parfait.

Cylindrique basse (symbole CZ)
Tête de vis en forme de camembert avec un entraînement interne – les vis à métaux à tête cylindrique basse ont pour la plupart une capacité de charge réduite du fait de leur géométrie.

Cylindrique bombée large (symbole CBL)
Forme de tête de vis présentant une partie cylindrique et un dôme, avec un entraînement interne, de diamètre extérieur plus important que la tête d'une vis cylindrique.

D

d, D
Symbole normalisé du diamètre nominal de filetage (petite lettre pour les vis, grande lettre pour les écrous). Diamètre extérieur de base du filetage (vis à filetage métrique ISO, écrou...).

d_1, D_1
Symbole normalisé du diamètre intérieur de base du filetage (vis à filetage métrique ISO, écrou...).

d_2, D_2
Symbole normalisé du diamètre extérieur de base du filetage (vis à filetage métrique ISO, écrou...).

d_3
Symbole normalisé du diamètre intérieur du filetage extérieur (écrou).

D3E
Directive européenne 2002/96/CE « Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques », afin d'interdire ou de restreindre l'utilisation de certaines substances dangereuses : chrome hexavalent (Cr(VI), métaux lourds (cadmium, plomb...). La finition courante dite « bichromatée jaune » n'est donc plus autorisée pour ces marchés.

Déboutonnage
Mode de ruine d'un assemblage où la fonction reste solidaire de son support mais où la pièce supérieure assemblée « passe au travers » de la tête de la fixation.

Dacromet®
Type de revêtement (déposé et protégé) composé de lamelles de zinc et aluminium dans une matrice d'oxydes de chrome avec un lubrifiant intégré – comporte du chrome hexavalent Cr(VI) – remplacé progressivement par le Geomet®.

Décapage
Opération mécanique ou chimique afin de rendre exempte de dépôt, lubrifiant, matière non désirée (oxydes, corps gras, sels, incrustation de métaux,..), la surface du produit traité – cette opération est le plus souvent réalisée avant une opération de revêtement.

Décapage chimique
Elimination des oxydes ou autres composants présents à la surface d'un métal par l'action chimique ou électrochimique d'une solution acide.

Décarburation
Perte de teneur en carbone à la surface d'un acier, souvent à l'occasion d'un traitement thermique, par oxydation superficielle détruisant le carbone de l'alliage et pouvant provoquer la formation d'oxyde de fer (calamine).

Décarburation ferritique
Décarburation correspondant à une perte de carbone suffisante pour provoquer une légère décoloration de la martensite trempée et une diminution notable de la dureté par rapport au métal de base adjacent, et présentant quelques grains de ferrite ou de la ferrite en réseau aux joints de grains à l'examen métallographique.

Décarburation partielle
Décarburation correspondant à une perte de carbone suffisante pour provoquer une légère décoloration de la martensite trempée et une diminution notable de la dureté par rapport au métal de base adjacent, sans toutefois faire apparaitre des grains de ferrite à l'examen métallographique.

Décarburation totale
Décarburation correspondant à une perte de carbone suffisante pour ne laisser apparaitre clairement que des grains de ferrite à l'examen métallographique.

Déclaration de conformité F2.1 des fixations
Document de contrôle établi par le fabricant ou le distributeur conformément à la norme NF EN 16228, déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes ou exigences spécifiées, sans inclure de résultat. Ce document est validé par le représentant autorisé du fabricant ou du distributeur.

Déclaration des performances (DoP)
Dans le cadre du RPC (règlement des Produits de Construction), la déclaration de performances établie par le fabricant exprime les performances des produits de construction pour leurs caractéristiques essentielles, conformément aux spécifications techniques harmonisées applicables (référence du produit-type, système, référence datée de la norme harmonisée, usage prévu, liste des caractéristiques essentielles relative au produit, performance d'au moins une des caractéristiques essentielles, etc.).

Décolletage
Procédé d'obtention d'une pièce par usinage automatique par prélèvement de copeaux métalliques en tournage, à l'aide d'une série d'outils coupants – Procédé utilisé pour la fabrication de fixations de formes plus ou moins complexes, de petite ou moyenne série, plus rarement de grande série.

Décontamination
Pour les aciers inoxydables, procédé de décapage ou nettoyage à l'acide rétablissant la résistance à la corrosion de la surface en supprimant les contaminants tels que graisses, saletés, particules ferreuses.

Découpage
Réalisation d'une pièce plane à partir d'une tôle (ou feuillard) à l'aide d'un poinçon et d'une matrice – la pièce obtenue peut rester plate (rondelle) ou être pliée (agrafe).

Défaut
Non satisfaction aux exigences de l'utilisation prévue (les exigences spécifiées peuvent être différentes des exigences de l'utilisation prévue).

Défaut de surface
Dans le domaine des fixations, discontinuité apparaissant sur la fixation dont l'origine peut provenir de défauts du matériau (par exemple paille, repliure de laminage...) ou des procédés de fabrication (par exemple repli, choc sur filet...).

Déformation élastique
Modification réversible des caractéristiques dimensionnelles d'une pièce sous l'effet d'une sollicitation (le matériau reprend ses dimensions initiales lorsque la sollicitation est supprimée).

Déformation plastique
Changement irréversible des caractéristiques dimensionnelles d'une pièce sous l'effet d'une sollicitation.

Déformée
Représentation graphique de la déformation d'un solide.

Défragilisation
TERME A NE PAS UTILISER : voir *Dégazage*.

Dégagement
Espace autour d'une tête de vis ou d'un écrou nécessaire pour l'insertion de l'outil de serrage (ou d'immobilisation) et sa manœuvre.

Dégazage
Procédé de chauffage de pièces dans un four à atmosphère contrôlée, à une température et pendant une durée prédéfinie, afin de minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène interne. Les termes « élimination de la fragilisation par l'hydrogène » et « défragilisation » sont incorrects du point de vue technique car la fragilisation est irréversible.

Dégazage (durée de)
Période de temps pendant laquelle les fixations revêtues sont maintenues à la température de dégazage spécifiée.

Dégraissage
Opération d'élimination des substances grasses et résidus présents à la surface d'une pièce, généralement issus du processus de fabrication.

Délamination du revêtement
Séparation d'une ou de plusieurs couches de revêtement du matériau de base et/ou du substrat.

Delta-protekt®
Sous-couche de revêtement organo-minérale contenant du zinc lamellaire – appliqué seul, ce revêtement (déposé et protégé), permet d'obtenir une bonne résistance à la corrosion avec une épaisseur de 10µm - ne contient pas de chrome 6.

Demi-produit sidérurgique
Produit plat ou long issu du process d'élaboration du matériau (acier) : les tôles en bobine, feuillards, fils, barres...sont utilisés pour la fabrication des fixations.

Dépôt chimique
Revêtement métallique obtenu par réaction chimique. Il peut s'agir d'un dépôt autocatalytique (par exemple nickel chimique) ou d'un dépôt au trempé par déplacement.

Dépôt électrolytique
Revêtement à base métallique effectué par électrolyse dans un ou des bains à base de sels de métaux – L'épaisseur et la maitrise du cycle de fabrication déterminent le niveau de performance contre la corrosion.

Dérogation après production
Autorisation écrite d'utiliser ou de livrer des produits non conformes aux exigences spécifiées, généralement accordée pour une durée et/ou une quantité définie et limitée.

Dérogation avant production
Autorisation écrite de s'écarter des exigences spécifiées à l'origine pour un produit avant sa réalisation, généralement accordée pour une durée et/ou une quantité définie et limitée.

Désignation
Méthode simplifiée et/ou codifiée de description des fixations, généralement spécifiée dans les normes.

DESP
Directive Européenne des Equipements sous Pression 97/23/CE.

Desserrage
Diminution de l'effort de tension dans un assemblage, pouvant être due à une variation thermique, un tassement... Cette notion regroupe l'ensemble des phénomènes qui provoquent une perte de tension dans les

fixations vissées précontraintes – un dévissage provoque toujours un desserrage, un desserrage n'est pas forcément dû à un dévissage.

Détente
Opération de revenu consistant en un réchauffement modéré (moins de 200°C) de pièces après trempe pour diminuer les tensions internes dues à cette opération sans effet significatif sur la dureté.

Dévissage
Rotation angulaire relative d'une fixation vissée, qui provoque un desserrage, une perte de tension dans l'assemblage et peut provoquer la rupture ou la perte d'un des éléments de l'assemblage.

Diagramme de Pareto
Présentation sous forme graphique des faits par ordre décroissant d'importance afin d'établir les ordres de priorité.

Diamètre extérieur de filetage (symbole d, D, D_4)
Pour le filetage métrique ISO, diamètre d'une surface cylindrique fictive tangente au sommet d'un filetage extérieur et/ou au fond d'un filetage intérieur.

Diamètre intérieur de filetage (symbole D_1, d_1, d_3)
Pour le filetage métrique ISO, diamètre d'une surface cylindrique fictive tangente au fond d'un filetage extérieur et/ou au sommet d'un filetage intérieur.

Diamètre nominal de filetage (symbole d, D)
Pour le filetage métrique ISO, diamètre utilisé pour représenter la dimension d'un filetage. Le symbole d (minuscule) est utilisé pour les filetages extérieurs et le symbole D (majuscule) pour les filetages intérieurs.

Diamètre sur flancs de filetage (symbole d_2, D_2)
Pour les filetages métriques ISO, diamètre du cylindre primitif.

Diffusion thermique
Voir *revêtement de zinc par diffusion thermique*.

DIN
Deutsches Institut für Normung.
Organisme officiel national allemand de normalisation – par extension, intitulé de norme émise par cet organisme.

DIN – DIN EN – DIN EN ISO – DIN ISO
Sigles identifiant les normes allemandes publiées par la DIN et précédant le numéro de la norme.

Directive européenne
Texte législatif publié au Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE), que les états membres doivent transposer dans leur droit national dans un délai défini. La Directive dite « nouvelle approche » fixe des objectifs et laisse le soin à des documents complémentaires (normes harmonisées..) de définir les spécifications par catégorie de produits.

Dispersion
Variabilité ou étendue des différentes valeurs que peut prendre une variable, résultant du matériau, du process, de l'outillage, des instruments de mesure... En mesure physique (métrologie), cette dispersion peut être estimée par un écart-type (qui sert à calculer l'erreur de mesure). De manière plus générale, il est important de savoir si les valeurs sont groupées ou dispersées, et donc si la population est homogène vis-à-vis du critère testé.

Disponibilité
Aptitude d'un produit à être utilisable ou livrable quand l'utilisateur le désire. C'est un ratio établi à partir de la fiabilité et de la maintenabilité d'un système.

Disqualification (non-qualité)
Ecart global constaté entre la qualité visée et la qualité effectivement obtenue.

Document de contrôle
Document établi à la demande du client à la commande, conformément à la norme NF EN ISO 16228 pour les fixations, et qui inclut le certificat matière le cas échéant – voir *Déclaration de conformité F2.1, Rapport d'essai F2.2, F3.1 ou F3.2.*

Domaine élastique
Plage de sollicitation par une force où la déformation (par exemple l'allongement) est réversible et proportionnelle à l'intensité de la force.

Domaine plastique
Plage de sollicitation par une force où la déformation (par exemple l'allongement) devient irréversible.

DoP
Voir *Déclaration des performances*.

Dorure
Procédé par traitement électrolytique, chimique, placage, d'un revêtement métallique d'or sur une surface.

Douille
Forme ou élément à l'extrémité d'un outil de vissage à positionner autour de l'entraînement extérieur de la fixation, pour une opération de serrage ou de desserrage.

DPC
Directive européenne 89/106/CE « Produits de Construction », impliquant un marquage CE qui permet la libre circulation des produits. Pour les fixations, cela concerne les boulons de construction métallique et les chevilles, ainsi que les fixations de second œuvre pour le bâtiment faisant partie d'un kit visé par le marquage CE. Remplacée par le RPC à partir du 1er Juillet 2013.

DTI
Voir *Rondelle indicatrice de précontrainte*.

DTU
Document Technique Unifié publié en norme française homologuée, qui concerne une norme d'exécution ou de mise en œuvre pour le Bâtiment.

Duclanisation
Procédé d'étamage chimique par contact ou par déplacement de petites pièces en masse.

Ductilité
Mesure de l'aptitude d'un matériau à subir une déformation plastique avant rupture.

Ductilité du revêtement
Aptitude du système de revêtement à suivre la déformation élastique et/ou plastique de la fixation sans altérer les caractéristiques fonctionnelles du revêtement, par exemple lors du serrage, de la mise à plat de rondelles coniques, d'opérations de mise en forme ultérieures comme le rivetage pour les rivets aveugles ou le sertissage de l'anneau non métallique des écrous autofreinés.

Duplex
Nuances d'acier inoxydable austéno-ferritique. Le pourcentage de ferrite, compris entre 40 et 70% selon les nuances, est adapté en vue de l'optimisation des propriétés mécaniques et de la résistance à la corrosion. Largement utilisés dans les industries chimiques et pétrolières, leur domaine d'application s'étend dans les « énergies vertes », l'industrie agro-alimentaire et les secteurs liés à la santé – Voir *Austéno-ferritique* et *Acier inoxydable Duplex*.

Durcissement
Augmentation intentionnelle ou indésirable de la dureté locale, en surface ou à cœur d'un matériau lors du process de fabrication, par effet chimique, physique, mécanique ou thermique.

Durcissement par trempe
Durcissement d'un acier obtenu après traitement thermique comprenant une austénitisation suivie d'un refroidissement suffisamment rapide pour que l'austénite se transforme plus ou moins totalement en martensite ou en bainite.

Durée de vie en fatigue
Nombre total de cycles de mise en contrainte d'intensité et de fréquence fixées qui entraîne la rupture par fatigue de la pièce testée – le nombre de cycles peut être converti en estimation de temps de travail.

Dureté
Résistance à la pénétration sous un effort d'un matériau, en surface ou à cœur – cette résistance est liée aux caractéristiques mécaniques de la pièce et est mesurée par des méthodes normalisées (voir *Brinell, Rockwell, Vickers*).

Dureté à cœur
Dureté déterminée sur éprouvette, sur une section longitudinale ou transversale, généralement dans une zone limitée par le demi-rayon ou à mi-hauteur de la fixation.

Dureté de la surface
Dureté généralement utilisée pour les contrôles de routine, sur l'extérieur de la fixation.

Dureté du métal de base
Dureté mesurée au plus près de la surface (du cœur de la vis vers le diamètre extérieur) juste à la limite où débute l'augmentation ou la diminution de la dureté, ce qui dénote respectivement une carburation ou une décarburation.

E

Ebauche
Pièce partiellement réalisée, dont la forme d'ensemble est finalisée mais pour laquelle certaines opérations restent à effectuer (par exemple filetage, usinage complémentaire, etc.).

Ebavurage
Opération de tonnelage des fixations avec un autre matériau ou de meulage consistant à enlever des surépaisseurs ou bavures métalliques sur des pièces, par exemple pour les bavures de découpe de rondelles.

Ecart
Différence entre deux grandeurs. Dans une cote tolérancée, les écarts permettent de lier la dimension maxi (écart supérieur) et la dimension mini (écart inférieur), donc la *zone de tolérance* à la dimension nominale.

Ecart fondamental
Ecart limite qui définit le placement de l'intervalle de tolérance relativement à la dimension normale, exprimé en micromètres (µm).

Ecart limite inférieur (symbole EI ou ei)
Différence entre la limite dimensionnelle inférieure et la dimension nominale, qui peut être négative, nulle ou positive (notées EI pour les entités dimensionnelles intérieures et ei pour les entités dimensionnelles extérieures).

Ecart limite supérieur (symbole ES ou es)
Différence entre la limite dimensionnelle supérieure et la dimension nominale, qui peut être négative, nulle ou positive (notées ES pour les entités dimensionnelles intérieures et es pour les entités dimensionnelles extérieures).

Echantillon
Une ou plusieurs fixations prélevées au hasard dans une population définie, de manière que toutes les fixations aient la même probabilité d'être sélectionnées.

Echantillonnage
Sélection de divers échantillons issus d'un même process.

Echantillons initiaux (EI)
Produits de référence issus d'un processus de réalisation représentatif de la série.

Echantillon issu d'une même fabrication nécessitant un contrôle systématique (dimensionnel, documentaire..) de chacune des pièces par le Service Assurance Qualité du Client.

Echelle
Rapport entre la longueur d'un élément d'un dessin et la longueur réelle de l'élément représenté.

Eclatement
Défaut de surface résultant d'un défaut de la matière, apparaissant à la surface des écrous ou sur le pourtour de l'embase, par exemple lors du forgeage.

Ecrou
Fixation comportant un filetage intérieur (taraudage) et une forme extérieure permettant l'entraînement par un outil et destinée à être vissée sur un élément fileté extérieur (par exemple une vis à métaux).

Ecrou autofreiné
Ecrou comportant un dispositif intégré augmentant le frottement relatif sur le filetage de la vis. Un écrou autofreiné peut l'être par insert (bague nylon...) ou tout métal (déformation axiale, radiale ou par fentes...).

Ecrou bas
Ecrou dont la hauteur, inférieure à 0,8 fois le diamètre, ne permet pas une résistance à la charge d'épreuve «ɲormale » du fait de sa géométrie, et dont la classe de qualité est précédée d'un zéro.

Ecrouissage
Effet d'augmentation de la *résistance élastique* d'une pièce par déformation plastique préalable à une température inférieure à celle de *recristallisation* sans variation de la résistance à la rupture.
Phénomène qui se produit lorsque que l'on déforme un métal à température ambiante, par laminage, étirage, rétreint, refoulage, qui permet d'augmenter la résistance du matériau mais diminue sa ductilité. Cette propriété est utilisée pour la fabrication de fixations sans traitement thermique (par exemple vis de qualité 5.6 ou 6.8...).

EEE
Sigle désignant l'espace Economique Européen, composé des membres de l'Union Européenne (UE) et l'Islande, la Norvège, la Suisse et le Lichtenstein, signataires d'un accord pour la libre-circulation des marchandises, des services, des capitaux et des personnes.

EFDA
European Fasteners Distribution Association - Association européenne des distributeurs de produits de fixation.

Effectif de l'échantillon
Nombre de fixations contenues dans l'échantillon.

Effectif du lot
Nombre de fixations contenues dans un lot.

Effet de pointe
Correspond à la tendance d'un revêtement électrolytique à se déposer prioritairement sur les parties saillantes des pièces plutôt que dans les parties creuses et/ou sur les extrémités des pièces longues, ce qui produit une épaisseur moindre au milieu des pièces et dans les parties creuses (comme le taraudage des écrous).

Effort (mécanique)
Force définie en terme mécanique par ses caractéristiques (valeur numérique, amplitude, orientation, durée, fréquence...) – voir aussi *Force* et *Sollicitation*.

Effort tranchant
Force provoquant le cisaillement d'une pièce.

Effort / Force de serrage
Force de traction axiale agissant sur la vis pendant le serrage, ou force de compression agissant sur les pièces serrées pendant le serrage, exprimée en newton (N).

EFTA
European Free Trade Association – Association Européenne de Libre-échange – voir *AELE*.

EHE
Environmental Hydrogen Embrittlement : voir *Fragilisation par l'hydrogène externe*.

EI
Voir *Echantillons initiaux*.

EIFI®
European Industrial Fasteners Institute
Association européenne des fabricants de produits de fixation – gère entre autres les symboles d'identification des fabricants européens pour le marquage des pièces.

Elasticité
Faculté pour une pièce de reprendre ses caractéristiques dimensionnelles initiales après la cessation d'une force qui aura eu pour effet de les modifier (le domaine de déformation élastique est le premier défini lors d'un essai de traction).

Elastomère
Polymère obtenu après réticulation, usuellement appelé caoutchouc ; Il supporte de très grandes déformations avant rupture, cette aptitude étant due à la grande liberté de rotation des maillons de la chaîne les uns par rapport aux autres (une légère réticulation crée des nœuds d'ancrage, conférant au matériau une structure tridimensionnelle déformable selon les efforts subis).

Electroérosion
Procédé d'usinage qui consiste à enlever de la matière conductible en utilisant des arcs électriques.

Electrolyse
Décomposition chimique de substances produite sous l'action d'un courant électrique – opération volontaire destinée à provoquer une déposition : dans un bain constitué par une solution du sel de métal à déposer, sont immergées une anode de ce métal à l'état pur et les pièces à revêtir qui servent de cathode.

Electrolytique
Voir *Revêtement electrolytique*.

Electrophorétique
Voir *Revêtement electrophorétique*.

Elégie (à fût...)
Voir *Tige très réduite*.

Elément carburigène
Elément d'alliage ayant tendance à former un carbure stable comme par exemple le chrome qui se combine avec le carbone pour donner : Cr23C6. Les éléments carburigènes qui peuvent être présents dans l'acier sont le Manganèse(Mn), le Chrome(Cr), le Cobalt(Co), le Tungstène (W), le Vanadium (V), leTitane (Ti), le Niobium (Nb), le Zirconium (Zr)...

Elément de fixation
Voir *Fixation*.

Elément de référence
Elément réel linéique ou surfacique de la pièce à partir duquel les tolérances géométriques sont spécifiées. Sur un dessin, cet élément s'identifie par un triangle plein ou vide lié à un cadre portant le repère de l'élément considéré.

Elément tolérancé
Elément réel linéique ou surfacique de la pièce sur lequel devront être respectées les tolérances imposées. Sur un dessin, cet élément s'identifie par une *flèche* liée à une ligne de rappel.

Elimination de la fragilisation par l'hydrogène
TERME A NE PAS UTILISER – voir *Dégazage*.

ELV
Directive européenne « End Life Vehicles » Voir *VHU* en français.

Embase
Surface d'appui élargie d'une pièce de fixation (débordante du diamètre de la tête ou de l'écrou) permettant d'améliorer la répartition des efforts et la diminution de la pression exercée sur la pièce assemblée. L'embase peut être cylindro-tronconique ou plate.

Embout
Forme ou élément à l'extrémité d'un outil de vissage à insérer dans l'empreinte d'entraînement d'un élément de fixation pour une opération de serrage ou desserrage.

Emboutissage
Procédé de fabrication par formage à froid, par compression et déformation progressive et permanente d'un métal en feuille (tôle) ou en rouleau (bande) au moyen d'une presse équipée d'outillages spéciaux. Par exemple pour la fabrication de rondelles, de clips...

Empreinte de dureté
Déformation permanente réalisée lors d'un test de dureté de surface par l'outil pénétrateur – voir *Brinell, Rockwell ou Vickers*.

Empreinte d'entraînement
Forme en creux ou en relief dans une tête de vis permettant sa mise en rotation lors du vissage, du serrage et du dévissage ou son blocage en rotation à l'aide de l'outil correspondant, le desserrage à l'aide d'un outil d'une pièce de fixation (empreinte à six pans creux, à six lobes internes, cruciforme, inviolable...).

EN
Norme Européenne. Toutes les normes européennes sont obligatoirement publiées dans tous les pays de l'Union Européenne ainsi que dans les pays de l'AELE (Suisse, Norvège, Islande) avec annulation obligatoire des normes nationales sur le même sujet. La norme européenne est publiée par les organismes officiels nationaux et est donc précédée par le sigle NF (langue française) BS (langue anglaise) et DIN (langue allemande). Elle peut être publiée dans d'autres langues sous la responsabilité de l'organisme national considéré.

Endurance
Aptitude d'un matériau à résister aux efforts de fatigue.

Enquête publique (EP)
Mise à disposition par l'Afnor d'un projet de norme auprès de tous les acteurs du marché (fabricants, distributeurs, utilisateurs, pouvoirs publics...) pour validation, étape-clé avant la publication d'une norme française homologuée. Tous les acteurs concernés peuvent faire des commentaires.

Entraînement
Partie externe d'une fixation (vis, écrou, goujon...) ou empreinte, permettant sa mise en rotation lors du vissage, du serrage ou du dévissage ou son blocage en rotation, à l'aide de l'outil correspondant. Par exemple entraînement hexagonal, à 6 lobes externes...

EP
Voir *Enquête publique*.

Epaisseur de référence
Epaisseur totale mesurée sur une *zone de référence* spécifiée.

Epaisseur locale
Moyenne d'un nombre spécifié de mesures d'épaisseur effectuées sur une *zone de référence* d'une même fixation.

Epaisseur locale minimale
Valeur la plus faible des épaisseurs locales mesurées sur la (les) *zone (s) de référence* d'une même fixation.

Epaisseur moyenne
Epaisseur moyenne calculée d'un revêtement sur un échantillon de fixations, déterminée suite à l'élimination chimique ou mécanique du revêtement (poids déterminé avant et après l'élimination du revêtement puis rapporté à la surface totale de l'échantillon via la densité moyenne estimée du revêtement). Cela ne signifie pas une répartition uniforme du revêtement sur l'ensemble de la surface des fixations, l'épaisseur moyenne n'est donc pas représentative des caractéristiques fonctionnelles attendues.

Epaisseur totale
Epaisseur de l'ensemble du système de revêtement (incluant toutes les couches y compris la lubrification éventuelle). L'épaisseur totale est la valeur la plus pertinente pour l'aptitude au contrôle par calibre / l'aptitude au montage / l'aptitude à l'assemblage.

Eprouvette
Pièce de forme prédéterminée (souvent normalisée), partie de pièce à tester par contrôle destructif (traction, flexion, résilience, torsion...) – Par opposition à une fixation finie, fixation usinée pour l'essai afin d'évaluer ses propriétés.

Ergonomie
Etude relative à un poste de travail conçu pour rendre la relation entre l'homme et la machine plus confortable et fonctionnelle – Par extension, aspect de la conception d'une pièce facilitant sa mise en œuvre et/ou son utilisation.

Essai (ISO 9001)
Moyen de vérification d'une ou plusieurs caractéristiques conformément à un mode opératoire spécifié (norme, spécification technique) par mesurage, quantification, détection de présence ou absence... – Un essai peut être non destructif ou destructif (par exemple essai de traction, couple/tension, brouillard salin...).

Essai d'autoperçage
Essai consistant à visser une fixation autoperceuse dans un matériau plein défini (nature et résistance du matériau, épaisseur), et à vérifier l'effort et/ou les caractéristiques du taraudage ainsi formé. Par exemple pour les vis de second-œuvre pour le bâtiment.

Essai d'autotaraudage
Essai consistant à visser une fixation autotaraudeuse et/ou autoformeuse dans un matériau défini, préalablement percé d'un trou lisse de diamètre et de profondeur spécifiée, et à vérifier l'effort et/ou les caractéristiques du taraudage ainsi formé – Par exemple pour les vis à tôle.

Essai de deuxième revenu
Pour les fixations, essai permettant de vérifier qu'une fixation trempée revenue à bien été revenue à la température minimale requise, au moyen d'une comparaison de dureté sur une fixation finie puis sur cette même fixation ayant subie un deuxième revenu.

Essai de carburation
Pour les fixations, essai permettant de détecter si la surface des fixations trempées revenues a été carburée lors du traitement thermique, soit par un essai de dureté sur couple longitudinale, soit par un essai de dureté superficielle (HV0,3).

Essai de charge d'épreuve
Essai de traction ou de compression, permettant de vérifier (après application d'une charge définie puis un relâchement) qu'aucune déformation plastique excessive ne s'est produite : pas d'allongement pour une vis à métaux, pas de déformation ou une déformation limitée pour un écrou...

Essai de cisaillement
Essai de traction effectué perpendiculairement à l'axe d'une fixation longitudinale (vis, rivet, goupille...) afin de déterminer sa résistance au cisaillement. Pour les vis, il peut être effectué dans le filetage ou la partie lisse, pour les rivets aveugles, il est réalisé après rivetage.

Essai de cisaillement double
Essai pour lequel la fixation est installée dans un trou de passage de trois parties pleines disposées en chape.

Essai de cisaillement simple
Essai pour lequel la fixation est installée dans un trou de passage de deux parties pleines, la fixation se positionnant légèrement en biais lors de l'essai.

Essai de décarburation
Essai permettant de détecter si la surface des fixations trempées revenues a été décarburée lors du traitement thermique, et dans ce cas déterminer si la profondeur de décarburation est d'une valeur considérée comme acceptable. Il est soit effectué par examen microscopique, soit par comparaison de dureté (HV0,3)

Essai de dureté.
Essai destiné à déterminer la résistance à la pénétration d'un matériau ou d'une pièce, le type d'essai (Vickers, Rockwell, Brinell, Shore...) définissant l'outillage à utiliser et la méthodologie d'essai et de mesure. Il peut être utilisé soit pour vérifier les conditions de surface (dureté minimale et/ou maximale, non-carburation, non-décarburation...) soit pour des vis très courtes afin d'identifier leur résistance.

Essai de mise à plat
Essai statique consistant à comprimer complètement une fixation entre deux plateaux sous charge et temps définis, à relâcher cette charge et à mesurer la hauteur résiduelle ou la différence de hauteur. Par exemple pour les rondelles coniques.

Essai de résilience
Essai destructif effectué sur éprouvette préalablement entaillée, au moyen d'un mouton-pendule lâché d'une hauteur déterminée. Pour les fixations, essai de résistance Charpy avec entaille en V (KV), en général à -20°C.

Essai de résistance de l'empreinte
Essai de torsion pure permettant de vérifier que l'empreinte est capable d'entraîner la vis jusqu'à la rupture.

Essai de torsion
Essai permettant de mesurer la résistance à la torsion pure d'une vis, jusqu'à la rupture.

Essai de traction (fixation)
Essai destructif destiné à mesurer les caractéristiques mécaniques d'une fixation (traction sur produit entier) ou du matériau la constituant (traction sur éprouvette).

Essai de traction (mécanique)
Essai destructif par application d'une force dans le sens longitudinal provoquant l'allongement puis la rupture de la pièce testée.

Essai de traction cale biaise
Essai de traction effectué avec interposition d'une cale d'angle défini sous la tête d'une vis à métaux entière finie, permettant de mesurer simultanément la résistance à la traction (Rm) et de vérifier l'intégrité du raccordement sous tête.

Essai de traction sur éprouvette
Essai de traction simple sur une éprouvette usinée dans la fixation, permettant de déterminer simultanément la résistance à la traction, la limite d'élasticité et l'allongement ou la striction du matériau de la fixation.

Essai de traction sur fixation entière
Essai de traction simple pour vis à métaux entière finie, permettant de mesurer simultanément la résistance à la traction, l'allongement sur fixation entière (A_f) et la limite d'élasticité à 0,0048d (R_{pf}).

Essai destructif
Essai réalisé afin de déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'une fixation, et qui rend cette fixation inapte/impropre à toute utilisation ultérieure.

Essai non destructif
Essai réalisé afin de déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'une fixation, et qui n'empêche pas l'utilisation ultérieure de la fixation testée.

Estampage
Procédé de formage (à chaud en général) permettant par déformations plastiques successives de réaliser une pièce métallique dans une matrice.

Etain
(symbole chimique Sn) métal blanc, brillant, mou, utilisé en alliage (bronze) ou en revêtement pour ses qualités de résistance à la corrosion et d'aptitude à la soudure.

Etamage
Opération de dépose d'une couche d'étain sur la surface d'une pièce.

Etat stable
Etat de la matière, lorsque l'équilibre thermodynamique a été obtenu par un cycle thermique particulier (type recuit). Dans cet état, il ne peut se produire aucune évolution structurale dans le temps sans traitement.

Etiquetage
Opération de mise en place d'une étiquette informative sur chaque unité de conditionnement de produits de fixation – résultat de cette opération – Informations facultatives ou exigées par une norme ou par la réglementation apposées sur l'unité de conditionnement devant comporter à minima la désignation des fixations, l'identification du fabricant et/ou du distributeur, ainsi que le numéro de lot de fabrication et le symbole de marquage de la classe de qualité pour les fixations conformes à une classe de qualité. L'étiquetage des produits de fixations est régit par des textes réglementaires (arrêté du 20 Janvier 1995), des normes (par exemple ISO 898-1 et 898-2, ISO 3506-1 et 3506-2), et éventuellement des spécifications clients complémentaires.

Etirage
Procédé d'obtention de pièce métallique (fil, barreau, tige) par formage au travers d'une filière.

Exigence fondamentale
Dans le cadre de la RPC, les ouvrages de construction doivent satisfaire aux 7 exigences fondamentales suivantes : résistance mécanique et stabilité, sécurité en cas d'incendie, hygiène-santé-environnement, sécurité d'utilisation et accessibilité, protection contre le bruit, économie d'énergie et isolation thermique, utilisation durable des ressources naturelles.

Exigence spécifiée
Exigence formulée dans un document et indiquant les critères à respecter afin de prétendre à la conformité.

Extrusion
En DAO, fonction volumique qui permet la création d'un volume de section constante à partir d'un contour plan fermé (esquisse). Elle permet aussi d'obtenir un volume dont la section varie progressivement tout en conservant sa forme (dépouille).

Extrusion par filage arrière
Procédé de fabrication qui consiste à pousser un outil pénétrant dans un matériau afin d'obtenir un corps creux : le matériau reflue en arrière de l'outil.

Extrusion par filage avant
Procédé de fabrication qui consiste à pousser un matériau à travers une filière de section plus faible pour obtenir un produit de section constante et précise (similaire à la fabrication de pâtes alimentaires).

F

Fabrication additive (FA)
Procédé de fabrication assisté par ordinateur de pièce 3D par ajout de matière.

Fabricant de fixations
Organisme qui achète des matières premières et les transforme en fixations mécaniques finies.

Face d'appui
Pour les fixations, surface de contact sous la tête de vis ou sous écrou, limitée par le diamètre extérieur d'appui de la fixation et soit par le diamètre intérieur de portée sous tête de vis ou écrou, soit par le trou de passage de la pièce sous-jacente (rondelle, pièce assemblée...).

Faisabilité
Aptitude d'un produit ou d'une démarche à être réalisé.

Fascicule de documentation (symbole FD)
Document normatif publié par l'AFNOR qui, contrairement aux normes, ont un caractère purement informatif. Par exemple choix d'un type d'entraînement.

Fatigue
Baisse des caractéristiques mécaniques d'un métal ou alliage, suite à des variations répétées de contrainte, provoquant la rupture brutale de la pièce sollicitée sans déformation préalable.

Fatigue de contact
Résultat de sollicitation mettant en jeu des pressions de contact menant à une fissuration qui s'amorce à 45° sous la surface et débouche sous forme de piqûre. Ce type de fatigue est rencontré essentiellement dans les roulements et les engrenages.

Fatigue thermique
Baisse des caractéristiques mécaniques d'un alliage ou d'un métal, suite à des variations thermiques répétées (cycles de dilatation et contraction) provoquant la rupture de la pièce sollicitée, souvent par fissuration.

Fente (symbole S pour « slot »)
Entraînement interne, qui peut être en forme de « tournevis » (fond plat) ou de « pièce de monnaie » (fond arrondi), conçu pour être manœuvré à la main.

Fer (symbole chimique Fe)
Métal gris, magnétique, rapidement oxydé en présence d'air, utilisé pur ou en alliage, constituant principal de l'acier.

Ferrite
Solution solide à structure cubique centrée d'un ou plusieurs éléments dans le fer α.

Ferritique
Nuance d'acier inoxydable (symbole F) – contient principalement du chrome et peu de carbone – ne peut pas subir de traitement thermique.

Fiabilité
Aptitude d'un système, d'un matériau, d'un produit à fonctionner sans incident pendant un temps donné.

Fibrage
Effet d'orientation des fibres dans le sens des contraintes les plus fortes subies par une pièce. Cette orientation préférentielle des constituants d'un métal est provoquée par les opérations de mise en forme à chaud (cette orientation est décelable à l'examen macrographique).

Fil machine
Forme de l'alliage utilisé pour la frappe à froid ou à chaud des pièces de fixation, obtenu par étirage et se présentant sous forme de bobine (environ 1 mètre de diamètre et de 500kg à 2 tonnes en fonction du diamètre). La longueur de fil de la bobine va conditionner la taille du lot de fabrication.

Filage
Procédé de mise en forme d'un matériau par pression à travers une filière, permettant d'obtenir des produits longs de forme simple (barre, tube) ou plus complexes (profilés), généralement au moyen d'une presse hydraulique.

Filage arrière (fixation)
Opération d'extrusion utilisée pour réaliser des formes en creux, où le matériau est repoussé en arrière autour d'un outil pénétrant.

Filage avant (fixation)
Opération d'extrusion utilisée pour réduire le diamètre et calibrer un élément de forme cylindrique, où le matériau est poussé et forcé d'entrer dans une filière de diamètre plus faible.

Filet
Partie du filetage vue de profil et correspondant à une seule saillie.

Filet en prise (longueur de...)
Longueur axiale sur laquelle deux filetages conjugués (mâle et femelle) sont en contact l'un avec l'autre, en ne prenant pas en compte ou seulement partiellement les filets incomplets.

Filet incomplet
Partie du filetage qui n'est pas entièrement formée, à l'extrémité d'une vis, sous la tête de la vis ou au raccordement partie lisse/partie filetée.

Filetage
Opération de mise en forme hélicoïdale du filet de vis obtenue par refoulement ou enlèvement de matière – par extension résultat obtenu par cette opération : plein formant une saillie hélicoïdale continue et de section uniforme sur une surface cylindrique ou conique.

Filetage à double filet
Filetage qui présente deux hélices démarrant de façon diamétralement opposée.

Filetage à droite (symbole RH pour « Right Hand »)
Filetage dit « normal », où il faut tourner l'élément à visser dans le sens horaire (vers la droite) pour provoquer le vissage.

Filetage à gauche (symbole LH pour « Left Hand »)
Filetage où il faut tourner l'élément à visser dans le sens antihoraire (vers la gauche) pour provoquer le vissage, généralement signalé physiquement sur la fixation par un marquage particulier (flèche, encoche..) qui peut être normalisé.

Filetage asymétrique
Filetage pour lequel les angles des flancs adjacents ne sont pas égaux, par exemple pour certaines vis pour panneaux de particules.

Filetage complet
Partie du filetage où les filets sont entièrement formés au niveau du sommet et du fond de filet.

Filetage cylindrique
Filetage utilisé pour les fixations (vis, écrous...).

Filetage extérieur
Aussi appelé filetage male, réalisé sur l'extérieur d'une surface cylindrique (vis, goujons, tiges filetées...).

Filetage intérieur
Aussi appelé taraudage ou filetage femelle, réalisé sur l'intérieur d'une surface cylindrique (écrous...).

Filetage métrique ISO (symbole M)
Filetage symétrique dont l'angle du filetage est de 60°, avec une combinaison pas/diamètre conforme à l'ISO 261 ou ISO 262.

Filetage partiel
Filetage pratiqué sur une partie seulement du corps de la pièce, celle-ci présentant donc une partie cylindrique lisse (tige).

Filetage symétrique
Filetage sur lequel les angles des flancs adjacents sont égaux, par exemple filetage métrique ISO à 60° pour les vis à métaux.

Filetage total
Filetage pratiqué sur la totalité du corps de la pièce (absence de partie cylindrique lisse significative).

Filets par inch (symbole tpi pour « threads per inch)
Nombre de pas de filetage par pouce, inverse de la valeur du pas axial en inches.

Filière
Outil de mise en forme ou calibrage utilisé dans les opérations de filage ou d'étirage.
Outil servant à réaliser le filetage (ou roulage) d'une pièce.

Filmogène
Finition de revêtement inorganique transparente pour le contrôle précis de la lubrification et le renforcement de la protection anticorrosion d'une pièce.

FIM
Fédération des Industries Mécaniques - L'*AFFIX* est un des trente syndicats professionnels adhérents à la FIM.

Finition / revêtement
Etat de la surface dans lequel les fixations doivent être livrées, par exemple sans finition particulière, résultant d'une oxydation consécutive à un process, huilées, lubrifiées, passivées (pour l'acier inoxydable, l'aluminium, etc.), ou bien revêtues.

Fissuration par l'hydrogène induite par une corrosion sous contrainte
Catégorie de fragilisation par l'hydrogène externe pour laquelle la rupture se produit en service par fissuration, sous l'action combinée de l'hydrogène issu de la corrosion et de l'effet des contraintes de traction.

Fissure de cisaillage
Défaut de surface se présentant sous la forme d'une fissure généralement orientée à 45° par rapport à l'axe de la vis sur le pourtour d'une embase, de tête ronde ou cylindrique, ou sur le plat de tête d'une vis hexagonale.

Fissure de forgeage
Défaut de surface se présentant sous la forme d'une fissure provoquée par l'opération de forgeage, située sur le dessus de la tête d'une vis.

Fixation à capacité de charge intégrale
Fixation dont la rupture en traction se produit dans la partie filetée – voir NF EN ISO 898-1.

Fixation à capacité de charge réduite
Fixation dont la géométrie entraîne la rupture en traction dans la tête (ex : tête basse ou tête fraisée) ou dans la partie lisse (ex : vis à tête allégée) – voir par exemple NF EN ISO 898-1 et 2.

Fixation extérieure de second œuvre pour le bâtiment
Fixation conçue essentiellement pour les applications de toiture, bardage, ou isolation, et qui est exposée à l'atmosphère extérieure (les boulons de construction métallique, précontraints ou non, n'en font pas partie).

Fixation finie
Produit entier et dont toutes les étapes de réalisation ont été réalisées avec ou sans revêtement et avec une capacité de charge intégrale ou réduite et qui n'a pas été usinée pour la réalisation d'essai – voir NF EN ISO 898-1.

Fixation mécanique
Composant destiné à assembler mécaniquement deux ou plusieurs pièces pour former une liaison fixe ou mobile, ou pour contribuer essentiellement à cette fonction (par opposition au collage ou au soudage...).

Flambage
Déformation brutale d'une pièce longue subissant un effort de compression axiale au-delà d'un seuil appelé limite de flambage.

Flanc de filet
Côtés du filet – Le flanc de filet chargé est en contact dans un système vis-écrou et supporte l'effort de traction, contrairement au flanc non chargé.

Flèche (fixation)
Différence de position entre un élément au repos et le même élément soumis à une charge, par exemple pour une rondelle conique soumise à un effort de compression, en millimètre.

Flèche (mécanique)
En résistance des matériaux, déplacement transversal d'un point de la fibre moyenne d'une pièce sous l'action d'une charge, générant des contraintes internes de traction et de compression de part et d'autre d'une limite dénommée « corde neutre ».

Fleurage
Aspect uniforme et brillant de la galvanisation à chaud.

Flexibilité
Aptitude d'un système à s'adapter rapidement à un changement de situation.

Flexion
Déformation d'une pièce sous l'effet d'une force ou contrainte latérale qui se traduit par une courbure.

Fluage (mécanique)
Phénomène de déformation irréversible et évolutive en fonction du temps d'un matériau soumis à une contrainte inférieure à sa limite d'élasticité pendant une durée suffisante, essentiellement aux températures élevées ($t>0,4\ t_{fusion}$). Ce phénomène peut conduire à une rupture.

Fluage (fixation)
Dans un assemblage vissé, déplacement à charge constante sous l'effet d'un tassement des pièces serrées dû en général à une exposition prolongée à la température.

Fluorescence X
Méthode d'analyse par rayon X généralement utilisée pour les revêtements métalliques, basée sur le comptage des atomes d'une substance dans un volume précis, permettant de calculer l'épaisseur du revêtement (par l'intermédiaire de la masse volumique) et/ou de déterminer le titre pour les alliages (par exemple zinc-nickel 12-15%).

Foirage
Rupture mécanique d'une partie de la fixation ou de la pièce assemblée (filetage de la vis, de l'écrou, taraudage, entraînement, ...).

Fond de filet
Surface intérieure du filet (creux reliant deux flancs adjacents) correspondant au diamètre de filetage le plus petit pour une vis et au diamètre de filetage le plus grand pour un écrou.

Fonderie
Procédé d'obtention de pièces à l'état brut par coulée du métal en fusion dans une empreinte en sable ou métallique (coquille).

Fonte
Alliage de fer et de carbone (de 1,7 à 6,7%) utilisé en fonderie.

Force
En physique, représentation simplifiée d'une action mécanique, représentée par un vecteur pour indiquer sa direction et exprimée en newtons (W) - produit de la masse d'un corps et de l'accélération résultante de son application – son caractère peut-être précisé par son sens d'action par rapport à la pièce concernée : force axiale, centrifuge ou centripète, radiale, tangente, etc.). Appelée aussi *Effort* lorsqu'elle agit à l'intérieur d'une pièce.

Force de serrage
Force de traction axiale agissant sur le corps de la vis pendant le serrage ou force de compression agissant sur les pièces serrées pendant le serrage.

Force de serrage à la charge de rupture
Force de serrage maximale atteinte potentiellement sous l'effet combiné des sollicitations avant la rupture de la vis (charge limite de rupture).

Force de serrage à la limite d'élasticité
Force de serrage à laquelle le corps de la vis ou le filetage présente un début de déformation plastique sous l'effet des sollicitations de serrage.

Force / effort de serrage
Force de traction axiale agissant sur la vis pendant le serrage, ou force de compression agissant sur les pièces serrées pendant le serrage, exprimée en newtons (N).

Forgeage
Action de façonner par déformation mécanique (généralement à chaud) un métal ou un alliage pour lui donner une forme, des dimensions, des caractéristiques définies.

Formulateur
Organisation qui conçoit, développe et commercialise des produits chimiques et des procédés de revêtement, mis en œuvre sur les fixations par des applicateurs.

Four
Installation permettant la fusion de métaux et la réalisation d'alliage, par mise en température au-delà de la température de fusion de chacun des éléments de la composition.

Four de trempe
Installation permettant la montée contrôlée en température et le maintien pendant un temps prédéterminé à une température identifiée et inférieure à la fusion de pièces et sous atmosphère contrôlée, avant une opération de trempe thermique.

Fragilisation
Perte importante de ductilité et/ou de tenue d'un matériau métallique.

Fragilisation par l'hydrogène
Perte irréversible de ductilité d'un métal ou d'un alliage provoquée par l'hydrogène en raison d'une fragilisation aux joints de grains résultant de la pénétration d'hydrogène dans le matériau, sous l'effet de contraintes de traction (contraintes induites par une charge ou contraintes résiduelles), conduisant à une dégradation des caractéristiques mécaniques et générant des ruptures prématurées de pièces (rupture différée) voir *Fragilisation par l'hydrogène externe* et *Fragilisation par l'hydrogène interne*.

Fragilisation par l'hydrogène (élimination de la...)
Ne pas utiliser – voir *Dégazage*.

Fragilisation par l'hydrogène externe (EHE)
Fragilisation provoquée par des atomes d'hydrogène absorbés provenant de l'environnement d'utilisation, entrainant une rupture fragile différée des fixations sous l'effet de contraintes de traction. L'hydrogène peut être généré par la corrosion (par exemple fissuration par l'hydrogène issu d'une corrosion sous contrainte) ou par d'autres sources liées à l'environnement d'utilisation (EHE = Environment Hydrogen Embrittlement).

Fragilisation par l'hydrogène interne (IHE)
Fragilisation provoquée par de l'hydrogène résiduel issu des procédés de fabrication, entrainant une rupture fragile différée sous l'effet de contraintes de traction. L'hydrogène peut provenir d'étapes de fabrication telles que le traitement thermique (en particulier la carburation), le nettoyage à l'acide, le décapage chimique, la phosphatation et/ou le revêtement électrolytique (IHE = Internal Hydrogen Embrittlement).

Fragilité au bleu
Perte de ductilité d'un acier à une température voisine de 250 – 350°C. A cette température, la surface nue d'un acier au carbone se recouvre à l'air d'une pellicule bleue d'oxyde. Si la rupture ne survient pas au cours du travail, l'acier, une fois ramené à la température ambiante, demeure fragile.

Fragilité au revenu
Fragilité irréversible engendrée par une précipitation de carbures au cours du revenu d'un acier trempé.

Fragilité de revenu
Fragilité réversible qui affecte certains aciers trempés et revenus après un maintien à une température comprise approximativement entre 450 et 525°C.

Fraisage
Opération d'usinage par outil coupant, combinant un mouvement linéaire d'avance de pièce et un mouvement tournant de l'outil.
En fixation, opération de réalisation d'une forme creuse conique appelée *Fraisure*, permettant de recevoir une tête conique, ce qui conduit à obtenir une tête affleurante.

Fraisée (symbole F)
Tête de vis en forme de cône inversé prévue pour être montée dans une fraisure, et dont la surface supérieure est affleurante avec la pièce assemblée après montage. Les vis à métaux à tête fraisée peuvent avoir une capacité de charge réduite du fait de leur géométrie.

Fraisure
Logement conique ou cylindrique dans une pièce obtenu par fraisage, permettant à la partie fraisée de la tête de vis d'être noyée dans la pièce assemblée.

Frappe à chaud
Procédé de fabrication de pièces mécaniques par déformation du métal à haute température (environ 1250°C pour les fixations) en une ou plusieurs opérations, à partir de fil machine, de barres ou de lopins. Procédé courant pour les fixations de gros diamètre.

Frappe à froid
Procédé de fabrication courant pour les fixations par déformation du métal à température ambiante et à très haute vitesse et pression, à partir de fil machine ou de barres : un lopin est cisaillé puis refoulé par plusieurs frappes successives pour lui donner sa forme finale.

Freinage
Dispositif destiné à empêcher ou limiter les possibilités de dévissage d'un assemblage - il peut agir par frottement dans le filetage (déformation, enduction, bague...) par frottement à la surface d'appui (rondelle de forme particulière, embase crantée...) ou obstacle (goupille, plaquette rabattue...) – voir également *Autofreinage*.

Frettage
Assemblage mécanique de deux pièces cylindriques ou coniques par ajustement serré (la pièce extérieure appelée « frette » est plus petite que la pièce intérieure dite « frettée »).

Fretting
Type d'usure qui se produit entre deux surfaces très proches soumises à des cycles de contraintes de très faible amplitude. Souvent le fretting est accompagné de corrosion due à de très petits débris présents entre les deux surfaces.

Fretting corrosion
Type de fatigue de contact : détérioration accélérée à l'interface de deux surfaces en contact, due à la corrosion et à un mouvement d'oscillation lent entre ces deux surfaces.

Frittage
Procédé d'obtention de pièce à partir de poudres qui sont comprimées dans un moule puis cuites à température élevée.

Frottement
Force à la surface de contact de deux corps s'opposant à leur mouvement relatif qui dépend de la pression résultant de l'effort entre les pièces et des conditions de

glissement (nature des matériaux, rugosité, état de la surface lubrifiée ou non....), exprimée par la loi de Coulomb (F=μ Rn).

Fusion
Passage, pour un métal, de la phase solide à la phase liquide

G

Galvanisation à chaud
Revêtement de surface métallique obtenu par immersion des pièces dans un bain de zinc ou alliage fondu en fusion générant la formation de couches d'alliages zinc-fer puis d'une couche composée essentiellement de zinc, suivi d'une centrifugation pour éliminer le zinc en excès. – les caractéristiques obtenues sont bonnes en termes de protection contre la corrosion mais on peut rencontrer des effets de surépaisseur – La température du bain doit être bien contrôlée pour éviter le phénomène de recuit et ce process est inadapté aux pièces creuses ou avec partie plastique.

Gamme
Document qui décrit chronologiquement l'ensemble des étapes à réaliser pour la réalisation d'une pièce. Par exemple pour la frappe à froid, conception et formulation des étapes successives de déformation du métal afin d'obtenir les caractéristiques géométriques et mécaniques des fixations produites.

Geomet®
Type de revêtement (déposé et protégé) composé de lamelles de zinc et aluminium dans une matrice inorganique et intégration d'un pourcentage faible de PTFE pour lubrification – ne comporte pas de chrome.

Glissement (dans un assemblage)
Déplacement relatif de deux pièces assemblées par fixations dans le sens perpendiculaire à l'axe sous l'effet de sollicitations en service.

Glissement (dans un matériau)
Déformation plastique irréversible causée par une dislocation.

Goujon
Fixation cylindrique comportant une partie lisse (tige) et généralement deux parties filetées avec une extrémité « implantation » et une extrémité à serrer par un écrou, ou une seule partie filetée dans le cas d'une implantation soudée (goujon à souder).

Goupillage
Technique d'assemblage utilisant une goupille.
Opération de mise en place d'une goupille.

Goupille
Pièce cylindrique ou conique assurant la liaison ou l'immobilisation relative de deux pièces entre elles.

Goupille élastique
Goupille réalisée à partir d'une tôle en acier à ressort, enroulée sur elle-même.

Grade
Ensemble des tolérances dimensionnelles et géométriques d'une famille de fixations.
Note : les grades A et B pour les tolérances précises, le grade C pour les tolérances larges (et les normes prévoient également le grade F pour les tolérances fines des rondelles de forme plane) sont définis dans la NF EN ISO 4759.

Grade d'acier inoxydable
Catégorie d'aciers inoxydables de résistance à la corrosion similaire, comprenant quatre groupes d'acier inoxydable (austénitique, martensitique, ferritique et duplex) associés à un chiffre représentant la plage de composition chimique des nuances de ce groupe.
Exemples : A2, F1, C4, D8.

Grain
Cristal élémentaire d'une structure polycristalline. Il est généralement défini comme la figure polygonale à côtés plus ou moins courbes, qu'il est possible de faire apparaître en réseau sur une coupe micrographique par une attaque appropriée.

Grenaillage
Décapage mécanique de la surface des fixations à revêtir par projection de particules dures, dans le but de nettoyer les fixations sans utilisation de solutions de décapage chimique qui pourraient être fragilisantes.

Grenaillage de précontrainte
Opération de déformation superficielle par projection de billes dures. Traitement de surface réalisé par action mécanique dans le but de créer des contraintes superficielles de compression pour restaurer ou améliorer les caractéristiques de tenue en service.

Grippage
Adhérence des pièces en contact (filetage ou appui) qui entraîne un endommagement de la (des) surfaces, une impossibilité de démontage, voire une destruction de la fixation.

H

H
Hauteur du triangle primitif (distance radiale entre la base et le sommet du triangle générateur).

H
Symbole de l'empreinte cruciforme Philips®.

Hastelloy®
Alliage à forte teneur en nickel et molybdène, répondant à des besoins particulièrement élevés en matière de résistance à la corrosion – notamment utilisé dans l'industrie chimique (marque déposée).

Hauteur du filet
Distance radiale entre le fond et le sommet du filet.

HBS
Voir *Résistance au brouillard salin*.

hEN
Voir *norme européenne harmonisée*.

Hexagonal (symbole H)
Tête de vis ou écrou dont la forme et l'entraînement consiste en six pans extérieurs, caractérisée par un surplat. Forme la plus courante pour la construction mécanique et métallique.

Hexavalent
Se dit d'un Chrome 6 ou Cr(VI) utilisé dans les passivations des revêtements des fixations.

Homogénéisation
Recuit à haute température destiné à atténuer ou faire disparaître les hétérogénéités de composition chimique dues au phénomène de ségrégation.

HR
Voir *Boulon HR*.

HRC
Voir *Boulon HRC*.

Huilage
Opération consistant à plonger des pièces dans un bain d'huile, réalisée sur la phosphatation afin d'en améliorer ses propriétés de base.

HV
Voir *Boulon HV*.

Hydrogène (symbole chimique H)
Gaz qui, présent sous forme atomique dans un alliage, peut provoquer la fragilisation de la pièce (voir *Fragilisation par l'hydrogène*).

Hypertrempe
Type de traitement thermique spécifique à certains alliages d'acier inoxydables dont la température de début de transformation martensitique est inférieure à la température ambiante. Il comporte un chauffage à haute température suivi d'un refroidissement suffisamment rapide pour conserver une structure austénitique homogène après retour à la température ambiante.

I

IFI
Industrial Fastener Institute = Association des fabricants de fixations (USA).

IHE
Internal Hydrogen Embrittlement – voir Fragilisation par l'hydrogène interne.

IMDS
International Material Data System – Système international de collecte de données dans le cadre de la réglementation sur les Véhicules Hors d'Usage (VHU) et de REACH, listant les substances interdites ou soumises à déclaration selon les taux dans lesquels ces matières sont présentes dans les composants ou matériaux – Voir *REACH*.

Inch
Voir *Pouce*.

Inclusion
Particule de matériau étranger, présent dans la matrice métallique. Ce sont habituellement des oxydes, des sulfures, ou des silicates, mais toujours des substances étrangères à la matrice et insolubles dans celle-ci.

Inconel®
Alliage de nickel (80%), chrome (14%) et fer (6%), répondant à des besoins de tenue à la corrosion à température élevée, utilisé notamment pour les fixations aéronautiques (marque déposée).

Induction
Méthode de chauffage électromagnétique, utilisée par exemple pour le chauffage des matériaux avant frappe à chaud, certains traitements de surface des fixations, ou le soudage de fixations à souder.

Injection
Procédé d'obtention de pièces où la matière plastique est ramollie, malaxée, puis injectée sous pression dans un moule fermé et ensuite refroidie. Cela permet d'obtenir en une seule opération des fixations finies de forme complexe en grande série (clips...).

Inoxydable (acier)
Alliage ayant des qualités particulières de résistance à l'oxydation et à la corrosion. Acier contenant au moins 11% de chrome. La présence de chrome permet la formation d'un film de protection contre la corrosion et l'oxydation – voir *Acier inoxydable*.

Insert (élément)
Dispositif incorporé dans une fixation, par exemple anneau non métallique d'un écrou autofreiné, élément longitudinal plastique au niveau du filetage d'une vis...

Insert (fixation)
Fixation métallique posée par emmanchement (avec ou sans fixation thermique ou par ultrasons), expansion ou autotaraudage dans une pièce métallique, plastique (thermoplastique et/ou thermodurcissable), bois... afin de permettre son assemblage mécanique.

Intergranulaire
Qui se trouve ou apparaît aux joints de grains d'un métal.

Intermétallique (composé)
Composé de deux ou plusieurs métaux possédant des caractéristiques physiques et une structure cristallographique différente de celle des métaux purs et des solutions solides.

Inviolable
Se dit d'un entraînement présentant un dispositif ou une géométrie le rendant démontable uniquement à l'aide d'un outil spécialisé, non disponible dans le commerce.

ISO
International Standardization Organisation :
Organisation internationale de normalisation éditant les normes ISO au plan mondial. Les Comités Techniques

par domaine (par exemple ISO/TC 2 « fixations ») regroupant les pays intéressés élaborent le contenu technique des normes. Pour les fixations, la quasi-totalité des normes ISO sont publiées simultanément en normes européennes EN ISO.

ISO 9001
Série de normes internationales précisant les principes essentiels des systèmes de management de la qualité (en interne, contractuels ou à des fins de certification) pour des biens matériels, immatériels, ou des services.

ISO 14000
Série de normes internationales concernant les systèmes de management environnemental.

Isotrope
Se dit d'un matériau ayant les mêmes propriétés (physiques, mécaniques) selon toutes les directions de l'espace (exemple d'un matériau fritté élaboré à partir de poudre(s) métallique(s) en opposition aux pièces élaborées en acier, anisotrope, et dont les opérations de fabrication font que certaines caractéristiques mécaniques sont meilleures dans le sens long (sens parallèle à la direction de la déformation principale que l'on fait subir au métal, sens de laminage par exemple).

IT
Abréviation de « intervalle de tolérance ».

J

Jeu
Espace entre deux pièces nécessaire pour autoriser leur mouvement relatif, l'une par rapport à l'autre – addition des tolérances de fabrication de chacune d'elles.

JIS
Japanese Industrial Standards : Signe identifiant les normes japonaises publiées par le JSA et précédant le numéro de la norme.

Joint de grains
Interface séparant deux grains dont l'orientation des plans du réseau cristallin diffère.

Joule (symbole J)
Unité de mesure de travail, d'énergie et de quantité de chaleur équivalent au travail produit par une force de un newton, dont le point d'application se déplace de un mètre dans la direction de la force.

JS
Sigle (incomplet mais parfois utilisé) identifiant les normes japonaises publiées par le JAS et précédant le numéro de la norme.

JSA
Japanese Standards Association : Organisme officiel national japonais de normalisation.

Juste à temps (« Just in Time » ou JIT)
Méthode d'organisation consistant à maitriser l'approvisionnement de la production en minimisant les stocks.

K

Kanigen
Procédé de nickelage chimique garantissant un dépôt d'épaisseur constante sur toute les surfaces de pièces aux contours compliqués.

Kesternich
Test destructif mesurant la tenue en nombre de cycles d'une pièce ou ensemble mécanique positionné dans son contexte d'utilisation.

Kesternich (essai)
Essai destructif de corrosion accéléré au cours duquel les fixations sont exposées à une atmosphère saturée en vapeur d'eau et contenant du dioxyde de souffre. La résistance à la corrosion Kesternich est généralement spécifiée en nombre de cycles. Pour les fixations, l'essai est généralement effectué avec deux litres de SO2.

KEVLAR®
Fibre synthétique présentant une excellente résistance à la traction (de l'ordre de 3000 MPa), de fortes rigidités, résistance aux chocs, à la fatigue, aux vibrations, et une faible densité. Utilisé par exemple en aéronautique.

L

Label
Le signe de reconnaissance de la conformité d'un produit ou d'un service, à un référentiel défini. Il est dans la plupart des cas attribué par un organisme indépendant, mais il peut aussi être autoproclamé.

Laiton
Alliage de cuivre et zinc (jusqu'à 46%) ductile et malléable ayant une bonne résistance à la corrosion.

Laitonnage
Revêtement métallique d'une surface par un alliage cuivre-zinc de composition déterminée- Le process de dépose s'effectue par procédé électrolytique ou par métallisation au pistolet.

Lamage
Logement cylindrique de faible profondeur obtenu par fraisage, permettant à la tête de vis de reposer sur une surface plane (et perpendiculaire à l'axe de la vis) de la pièce assemblée. Utilisé par exemple sur des pièces brutes de fonderie.

Lamellaire
On parle de revêtement lamellaire quand le dépôt de matière se présente sous forme de lamelles microscopiques superposées – voir *Revêtement de zinc lamellaire*.

Laminage
Procédé de mise en forme d'un produit métallurgique par déformation plastique, obtenue par le passage forcé entre deux cylindres à axes parallèles tournant en sens inverse afin d'obtenir une tôle ou un profilé. Action qui fait subir une déformation permanente à un produit métallique.

Lanthane®
Type de filmogène (déposé et protégé) brillant et légèrement irisé, incluant des particules d'oxydes minéraux spécifiques pour la passivation des dépôts de zinc électrolytique.

Liaison mécanique
Relation entre deux pièces d'un mécanisme qui existe dès lors qu'il y a un contact entre elles. Les liaisons mécaniques sont caractérisées par leurs degrés de liberté (de 0 à 6).

Ligne, paille, repliure de laminage
Défaut de surface longitudinal inhérent au métal de base, en forme de ligne étroite et ouverte (droite ou légèrement incurvée) située sur le filetage, la tige, la tête et/ou sur le plat d'un hexagone.

Limite d'acceptation
Niveau de critère d'appréciation au-delà ou en deçà duquel le besoin est jugé non satisfait.

Limite d'élasticité
Contrainte à partir de laquelle une pièce ou un matériau commence à se déformer de manière irréversible. Pour les fixations, voir *Limite d'élasticité à 0.2%*, *Limite d'élasticité à 0.0048d* et *limite inférieure d'écoulement*.

Limite d'élasticité à 0,0048d (symbole R_{pf})
Limite conventionnelle d'élasticité déterminée sur fixation entière lors d'un essai de traction, pour toutes les classes de qualité (et tout particulièrement pour les classes 4.8, 5.8 et 6.8 obtenues par écrouissage) exprimée en mégapascal (MPa).

Limite d'élasticité à 0,2% (symbole $R_{p0.2}$)
Limite conventionnelle d'élasticité déterminée sur éprouvette lors d'un essai de traction, essentiellement pour les vis à métaux de classe de qualité ≥ 8.8 (obtenues par trempe et revenu), exprimée en mégapascal (MPa).

Limite d'endurance
Valeur maximale de la contrainte pour laquelle il est constaté 50% de rupture après un nombre infini de cycles de sollicitation.

Limite de fatigue
Valeur maximale de la contrainte pour laquelle il n'est pas constaté de rupture après un nombre infini de cycles de sollicitation.

Limite de rupture
Valeur de contrainte provoquant la rupture (progressive ou brusque) de la pièce la subissant.

Limite inférieure d'écoulement (symbole R_{eL})
Limite d'élasticité déterminée sur éprouvette lors d'un essai de traction, pour les vis à métaux de classes de qualité 4.6 et 5.6 (obtenues par écrouissage et recuit), exprimé en mégapascal (MPa).

Logigramme
Représentation schématique d'une équation logique ou d'un processus. Il utilise les symboles des fonctions logiques reliées par des connexions.

Longueur filetée
Longueur de la partie filetée d'une pièce – souvent normalisée avec une plage de tolérance importante.

Lot
Ensemble de pièces de caractéristiques communes, identifiées par un numéro univoque figurant à minima sur l'étiquette ou l'emballage du produit, et réalisées à partir d'une même matière première, ayant subi simultanément et sans interruption un même process de production, mais non nécessairement issues d'un même lot de fabrication – voir *Lot de fabrication*.

Lot d'ensemble
Association de fixations de nature différente fournies ensemble, par exemple vis à rondelle imperdable, boulons constitués de vis et écrous, etc.

Lot d'ensemble étendu (boulons de construction métallique)
Lot d'ensemble dont les composants forment un tout, livrés par un fabricant unique, mais non nécessairement dans le même emballage ni en même temps, et composé de vis, d'écrous et de rondelles dont l'élément le plus influent (écrous ou rondelles indicatrices de précontrainte) est issu d'un lot de fabrication unique, les autres éléments (vis, etc.) pouvant provenir de plusieurs lots de fabrication.

Lot d'ensemble univoque (boulons de construction métallique)
Lot d'ensemble dont les composants forment un tout, livrés ensemble par un fabricant unique dans un emballage unique, et composé de vis issues d'un lot de fabrication unique, d'écrous issus d'un lot de fabrication unique et de rondelles issues d'un lot de fabrication unique.

Lot de fabrication
Quantité d'éléments de fixation de même désignation (y c. le grade, la classe de qualité et les dimensions), fabriqués à partir d'une barre, de fil ou de produit plat issu d'une même coulée, ayant subi simultanément et sans interruption le même processus de fabrication, et, le cas échéant, le même traitement thermique et/ou le même revêtement.
Le même processus signifie pour un procédé continu, le même cycle de traitement sans modification de réglage pour un procédé discontinu, le même cycle de traitement pour des charges identiques et consécutives (sous-lots).
Nota : cette notion implique d'avoir la connaissance exacte du matériau utilisé pour la fabrication des éléments de fixation (numéro de coulée) ainsi que la traçabilité. Le lot de fabrication fait l'objet d'un numéro de lot unique, indiqué sur l'étiquette ou l'emballage.

Lot de petite quantité
Quantité de fixations à revêtir issues d'un seul lot de fabrication, dont la taille est inférieure à la taille normale de la charge d'une ligne de revêtement.

LQ10
Pourcentage de fixations non conformes qui ont une chance sur dix d'être acceptées par l'application du plan d'échantillonnage.

Lubrifiant
Substance généralement utilisé pour maîtriser les caractéristiques de frottement des fixations revêtues, qui est intégrée au revêtement lui-même ou appliquée ultérieurement sur le revêtement, ou les deux, ou sur des fixations non revêtues (par exemple en acier inoxydable).

Lubrification
Opération d'application de lubrifiant (graisse, huile, bisulfure de molybdène, etc.) afin de limiter le frottement entre pièces. Le résultat de cette opération.

M

M
Symbole du filetage pour les fixations à filetage métrique ISO, suivi pour la désignation du diamètre nominal des fixations à pas gros (par exemple M24) et du diamètre nominal et du pas pour les fixations à pas fin (par exemple M12x1,5).

Maillechort
Alliage de cuivre (Cu), nickel (Ni) et zinc (Zn).

Maintenabilité
Caractéristique d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état fonctionnel. De cette caractéristique, on peut déterminer la moyenne des temps de réparation (MTTR).

Maîtrise statistique des Processus (MPC)
Voir *SPC*.

Malléabilité
Aptitude à la déformation sans rupture – elle est caractérisée par le coefficient d'allongement avant rupture lors d'un essai de traction.

Manganèse (symbole chimique Mn)
Métal gris-blanc, dur et fragile, souvent utilisé comme additif pour les aciers alliés, ou comme finition (Phosphatation cristalline, dite phosphatation manganèse, ayant pour but d'améliorer la résistance à la corrosion et les propriétés de frottement de la pièce traitée).

Manque (de matière)
Défaut de surface en forme de poche peu profonde ou de creux, dû à une insuffisance de remplissage du métal pendant le forgeage ou le refoulement (fixation en acier) ou de matière plastique lors de la phase d'injection (fixations en plastique).

Marbrure
Apparence disgracieuse et non uniforme de la galvanisation, due à un acier de base non adapté à la galvanisation à chaud.

Marquage
Identification physique effectuée sur la fixation elle-même et codifiée de certains éléments de la pièce (matière, classe de qualité, identité du fabricant, filetage à gauche, etc.). Le marquage figure sur la tête d'une vis, sur une face d'un écrou et sur la partie lisse ou à une extrémité d'un goujon – pour les fixations à filetage ISO, le marquage est constitué à minima du symbole de la classe de qualité et de l'identification du fabricant, dès lors que les dimensions de la fixation le permettent (dans les faits à partir du diamètre 5 mm inclus) - En France, l'obligation de marquage et les obligations de conformité en découlant sont spécifiées dans les arrêtés du 20 Janvier 1995 et du 13 Octobre 1997.

Marquage CE
Marquage réglementaire symbolisé par le logo CE, ce qui est obligatoire pour tous les produits couverts par une ou plusieurs Directives ou Règlements européens qui le prévoient explicitement. Un produit marqué « CE » acquiert le droit de libre circulation sur l'ensemble du territoire de l'Union Européenne (ce n'est ni une marque de certification ou de qualité, ni une indication d'origine géographique). En apposant la marquage CE sur ces produits, le fabricant déclare respecter toutes les obligations réglementaires prévues.

Marquage (symbole de...)
Identification physique sur la fixation représentant la classe de qualité de la fixation, soit en clair (par exemple 8.8), soit par un marquage horaire, soit par un symbole géométrique (goujon).

Marquage d'identification
Nom ou symbole spécifique désignant le fabricant ou le distributeur des fixations, qui peut être marqué physiquement sur la fixation elle-même et/ou apposé sur l'étiquetage, la documentation.

Marque d'outil
Défaut de surface en forme de rayures longitudinales ou circonférentielles de faible profondeur, provoqué par le déplacement d'un outil sur la surface de la fixation.

Marque NF
Marque volontaire de certification attestant la conformité de caractéristiques, produits et/ou service qu'elle couvre aux normes et exigences complémentaires qui leur sont applicables, dans les conditions définies par un référentiel de certification NF. Pour les fixations, par exemple marque NF Boulonnerie de construction métallique.

Martelage
Travail à froid de métal au marteau ou par projection de grenaille.

Martensite
Le constituant martensitique définit la structure hors d'équilibre obtenue sur un acier après trempe (solution solide métastable sursaturée de carbone dans le fer α et possédant une structure quadratique).

Martensitique
Nuances d'acier inoxydable (symbole C) autotrempants ayant une teneur en chrome supérieure à 0,08% et une teneur en carbone aux environs de 13% - résistance à la corrosion limitée.

Matage
Déformation plastique localisée d'un matériau, par exemple sous l'effet d'une pression de contact élevée (cela peut conduire au tassement des pièces serrées dans un assemblage, et donc à une perte de tension).

Matoplastie
Revêtement d'un ou plusieurs métaux en poudre obtenu par action mécanique d'un matériau inerte sur des fixations, par projection de fines particules de métal en poudre contre le métal de base, par exemple au moyen de grenailles de verre.

Matriçage
Procédé de mise en forme de produits par pressage dans un moule présentant une forme en creux dite matrice.

Matrice (outillage)
En frappe ou forgeage, outillage permettant d'obtenir une forme extérieure en appliquant une force importante afin de contraindre le matériau à épouser la forme voulue.

Mélange de lot
Amalgame de fixations identiques mais provenant de lots de fabrications différents dans le même conteneur, boite ou emballage (non autorisé pour les fixations conformes aux normes ISO 898 ou ISO 3506, fortement déconseillé pour les autres types de fixation).

Mesurage
Ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer la valeur d'une grandeur (dimension, masse, etc.). Le mesurage est limité à la détermination de grandeurs. Voir *Essai*.

Mesure
Résultat d'un mesurage.

Métal
Corps simple ayant un éclat caractéristique et des propriétés particulières de conduction (électrique, thermique).

Métal de base
Métal de la fixation sur lequel le revêtement est appliqué.

Métallisation
Mode de revêtement de surface consistant à projeter sur celle ci un métal fondu pulvérisé par un fort courant gazeux. Dans certaines applications, on peut être conduit à préchauffer la pièce pour assurer l'adhérence du revêtement.

Métallurgie
Ensemble des procédés et des techniques d'extraction, d'élaboration, de formage et de traitement des métaux et alliages.

Méthode d'essai de référence
Méthode d'essai spécifiée dans une norme, qui doit être utilisée en cas de litige concernant la conformité par rapport à une caractéristique spécifiée.

Métastable
Qui possède une stabilité apparente hors des conditions de température et de pression définies par le diagramme d'équilibre.

Microbillage
Voir *Décapage / Nettoyage* - Opération de décapage à sec des pièces en projetant à leur surface des microbilles d'acier ou de verre arrachant la rouille.

Micro-dureté
Méthode d'essai de dureté de surface sous faible charge (jusqu'à HV 0.2 non compris). Pour les fixations, la dureté superficielle est déterminée en HV 0,3 (appelée dureté sous force réduite) et de façon comparative.
Examen au microscope d'éléments de très faible taille révélant la structure cristalline des métaux et alliages.

Micro-grippage (stick-slip)
Phénomène pouvant apparaître lors du serrage de fixations filetées avec une vitesse de rotation élevée, du fait des surfaces en contact alternant une succession rapide de glissement/micro-grippage, par exemple avec des pièces antagonistes en aluminium, avec cataphorèse...

Micromètre (symbole µm)
Unité de longueur égale à un millionième de mètre, appelé « micron » dans le langage courant – Par analogie, instrument permettant de mesurer des grandeurs très faibles.

Minerai
Elément brut de terrain à partir duquel il est possible d'extraire des minéraux utiles et qui demande un traitement élaboré pour être utilisé par l'industrie.

Mise à disposition sur le marché
Dans le cadre du RPC, fourniture d'un produit de construction destiné à être distribué ou utilisé sur le marché de l'Union Européenne dans le cadre d'une activité commerciale, à titre onéreux ou gratuit.

Mise sur le marché
Dans le cadre du RPC, première mise à disposition d'un produit de construction sur le marché de l'union Européenne.

Modification
Toute opération effectuée sur les fixations après leur fabrication initiale, qui a des conséquences sur la géométrie et/ou les caractéristiques physiques, mécaniques ou fonctionnelles des fixations.

Module d'élasticité (Module de Young)
Rapport entre la contrainte de traction appliquée à un matériau et la déformation qui en résulte lorsque celle-ci est totalement élastique.

Moletage
Procédé permettant à l'aide d'une molette d'effectuer des stries à la surface d'une tête de vis – par extension, résultat de cette opération.

Moment
Caractérise l'action de mise en mouvement d'un solide autour d'un axe. C'est le produit de la force exercée et de la longueur du bras de levier entre l'axe de rotation et le point d'application de la force.

Moment quadratique
Somme des produits des contraintes élémentaires par rapport au centre de gravité d'une section plane.

Monomère
Constituant des matières plastiques, composé d'une suite d'atomes de carbone liés entre eux et à d'autres éléments (hydrogène, azote, chlore...).

Montage
Opérations organisées d'assemblage des différents constituants d'un produit visant à le mettre en état de fonctionnement.

Moulage
Procédé d'obtention de pièce par coulée d'un matériau sous forme liquide dans un moule.

Multi-entraînement
Se dit d'une vis présentant deux types d'entraînement, par exemple vis à six lobes internes fendue (montage par outillage et démontage manuel au tournevis possible).

N

Nettoyage / décapage mécanique
Elimination des substances / matériaux étrangers tels que les oxydes métalliques, la calamine, etc... de la surface des fixations par projection de matériaux contre cette surface (il peut s'agir de procédés de grenaillage sphérique ou angulaire, de sablage, de microbillage, etc.).

Nettoyage / dégraissage chimique
Elimination des substances / matériaux étrangers tels que les oxydes métalliques, la calamine, l'huile, etc., de la surface des fixations, par procédés chimiques.

Newton (symbole N)
Unité de mesure de force, équivalent à la force capable de communiquer à une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 m par seconde au carré (1 newton permet d'augmenter la vitesse d'une masse de 1 kilogramme de 1 mètre par seconde chaque seconde).

Newton-mètre (symbole Nm on N.m.)
Unité de mesure du moment d'une force équivalent au moment d'une force de 1 newton dont le bras de levier par rapport au centre de rotation est de 1 mètre.

NF – NF EN – NF EN ISO – NF ISO
Sigles identifiant les normes françaises (NF) publiées par L'AFNOR et précédant le numéro de la norme. Pour les fixations, l'indice de classement est NF E 25-... pour les normes publiées à partir de 1982 (NF E 27-... jusqu'en 1982).

Nickel (symbole chimique Ni)
Métal blanc grisâtre et brillant, utilisé afin d'améliorer la résistance à la corrosion (par exemple en association avec le zinc pour un revêtement zinc-nickel ou comme élément chimique d'addition pour un acier allié), à la traction et à la limite élastique d'un alliage.

Nickelage
Action de revêtir le nickel, ou revêtement de nickel obtenu par cette opération, afin d'améliorer l'esthétique ou la résistance à la corrosion et à l'usure d'un produit.

Nickelage chimique
Process de nickelage par réduction catalytique d'un sel de nickel.

Nickelage électrolytique
Process de nickelage par traitement électrolytique.

Nitruration
Traitement thermochimique de durcissement superficiel d'alliage ferreux par diffusion d'azote vers l'intérieur de la pièce (accroissement de la dureté superficielle et amélioration des propriétés de fatigue et de frottement).

Niveau de qualité acceptable (NQA)
Niveau de qualité qui, dans un plan d'échantillonnage, correspond à une probabilité élevée d'acceptation d'un lot (pour les fixations, cette probabilité doit être supérieure ou égale à 95%).

Niveau d'un critère d'appréciation
Grandeur repérée dans l'échelle adaptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif ou celle atteinte pour une solution proposée.

Nomenclature
Liste détaillée des pièces ou composants constituant le produit. Elle est liée au dessin de conception d'ensemble par un repérage.

Nominal
Terme qui réfère à une valeur typique désirée ou de référence d'une caractéristique (mécanique, dimensionnelle...) définie dans une spécification (une valeur nominale peut être en dehors des limites de tolérance). Par exemple résistance nominale à la traction d'une vis.

Nominale (dimension)
Dimension à laquelle on se réfère pour définir les dimensions limites d'une spécification, calculées en fonction de tolérances spécifiées. Nom utilisé pour qualifier cette dimension, par exemple « diamètre nominal de filetage », identique pour les vis et les écrous.

Non conforme (fixation)
Fixation présentant une ou plusieurs non-conformités.

Non ferreux
Qualificatif d'un métal contenant moins de 50% de fer : aluminium, cuivre, magnésium, zinc, et leurs alliages.

Non-conformité
Déviation d'une caractéristique par rapport aux exigences spécifiées.

Non-qualité
Ecart préjudiciable constaté entre la qualité livrée et la qualité prévue.

Normalisation (matériau)
Traitement thermique comportant une austénitisation suivie d'un refroidissement à l'air calme : il caractérise l'état dit normalisé (recuit).

Normalisation
Activité d'intérêt général qui a pour objet de fournir des documents de référence officiels (norme, fascicule de documentation, rapport technique...), établis par un organisme reconnu, et par consensus entre l'ensemble des parties intéressées (fabricants, distributeurs, utilisateurs). En France, la normalisation est assurée par l'Afnor et les bureaux de normalisation qui organisent l'élaboration des normes françaises et la participation aux normes européennes et internationales.

Norme
Document de référence utilisé dans les échanges commerciaux (contrats privés et marchés publics) qui définit des caractéristiques, critères et/ou moyens de contrôle pour des usages communs et répétés.
Une norme est d'application volontaire, elle devient obligatoire lorsqu'elle est référencée dans une réglementation ou lorsqu'elle est référencée dans un contrat.

Norme de produits
Norme définissant toutes les caractéristiques d'un type de fixation (par exemple vis à tête cylindrique à six pans creux), en incluant les dimensions et tolérances (schéma, gamme de diamètres et longueurs...) et les autres caractéristiques par rapport aux normes fondamentales et aux normes générales.

Norme européenne
Toutes les normes européennes sont obligatoirement publiées dans tous les pays de l'Union Européenne ainsi que dans 6 autres états membres (Suisse, Norvège, Islande, Turquie...) avec annulation obligatoire des normes nationales sur le même sujet. La norme européenne est publiée par les organismes officiels nationaux et est donc précédée par le sigle NF (langue française), BS (langue anglaise) DIN (langue allemande). Elle peut également être publiée dans d'autres langues sous la responsabilité de l'organisme national considéré.

Norme expérimentale (symbole XP)
Norme française nécessitant une période d'expérimentation ou de mise à l'épreuve et qui, dans un délai maximum de 5 ans, est examinée pour être homologuée, remise à l'étude ou supprimée.

Norme fondamentale
Pour les fixations, norme définissant l'ensemble des caractéristiques générales pour une famille de produits : matériaux, caractéristiques mécaniques et physiques, méthodes d'essais, marquage...mais pas les dimensions.

Norme générale
Pour les fixations, norme définissant un aspect particulier relatif aux fixations : par exemple, revêtement de zinc lamellaire, contrôle de réception, entraînement à six lobes internes...

Norme harmonisée (symbole hEN)
Norme européenne, support au marquage CE exigé par une Directive européenne ou un Règlement européen pour la libre circulation des produits.

Norme homologuée
Norme française ayant fait l'objet de la procédure officielle d'approbation (enquête publique) et de publication, l'homologation lui conférant son caractère officiel et national. Une norme homologuée peut être rendue obligatoire à l'appui d'une réglementation notamment dans les domaines de la sécurité, de la santé, de l'environnement...

NQA
Voir *Niveau de Qualité Acceptable.* Critère définissant le type de contrôle par échantillonnage à effectuer.

NQT
Non Quenched and Tempered : non trempé et revenu. S'utilise pour différencier certains écrous dont la classe de qualité est obtenue uniquement par écrouissage, par exemple un écrou M6 de classe 8 NQT.

NSS
Neutral Sal Spray test : *voir Brouillard salin neutre.*

Nuance d'acier
Terme utilisé pour définir une catégorie d'acier de désignation type, correspondant à une composition chimique définie.

Numéro de coulée
Numéro d'identification donné par le producteur métallurgiste à une fabrication homogène (matière, nuance, composition, procédé d'élaboration, installation utilisée, traitement...).

Numéro de lot
Numéro d'identification correspondant à un lot de produits finis supposés homogènes, de même désignation, issu du même fabricant, mais sans que cela corresponde à l'ensemble des critères du lot homogène de fabrication.

Numéro de lot de fabrication
Code alphanumérique unique attribué par le fabricant à un lot de fabrication de fixations et permettant la traçabilité totale.

Numéro de traçabilité
Code alphanumérique attribué par un fabricant ou distributeur, qui identifie le numéro de lot de fabrication d'origine de façon univoque.

O

Olygocyclique (domaine de fatigue)
Domaine de fatigue pour lequel les ruptures sont précédées d'une déformation globale notable, après un petit nombre de cycles ($<10^5$).

Outil
Au sens général, effecteur agissant directement sur la matière d'œuvre afin de lui apporter une valeur ajoutée : outil de coupe, outil de déformation...

Oxydation
Formation à la surface d'un produit, et sous l'action d'un milieu, d'une couche d'oxyde plus ou moins adhérente. Réaction de combinaison chimique avec l'oxygène d'un corps ayant pour effet la perte d'un ou plusieurs électrons – Cette réaction a souvent des effets de détérioration des caractéristiques – Voir *Rouille rouge*.

Oxydation blanche
Aussi appelée improprement « rouille blanche », oxyde de couleur blanche se développant par transformation du zinc, de l'alliage de zinc ou de l'aluminium composant le revêtement de surface sous l'effet d'oxydant.

Oxydation chimique
Résultat d'une opération d'oxydation par un agent chimique.

Oxydation interne
Oxydation accompagnée d'une diffusion de l'oxygène qui se fixe à plus ou moins grande profondeur à l'intérieur du métal sous forme d'oxydes dispersés (peut caractériser un défaut de traitement thermique – pollution de l'atmosphère à l'intérieur de l'enceinte d'un four).

P

P
Symbole pour le pas du filetage.

Palanquée
Montage utilisé en galvanisation à chaud, sur lequel sont accrochés les pièces à traiter.

Parkérisation
Procédé de phosphatation.

Pas d'écrou
Distance axiale parcourue par l'écrou pour une rotation de 360° (cas de filetage à simple filet).

Pas du filetage (symbole P)
Distance entre deux filets consécutifs d'un filetage – Cette mesure est exprimée en millimètre pour les filetages de type métrique et en nombre de filets au pouce pour les filetages de type anglais ou américain.

Pas fin
Pour les filetages métriques ISO à 60°, pas (P) dont la distance entre deux filets consécutifs d'un filetage dont la valeur nominale normalisée est inférieure à celle d'un pas « normal » ou « gros », Il suit la désignation du diamètre nominal après le signe x, par exemple M 16x1,5.

Pas gros
Pour les filetages métriques ISO à 60°, pas (P) dont la distance entre deux filets consécutifs d'un filetage dont la valeur nominale est standard – dit aussi « pas normal ». Sans précision, le filetage des fixations est à pas gros.

Passivation
Couche de conversion chimique sur un revêtement métallique assurant une protection cathodique sacrificielle (principalement les revêtements de zinc ou d'alliage de zinc), obtenue par immersion dans une solution chimique adéquate (solution de passivation), afin de réduire la vitesse de corrosion du revêtement métallique et/ou d'obtenir une coloration.

Passivation (acier inoxydable, aluminium)
Traitement chimique qui augmente l'épaisseur du film d'oxyde riche en chrome apparaissant naturellement sur tous les types de surface en acier inoxydable, l'aluminium...

Passivité de l'acier inoxydable
Etat de la surface chimiquement inactive des aciers inoxydables.

pc
Abréviation de « Property Class » - Voir *Classe de qualité*.

PDCA
Plan = préparer, prévenir – Do = dérouler – Check = contrôler, mesurer – Act = analyser, améliorer : Processus en 4 phases afin d'améliorer l'efficacité de toutes les actions engagées dans l'entreprise.

PED
Pressure Equipment Directive – Voir *DESP*.

Pénétrateur
Elément mécanique avec une extrémité en forme de pyramide, bille ou cône utilisés lors des essais de dureté pour indenter la surface d'une pièce.

Perçage
Opération de réalisation d'un trou cylindrique à l'aide de mèche ou foret – le trou peut être borgne ou débouchant (traversant).

Perlite
Agrégat de ferrite (fer α) et de cémentite (carbures de fer Fe3C) formé par la décomposition de l'austénite. Selon la forme de la cémentite, on distingue la perlite lamellaire et la perlite globulaire ou nodulaire.

Perpendicularité
Application géométrique tolérancée relative à deux éléments géométriques formant entre eux un angle de 90° (droites ou surfaces planes).

Phillips (empreinte)®
Type d'empreinte cruciforme – codification « H » - nom déposé.

Phosphatation
Couche de phosphates insolubles obtenue par immersion des fixations dans une solution d'acide phosphorique, de phosphates et d'additifs. La phosphatation peut améliorer l'adhérence d'un revêtement ultérieur, les caractéristiques de frottement lorsqu'elle est lubrifiée et/ou assurer une protection temporaire.

Phosphatation au Zinc
Phosphatation cristalline, dite phosphatation Zinc, ayant pour but d'améliorer la résistance à la corrosion et/ou les propriétés de déformation de la pièce traitée (par exemple lors des conditions sévères de déformation par frappe à froid).

Phosphatation Manganèse
Phosphatation cristalline, dite phosphatation Manganèse, ayant pour but d'améliorer la résistance à la corrosion et/ou les propriétés de frottement de la pièce traitée.

Phosphate
Couche de sels d'acide phosphorique.

Pièces par million non conformes
Voir *PPM*.

Plage de serrage
Etendue du résultat escompté suite à l'opération de serrage, issu d'un calcul et qui dépend des pièces assemblées, des fixations et de la précision du moyen de serrage – voir NFE 25-030.

Plan d'appui
Surface d'un objet qui assure un contact ou transmet des sollicitations. En fixation, désigne les faces d'appui sous tête de vis, sous écrous, et/ou surface des rondelles.

Plan de contrôle
Plan qui définit le processus de fabrication des fixations avec des points de contrôle qui assurent des procédures afin de contrôler et de réduire la variabilité du processus et du produit.

Plan d'échantillonnage
Plan selon lequel un échantillon est prélevé pour le contrôle, afin de déterminer l'acceptabilité d'une population définie de fixations.

Plan médian
Plan situé au milieu d'un objet. C'est souvent le plan choisi pour effectuer la coupe d'un objet symétrique.

Planéité
Spécification géométrique tolérancée relative à une surface plane dont la forme est comparée à un plan parfait.

Plasticité
Caractéristique d'une matière dont les déformations restent permanentes lors de l'arrêt des sollicitations.

Pliage
Procédé de formage à froid permettant de réaliser des pièces par déformation permanente d'un plan de tôle.

Poêlier
Forme de tête de vis Ronde Large et plate (en forme de poêle à frire posée à l'envers) à entraînement interne, à capacité de charge réduite – codification RL.

Poids de couche
Masse totale du revêtement rapportée à la surface chimique active mouillée. Unité : gramme/mètre carré (g/m^2).

Polissage
Opération de finition terminale consistant à rendre la surface plane, brillante et sans rayure ou aspérité. A ce stade, les examens micrographiques peuvent servir à définir :
- la notion de propreté inclusionnaire du matériau (quantification suivant indices et comparaison avec images types – oxydes, sulfures, silicates, aluminates),
- un mesurage d'une épaisseur de revêtement (avant attaque chimique métallographique).

Polyamide
Produit synthétique résultant de la polycondensation d'un diacide et d'une diamine ou d'un aminoacide sur lui-même - utilisé en fixation pour ses qualités de résistance chimique et électrique.

Polymère
Matière constituée de macromolécules (molécules géantes) rentrant dans la composition des matières plastiques.

Polymérisation
Réaction chimique où de petites molécules (monomères) réagissent entre elles pour former des molécules de masse plus élevée (polymères), le plus souvent sous l'effet de la chaleur (plastiques, résines...).

Position d'une tolérance
Dans le système ISO, symbolisée par une lettre majuscule (alésage, dimension extérieure) ou minuscule (arbre, dimension intérieure), elle définit la position de la zone de tolérance par rapport à la dimension nominale. Elle conditionne la valeur des écarts inférieurs et supérieurs.

Pouce
Traduction française d'une unité de mesure de longueur anglo-saxonne (inch) dont la valeur est de 25,4 mm.

Pozidriv (empreinte)®
Type d'empreinte cruciforme – codification « Z » - nom déposé.

PPM (Pièces Par Million)
Méthode d'évaluation du nombre de pièces potentiellement non conformes de lots de fabrication de fixations finies, au moyen d'un calcul basé sur un million de pièces – exemple : 40 PPM pour absence de filetage.

Précontrainte
Tension introduite dans la fixation d'un assemblage, qui maintient les pièces serrées, exprimée en Newton (N) – appelée aussi précharge.

Préparation de surface
Procédé utilisé sur les fixations brutes afin de permettre une bonne adhérence du revêtement, comprenant généralement plusieurs opérations successives : dégraissage, décapage, rinçage(s)...

Pression
Dans le système international de mesure, rapport entre la valeur de la force exercée perpendiculairement à une surface et la surface de celle-ci. Elle s'exprime en Pascal (symbole Pa) – 1Pa = $1N/m^2$ – à l'intérieur d'un matériau la pression est appelée *Contrainte*.

Prétraitement
Opération(s) mécanique(s) et/ou chimique(s) préparant la surface des fixations en vue du revêtement, par exemple nettoyage/dégraissage chimique, nettoyage/décapage mécanique, dégraissage, décapage chimique.

Prévention
Dans le cadre d'un système qualité, ensemble des moyens, des mesures de sécurité et d'organisation permettant d'éviter ou réduire la probabilité d'accidents ou d'incidents de non-qualité.

Prix
Equivalent monétaire du produit ou du service dans une transaction commerciale. Il est sensiblement différent du coût complet.

Probabilité d'acceptation
Probabilité qu'un lot de qualité donnée soit accepté par un plan d'échantillonnage donné.

Procédé
Technique de réalisation permettant l'élaboration d'un produit et mettant en œuvre un système de fabrication : usinage, formage, frappe, etc.

Procédure
Méthode formalisée de réalisation d'une activité. C'est une composante essentielle d'un système qualité.

Process / Processus
Ensemble des étapes ou transformations nécessaires à la fabrication d'un produit ou à l'élaboration d'un service.

Productivité
Capacité à produire des services ou produis conformes dans un délai défini et des conditions économiques favorables. C'est un des éléments de la compétitivité.

Produit de construction
Dans le cadre du RPC, tout produit ou kit fabriqué et mis sur le marché en vue d'être incorporé de façon durable dans des ouvrages de construction ou des parties d'ouvrages de construction, et dont les performances influent sur celles des ouvrages de construction en ce qui concerne les exigences fondamentales applicables auxdits ouvrages.

Profil
Ensemble des traits qui caractérisent le contour d'un objet.
En visserie, se dit d'un filetage selon un plan parallèle à son axe. Il peut être contrôlé à l'aide d'un projecteur de profil.

Profil de base (filetage)
Profil théorique du filetage dans un plan axial, défini par des dimensions, des angles et des troncatures théoriques, commun aux filetages intérieurs et extérieurs. Par exemple profil de filetage ISO pour les fixations.

Propriétés mécaniques
Caractéristiques mécaniques spécifiques à un matériau/ou produit mesuré via des machines de test (traction, résilience, dureté). Leurs valeurs sont définies dans les normes en vigueur, en fonction principalement de la désignation et dimensions des produits.

Protection anodique
Aptitude du revêtement à jouer un effet barrière, le métal de base n'étant attaqué que lorsque la continuité du revêtement est atteinte (par exemple du fait de rayures).Cette aptitude existe par exemple pour les revêtements à base de chrome, nickel, cuivre, étain...

Protection cathodique
Aptitude du revêtement à agir comme une couche sacrificielle et ainsi protéger le métal de base de la fixation dans ses conditions d'environnement, en cas d'endommagement du revêtement (par exemple par rayures). Cette aptitude existe par exemple pour les revêtements à base zinc, cadmium...

Protection temporaire
Protection limitée contre la corrosion, essentiellement destinée au transport et au stockage des fixations. L'huile, les couches de conversion, l'oxydation noire et les cires sont des exemples de protections temporaires.

Protocole
Document décrivant sous forme de texte et/ou de graphe comment est effectuée une opération.
Document précontractuel permettant à un client et un fournisseur d'engager une collaboration en anticipant la formalisation et la signature d'un contrat.

PTFE
Le polytétrafluoréthylène est un polymère à haut poids moléculaire utilisé pour améliorer le coefficient de frottement des pièces traitées.

Pulvérisation
Méthode d'application utilisée en revêtement lamellaire à l'attache visant à envoyer de fines particules de produit sur la pièce à l'aide de pistolets électrostatiques.

Q

QT
Quench and Tempered = trempé et revenu. S'utilise pour différencier certains écrous dont la classe de qualité est obtenue par trempe et revenu, par exemple un écrou M20 de classe 8 QT.

Qualification
Ensemble des opérations permettant de vérifier la conformité des capacités et performances d'un produit ou d'un processus.

Qualité
Aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences (besoins ou attentes formulés, implicites ou imposés) (définition de la norme ISO 9000).
Démarche consistant à fournir au client une prestation (produit matériel ou immatériel, service) répondant à son besoin ou à sa demande formalisée.

Qualité d'une tolérance
Dans le système ISO, symbolisée par un numéro, elle définit la valeur de l'intervalle de tolérance (IT) exprimée en microns.

R

Raccordement sous tête
Zone de transition progressive entre la tête d'une vis et sa partie lisse (vis partiellement filetée) ou son filetage (vis entièrement filetée), caractérisée par le rayon sous tête et la longueur de raccordement.

Rapport d'essai F2.2 des fixations
Document de contrôle établi par le fabricant conformément à la norme ISO 16228, déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes ou exigences spécifiées, et comprenant des résultats basés sur un contrôle non spécifique. Ce document est validé par un représentant autorisé du fabricant.

Rapport d'essai F3.1 des fixations
Document de contrôle établi par le fabricant ou le distributeur conformément à la norme ISO 16228, déclarant que les fixations livrées sont conformes à la commande et aux normes ou exigences spécifiées, et comprenant des résultats basés sur un contrôle spécifique. Ce document est validé par un représentant autorisé du fabricant ou du distributeur.

Rapport d'essai F3.2 des fixations
Document de contrôle établi par le représentant autorisé externe conformément à la norme ISO 16228, déclarant que les caractéristiques vérifiées des fixations examinées sont conformes aux exigences spécifiées, et comprenant des résultats d'essais et/ou d'inspection finale issus d'un contrôle spécifique. Ce document est validé par le représentant externe autorisé.

Rayon sous tête (symbole r)
Rayon de la zone de raccordement entre la tige d'une vis et la tête – le rayon sous tête participe de façon significative au calcul du couple de serrage d'une vis – sa conformité normative est donc essentielle.

REACH
Registration, Evaluation and Authorization of CHemicals - Nom du règlement européen mettant en place un système intégré sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions d'utilisation des substances chimiques potentiellement dangereuses pour la santé humaine qui couvre le contrôle de la fabrication, de l'importation, de la mise sur le marché et de l'utilisation des substances concernées.

Recristallisation
Développement, par germination et croissance, de nouveaux grains à partir de la matrice écrouie.

Rectification
Opération de finition (parachèvement) à l'aide d'une meule pour améliorer l'état de surface d'une pièce (élimination de défauts résultant généralement du manque de précision lors d'une opération de mise en forme antérieure ou de déformations provoquées par un traitement thermique).

Rectitude
Spécification géométrique tolérancée relative au profil de chaque génératrice d'un cylindre ou d'un cône dont la forme est comparée à une droite parfaite.

Recuit
Opération de traitement thermique consistant à élever la température d'une pièce à un niveau légèrement supérieur à la température de transformation puis un maintien en température suivi d'un refroidissement lent, afin d'assurer son équilibre physico-chimique et structurel (après retour à température ambiante, le produit est dans un état structurel proche de l'état d'équilibre stable avec une structure de type ferrite + perlite).

Utilisé pour les fixations avant frappe (pour déformer plus facilement la matière) ou après frappe (pour diminuer l'effet d'écrouissage et/ou augmenter l'allongement).

Recuit de détente
Opération pour les pièces en acier traité modifiées mécaniquement après une opération de trempe, consistant en un chauffage pendant une heure à une température comprise entre 190°C et 210°C (relaxation des contraintes introduites lors des opérations d'usinage et/ou de traitement thermique – pas de modifications notables des caractéristiques mécaniques).

Référentiel de certification
Ensemble des documents de référence nécessaires à la certification d'un produit ou d'un service (règles générales du système de certification, normes concernées et exigences complémentaires) ainsi que les conditions dans lesquelles la certification est attribuée, contrôlée et reconduite pour une application donnée. Par exemple référentiel Boulonnerie de Construction Métallique NF070 pour les fabricants de boulons (référentiel principal) et NF382 pour les distributeurs (référentiel complémentaire).

Refoulement
Procédé de fabrication utilisé pour former les têtes de vis, un volume de matière défini étant compressé sur une matrice (forme plate ou liée à la géométrie de la tête à former).

Réfractaire
Se dit de matériaux métalliques ou céramiques résistant à des températures extrêmes sans rupture ou fusion et/ou à certaines actions chimiques.

Règlement européen
Texte législatif publié au Journal Officiel de l'Union européenne (JOUE) similaire à une Directive Européenne, mais qui – contrairement à une Directive – s'applique directement tel quel dans chaque pays de l'Union après une période transitoire définie, sans transposition dans chacune des législations nationales. Il fixe également des objectifs et laisse soin à des documents complémentaires (normes harmonisées par exemple) de définir les spécifications par catégorie de produits.

Règles de l'art
Règles correspondant à l'état de la technique et composées d'un ensemble de pratiques professionnelles à respecter, qui sont spécifiques à chaque domaine. Les tribunaux considèrent que les règles de l'art sont des obligations implicites et leur non-respect constitue une faute de nature à engager la responsabilité contractuelle. Les normes sont considérées comme partie des règles de l'art.

Rejet (entraînement)
Effet d'éjection d'un outil d'entraînement dû à sa géométrie lors de l'application d'un couple de serrage.

Relation couple/tension
Pour les assemblages vissés à filetage métrique ISO, caractérise l'aptitude à obtenir une tension dans la fixation lors de l'assemblage au moyen d'un couple de serrage.

Relaxation (assemblage)
Dans un assemblage vissé, perte de charge à position constante sous l'effet en général d'une exposition prolongée à la température.

Relaxation des contraintes (acier)
Traitement thermique ayant pour but de diminuer les contraintes propres de caractère macroscopique par substitution de déformations plastiques aux déformations élastiques initiales. Il comprend un chauffage et un maintien à une température suffisante pour que l'abaissement concomitant de la limite d'élasticité et éventuellement le fluage permettent la relaxation des contraintes. Il se termine par un refroidissement lent.

Relevé de contrôle 2.2 (matériaux)
Document selon spécifications de la norme EN 10204 ou ISO 10474, dans lequel le producteur de matériaux déclare que les produits livrés sont conformes à la commande, avec mention de résultats sur la base de contrôles non spécifiques.

Repli
Défaut de surface des produits laminés ou gorgés ou lors du roulage des filets de vis, provoqué par le repli de la matière sur elle-même.

Repli dans les filets
Défaut de surface caractérisé par une double épaisseur de métal dans le filetage, généré par l'opération de roulage à froid des filets, souvent refermé.

Repli de forge
Défaut de surface caractérisé par un déplacement et recouvrement de métal en surface pendant le forgeage.

Représentant autorisé
Personne ayant autorité pour valider et signer les documents de contrôle au nom du fournisseur, et dont la position au sein de l'organisation évite les conflits d'intérêt avec d'autres fonctions, telles que les achats, la production, le service financier ou les ventes.

Représentant autorisé externe
Tierce partie ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur, ou organisme du contrôle désigné par le client, ou organisme désigné par une autorité réglementaire.

Résilience (symbole KU ou KV)
Propriété mécanique d'un matériau vis-à-vis de l'absorption d'un choc correspondant à la quantité d'énergie libérée par le matériau au moment de la rupture d'une éprouvette normalisée (entaillée en U ou en V) et donc caractérisant la non-fragilité d'un matériau à une température spécifiée – mesure exprimée en Joule.

Résine
Composé synthétique non-métallique obtenu par process chimique et utilisé dans la fabrication de matières plastiques. Elle peut être utilisée comme support d'enrobage, utilisé à froid ou à chaud, pour le polissage d'un échantillon de pièce (coupe macro ou micrographique).

Résistance
Contrainte nominale maximale qu'un matériau puisse supporter.

Résistance à la corrosion
Caractéristique fonctionnelle liée à la nature de la fixation ou de son revêtement. Elle peut être exprimée par rapport à une corrosion naturelle en milieu extérieur, ou par rapport à un essai de corrosion en enceinte climatique (essai de brouillard salin, essai Kesternich...) ou par rapport à une substance chimique (acide...).

Résistance à la fatigue
Aptitude d'un matériau ou d'une fixation à résister de façon durable à des cycles élevés de contraintes sur une longue période de temps, exprimée en nombre de cycles.

Résistance à la traction
(symbole Rm) Caractéristique mécanique essentielle d'une vis, goujon ou tige filetée, correspondant au ratio entre la charge maximale mesurée lors d'un essai de traction et la section résistante de la fixation, exprimée en mégapascals ($MPa=N/mm^2$).

Résistance au brouillard salin
Exprimée en HBS (heures au brouillard salin), durée de résistance avant apparition d'oxydation blanche (pour un revêtement) ou de rouille rouge (matériau de la fixation) ou d'un matériau ou d'un revêtement, lors d'un essai dans une enceinte climatique où est pulvérisée une solution saline.

Résistance au cisaillement
Aptitude à la résistance à deux efforts exercés perpendiculairement et de façon opposée à l'axe principal de la pièce.

Résistance élastique
Aptitude d'un matériau à résister jusqu'à un niveau minimal donné (voir limite élastique) au-delà duquel la déformation provoquée par la contrainte devient permanente (déformation plastique).

Restauration
Traitement thermique ayant pour objet de provoquer le rétablissement au moins partiel des propriétés mécaniques d'un métal écroui sans modification apparente de sa structure. Il est réalisé à une température inférieure à celle du traitement de recristallisation mais à une température d'autant plus élevée que l'on recherche une restauration plus poussée des propriétés.

Résultante
En mécanique, force unique agissant sur un corps et ayant les mêmes effets que l'ensemble des forces composantes agissant simultanément.

Retassure
Cavité qui se forme au cours du retrait lors de la solidification d'un métal liquide.

Retrait
Diminution de volume d'un matériau due à une perte d'eau ou à une baisse de température, typiquement lors d'un refroidissement de traitement thermique ou d'une opération de soudage (retrait thermique).

Revenu
Opération de traitement thermique effectuée après la trempe consistant à maintenir les pièces métalliques à une température inférieure à la température de transformation, afin de supprimer les tensions internes dues à la trempe, et conférer aux pièces leurs caractéristiques mécaniques (pour les fixations, résistance à la traction, allongement...).

Revêtement / finition
Etat de la surface dans lequel les fixations doivent être livrées, par exemple sans finition particulière, résultant d'une oxydation consécutive à un process, huilées, lubrifiées, passivées (pour l'acier inoxydable, l'aluminium, etc.), ou bien revêtues.

Revêtement à l'attache
Procédé au cours duquel les fixations sont disposées individuellement dans un dispositif adéquat (en général un support ou un rack) pour être revêtues.

Revêtement au tonneau
Procédé de revêtement ou une charge de fixations en vrac est transportée dans un tonneau tout au long des étapes successives du procédé.

Revêtement chimique
Procédé de revêtement obtenu par voie humide et immersion, générant un dépôt par conversion chimique à la surface des fixations sans application de courant électrique, par exemple phosphatation.

Revêtement de surface
Voir *Revêtement/Finition* -Traitement métallique ou non métallique déposé sous forme de couche sur la surface d'un matériau ou d'une pièce – En matière de fixation, le terme est plutôt réservé pour des opérations telles que cémentation, carbonitruration...

Revêtement de zinc lamellaire
Revêtement non électrolytique composé de lamelles métalliques (majoritairement de zinc) dispersées dans un liant adéquat, appliqué sur les fixations par immersion ou projection et suivi d'une cuisson.

Revêtement de zinc par diffusion thermique
Revêtement composé d'un alliage de zinc-fer obtenu par tonnelage des fixations dans la poussière de zinc chauffée à une température inférieure au point de fusion du zinc (généralement aux environs de 400°C).

Revêtement électrolytique
Revêtement à base métallique effectué par électrolyse dans un ou des bains à base de sels de métaux (application d'un courant électrique continu dans un milieu aqueux) – L'épaisseur et la maitrise du cycle de fabrication déterminent le niveau de performance contre la corrosion.
Revêtement de zinc, d'alliage de zinc ou autre revêtement métallique déposé sur les fixations par électrolyse.
Traitement de renforcement de la couche superficielle d'une pièce métallique par effet d'électrolyse sous courant électrique contrôlé.

Revêtement électrophorétique
Revêtement obtenu par l'application d'un champ électrique générant le dépôt de molécules de polymère chargées sur les fixations, suivi d'une cuisson.

Revêtement en vrac
Procédé au cours duquel les fixations sont revêtues en vrac, par exemple dans un panier ou un tonneau en rotation.

Revêtement par pulvérisation
Procédé de revêtement à l'attache ou en vrac au cours duquel un mélange de revêtement liquide finement divisé en gouttelettes est projeté sur les fixations à revêtir.

Revêtement trempé – centrifugé
Principe d'application d'un revêtement lamellaire en vrac ou à l'attache consistant à plonger les pièces dans le bain du produit à appliquer puis à retirer les excès du produit par centrifugation.

Rigidité
Grandeur physique exprimant la résistance qu'oppose une substance solide aux efforts de compression, torsion ou cisaillement (exprimée en unité de force par unité de longueur) – utilisée par exemple pour caractériser la raideur de pièces ressorts (l'inverse de la rigidité est la souplesse).

Risque fournisseur
Probabilité qu'un lot soit rejeté bien que son niveau de qualité corresponde aux valeurs respectives de NQA, lorsqu'un plan d'échantillonnage est appliqué.

Rivet aveugle
Fixation formée d'une partie tubulaire cylindrique et d'une tige renflée à une extrémité qui, après mise en place du rivet dans le trou de passage des pièces à assembler, vient déformer le corps du rivet, provoquant ainsi le sertissage.

Rivet plein
Fixation formée d'une tête et d'une tige cylindrique qui est posée à chaud au moyen d'une machine de rivetage et d'un outillage adapté (bouterolle) – par exemple, rivets utilisés pour la construction de la Tour Eiffel.

Rivetage
Opération manuelle ou automatisée de mise en place et sertissage de rivets afin d'assembler des pièces entre elles. Le rivetage en aveugle ne nécessite l'accès que d'un seul côté des pièces à riveter.

Rockwell (dureté)® (symbole HRC ou HRB)
Dureté déterminée à l'aide d'un pénétrateur en forme de cône (HRC) ou de bille 5HRB) appliqué sous une charge définie, par mesure de la profondeur d'enfoncement dans le matériau. Elle est notamment utilisée pour les matériaux trempés et revenus et pour les outillages.

RoHS
Directive européenne « Restriction of Hazardous Substances », Voir *D3E* : Directive européenne 2002/96/CE « Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques », afin d'interdire ou de restreindre l'utilisation de certaines substances dangereuses : chrome hexavalent (Cr(VI), métaux lourds (cadmium, plomb...). La finition courante dite « bichromatée jaune » n'est donc plus autorisée pour ces marchés.

Rondelle
Fixation destinée à un assemblage comportant un trou de passage pour l'élément de serrage, généralement obtenue à partir de métal en feuille et forme extérieure ronde. Par exemple rondelle plate, conique... mais aussi rondelle carrée, rondelle Grower...

Rondelle élastique
Rondelle de forme non plane, qui est comprimée de façon élastique dans l'assemblage lors du vissage, permet une réserve élastique contre les tassements et mise en place des éléments.

Rondelle imperdable
Rondelle (conique, plate...) qui a été incorporée à la fixation lors du processus de fabrication (par exemple par roulage des filets de la vis après montage ou par sertissage sur un écrou), qui reste libre de tourner mais ne peut être désolidarisée de la fixation.

Rondelle indicatrice de précontrainte (DTI)
Dispositif d'indication d'effort placé sous la tête de la vis ou sous l'écrou des boulons HR ou HV, l'une des faces de la rondelle comprenant des protubérances qui sont comprimées sous l'effort, le jeu moyen après serrage étant représentatif de la précontrainte dans le boulon – DTI = Direct Tension Indicator.

Rouille blanche
TERME A NE PAS UTILISER – voir *Oxydation blanche*.

Rouille rouge
Corrosion du métal de base pour les fixations en acier ou alliage de fer formé d'oxyde ferrique hydraté de couleur brun-roux, se produisant par transformation du fer en présence d'agent oxydant – cette altération est destructive puisqu'elle caractérise l'attaque du substrat en acier sur pièce revêtue.

Roulage
Procédé d'obtention du filetage d'une fixation métallique par déformation de la matière au-delà de sa limite d'élasticité, par rotation et forte poussée de la pièce entre des molettes ou des peignes qui reproduisent leur profil sur la pièce.

RPC
Règlement européen 305/2011/UE « Produits de Construction », impliquant un marquage CE qui permet la libre circulation des produits. Pour les fixations, cela concerne les boulons de construction métallique et les chevilles, ainsi que les fixations de second-œuvre pour le bâtiment faisant partie d'un kit visé par le marquage CE. Remplace la DPC depuis le 1er juillet 2013.

Rugosité
Spécification relative à l'état de surface d'un objet, caractérisant les aspérités ou stries éventuellement présentes.

Rupture
Fracture intervenant à la fin d'un processus d'allongement ou déformation d'une pièce soumise à des efforts localement supérieurs à ses limites de résistance aboutissant à la casse de la pièce.

Rupture brutale
Rupture rapide de type ductile ou fragile.

Rupture différée
Rupture brutale après montage d'une fixation de dureté supérieure à 320HV et soumise à des contraintes de traction, après un délai de quelques heures à quelques jours.

Rupture ductile
Rupture caractérisée par une importante déformation plastique préalable (allongement et striction apparents).

Rupture fragile
Rupture caractérisée par une déformation plastique préalable faible ou nulle.

Rupture intergranulaire
Rupture par décohésion des joints de grains.

Rupture par cisaillement
Rupture ductile d'un métal, ou les grains se rompent par glissement des plans cristallographiques sous l'action de contraintes de cisaillement.

Rupture par fatigue
Rupture par fissuration progressive d'une pièce soumise à des sollicitations cycliques.

Rupture semi-fragile
Rupture brutale intéressant généralement les pièces de grandes dimensions (plaques,...) se produisant avec peu ou pas de déformation plastique et présentant une surface de rupture caractérisée par des chevrons.

Rupture transgranulaire
Rupture survenant à travers les grains du métal.

S

Sacrificiel
Se dit d'un revêtement dont le métal de base s'oxydera avant le métal de la pièce sur laquelle il est déposé:
Par exemple, Zinc sur Acier puisque le zinc s'oxydera avant l'acier, "se sacrifiant" ainsi - C'est pour cette raison que le zinc empêche l'acier sur lequel il est déposé de s'oxyder.

Sans finition particulière
Etat de la surface résultant naturellement de la fabrication des fixations non revêtues, lorsque ces fixations ne comportent pas de finition supplémentaire. Par exemple pour les fixations en acier, avec un mince film d'huile ou oxydation noire avec un mince film d'huile. Par exemple pour les fixations en acier inoxydable, une surface propre et brillante.

SB
Voir *Boulon SB non-précontraint*.

Sealer
Finition d'une fixation revêtue constituée d'une substance chimique (avec ou sans lubrifiant intégré) appliquée sur le substrat et formant une couche composite avec une couche de conversion, afin d'améliorer la résistance chimique, la protection contre la corrosion, etc. Pour les fixations, la couche de conversion est généralement à base de chrome (sous sa forme trivalente ou hexavalente).

Sec au toucher
Etat de la surface de fixations revêtues, lorsqu'aucun matériau visible à l'œil nu n'est transféré sur un matériau absorbant lorsqu'une fixation est saisie manuellement.

Séchage
Procédé éliminant l'eau et/ou le solvant du revêtement, soit à température ambiante, soit par chauffage. Cette opération n'entraine pas de polymérisation ni de liaison chimique entre polymères.

Section résistante dans la partie lisse (symbole A_{ds})
Surface de la section dans la partie lisse d'une fixation (tige).

Section résistante (symbole As)
Surface de la section de la partie filetée d'une fixation – pour une fixation à filetage métrique ISO, section généralement nominale car calculée à partir des cotes théoriques de filetage.

Ségrégation
Concentration de divers éléments dans certaines zones d'un matériau métallique (joints de grains notamment), ces concentrations sont en général liées au processus de solidification.

Self-passivation
Voir *Autopassivation*.

Serrage (opération)
Phase d'assemblage d'une fixation filetée où elle est entrainée en rotation avec mise en tension (par opposition au vissage), cette mise en tension résultant de l'action de vissage qui transforme un couple de rotation en force axiale par l'intermédiaire de l'hélice du filetage.

Serrage (résultat)
Résultat de l'opération de serrage, assurant la continuité et la tenue mécanique d'un assemblage : compression appliquée par les fixations sur les pièces serrées.

Sertissage
Process d'assemblage d'éléments de faible épaisseur par déformation mécanique à froid d'un métal (rabattement de matière).

Shérardisation
Revêtement composé d'un alliage zinc-fer obtenu par tonnelage des fixations dans un mélange constitué de poussière de zinc et d'un matériau inerte, chauffé à une température inférieure au point de fusion du zinc (généralement aux environ de 400°C) La shérardisation fait partie des revêtements de zinc par diffusion thermique – du nom de son inventeur Sherard Cowper Cowles.

Six lobes externes
Type d'entraînement extérieur hexalobé, pour vis.

Six lobes internes (empreinte à...) (symbole X)
Empreinte de forme hexalobée, pour vis.

Six pans creux (symbole HC)
Empreinte de forme Hexagonale Creuse.

Solidité de tête
Ténacité de la tête et du raccordement sous tête, vérifiée soit par un essai de rabattement au marteau sur tas oblique, soit par un essai de traction avec cale biaise si la longueur de vis est suffisante pour pratiquer l'essai.

Sollicitation
Force extérieure agissant sur un assemblage.

Solution solide
Phase solide formée à partir d'un alliage et dont les proportions des composants peuvent varier d'une façon continue dans des limites plus ou moins étendues sans que la structure cristalline change.

Sommet de filet
Surface supérieure du filet (reliant deux flancs adjacents), correspondant au diamètre de filetage le plus grand pour une vis au diamètre de filetage le plus petit pour un écrou.

Soudage
Procédé d'assemblage par fusion des matériaux (donc non-démontable), avec élément d'apport, qui assure ainsi une liaison par continuité de matière.

Sous-lot
Voir *Charge*.

SPC
Statistical Process Control – Maitrise statistique des procédés : Au travers de représentations graphiques montrant les écarts (en + ou en - ou en =) à une valeur donnée de référence, il sert à anticiper sur les mesures à prendre pour améliorer n'importe quel processus de fabrication industrielle (automobile, métallurgie, ...).
Cette discipline utilise un certain nombre de techniques telles le *contrôle de réception*, les plans d'expérience, les techniques de régression, les diagrammes de Pareto, *la capabilité, les cartes de contrôle*, etc.
Le contrôle en cours de production a pour but d'obtenir une production stable avec un minimum de produits non conformes aux spécifications. Le contrôle de la qualité est « dynamique » : il ne s'intéresse pas au résultat isolé et instantané, mais au suivi dans le temps : il ne suffit pas qu'une pièce soit dans les limites des spécifications, il faut aussi surveiller la répartition chronologique des pièces à l'intérieur des intervalles de tolérances. La SPC a pour objet une qualité accrue par l'utilisation d'outils statistiques visant à une production centrée et la moins dispersée possible.

Spécification technique
Exigences techniques complètes et détaillées, sous forme écrite, souvent appelée « norme interne ».

Spectrométrie
Méthode physique d'analyse des éléments métalliques présents dans un volume précis, par détection des spectres de chacun des éléments par réfractométrie de radiations. Par exemple détermination de l'épaisseur d'un revêtement par fluorescence X.

ST
Symbole du filetage pour les vis à tôle, suivi pour la désignation du diamètre nominal de la fixation.

Stanal®
Type de revêtement (breveté et protégé) obtenu par immersion dans une poudre à haute température, afin d'éviter les phénomènes de grippage, notamment sur des produits en acier inoxydable.

Standard
Convention, règles et/ou prescriptions techniques, généralement élaborées entre industriels ayant des intérêts communs (aussi appelée Norme interne ou Spécification technique). Un standard n'est pas une norme : ce mot est souvent utilisé improprement en français car le terme anglais pour « norme » est « standard ». Voir *Normalisation* et *Norme*.

STHC
Vis sans tête à six pans creux.

Stick-slip
Voir *Micro-grippage*

Striction
(symbole Z) rétrécissement transversal du diamètre d'une fixation ou d'une éprouvette métallique soumise à un test de traction et localisé sur une partie de sa longueur – la striction caractérise la ductilité du matériau et elle apparaît au delà d'un certain taux d'allongement (domaine plastique)- grandeur sans unité.

Strie (de fatigue)
Marques présentes à la surface d'une rupture par fatigue, observées au microscope électronique et indiquant la position du front de fissure après chaque cycle de sollicitation.

Style
Le style correspond à la hauteur d'écrou : - style 1 : écrou normal de hauteur minimale mmin ≥ 0.8D (hauteur ≈ 0.9D) – style 2 : écrou haut de hauteur minimale mmin ≥ 0.9D (hauteur ≈ 1D) – style 0 : écrou bas de hauteur minimale 0.45D ≤ mmin < 0.8D. A chaque norme de produits correspond une seule hauteur d'écrou, donc un seul style. Le style ne donne pas lieu à un marquage particulier des écrous. Le style est désormais indépendant des caractéristiques mécaniques des écrous, liées uniquement à la classe de qualité.

Substrat
Matériau sur lequel un revêtement est directement appliqué. Dans le cas d'un revêtement monocouche ou pour la première couche d'un revêtement, le substrat est le métal de base.

Sulfonitruration
Traitement de surface afin d'obtenir un enrichissement en azote et en souffre.

Superalliage
Alliage pouvant être utilisé à très haute température et sous fortes sollicitations (mécaniques, thermiques, vibrations, chocs,...) et dans le cas où une bonne résistance à l'oxydation est nécessaire.

Surangle
Distance entre les angles extérieurs d'une tête de vis (hexagonale, carrée) ou d'un écrou. Distance entre les angles d'une empreinte hexagonale creuse.

Surchauffe
Chauffage effectué dans des conditions de température et de durée telles qu'il se produit un grossissement exagéré du grain. Un métal surchauffé peut être régénéré par un traitement d'affinage structural.

Surface significative
Zone définie par accord entre le fournisseur et le client, considérée comme essentielle pour l'aspect et/ou les caractéristiques fonctionnelles de la fixation.

Surplat (ou Sur plat)
Distance entre les faces extérieures planes parallèles d'une tête de vis (hexagonale, carrée), ou distance entre les faces planes parallèles d'une empreinte hexagonale creuse, déterminant la dimension de l'outil à utiliser pour le serrage.

Système d'assurance qualité des fixations
Système qui incorpore habituellement un plan de contrôle écrit comportant des dispositions de pré-développement, de production initiale et de pleine production, y compris la planification avancée de la qualité, l'amélioration continue, la prévention des défauts et les contrôles en court de fabrication des caractéristiques des fixations.

Système de revêtement
Combinaison de toutes les couches successives de matériaux du revêtement sur la fixation, incluant les finitions et lubrifications éventuelles.

T

Tapure
Fissure provoquée dans le métal par les effets immédiats ou différés d'un chauffage ou d'un refroidissement.

Tapure de trempe
Défaut de surface rédhibitoire apparaissant par suite de contraintes excessives pendant la trempe, se présentant généralement de façon irrégulière et erratique à la surface de la fixation.

Taraudage (fixation)
Filetage intérieur (femelle) résultant du procédé ou de l'opération du taraudage.

Taraudage (opération)
Opération d'obtention d'un filetage intérieur directement par la fixation dans la pièce à assembler (par vis autoformeuse, autoperceuse...), généralement par refoulement de matière.

Taraudage (procédé)
Procédé d'obtention d'un filetage intérieur à l'aide d'un taraud, dans un écrou ou une pièce à assembler, généralement par enlèvement de matière (plus rarement par déformation.

Ténacité
Aptitude d'un matériau à absorber de l'énergie et à se déformer plastiquement avant de se rompre (résistance à la rupture brutale).

Tension
Effort orienté dans une pièce produisant une élongation de type traction ou compression – Effort axial installé dans une fixation filetée, exprimé en newton (N).

Test
Mot anglais – utiliser de préférence *Essai*.

Texture
On dit qu'un métal présente une texture lorsque ses grains sont orientés selon certaines directions préférentielles (écrouissage – grains écrouis).

Théorie d'Alexander
Analyse et principe de conception d'un assemblage vis/écrou publiée en 1977, base des normes ISO pour les fixations à filetage métrique ISO (ISOI 898-1, ISO 898-2...).

Thermodiffusion
Revêtement appliqué par transfert de particule de zinc sur la pièce engendré par la variation de chaleur.

Thermodurcissable
Caractéristique d'une matière plastique constituée de macromolécules liées chimiquement entre elles de façon irréversible par l'effet d'une élévation de température.

Thermoplastique
Caractéristique d'une matière plastique constituée par l'enchevêtrement de macromolécules, se ramollissant sous l'effet d'une élévation de température et durcissant sous l'effet d'une diminution de celle-ci, et ce de façon réversible.

Tige réduite (fixation à...)
Fixation finie avec une partie lisse de diamètre d_s, environ égale au diamètre à flan de filet d_2.

Tige très réduite (fixation à...)
Fixation finie avec une partie lisse de diamètre d_s, inférieur au diamètre à flan de filet d_2.

Titane (symbole chimique Ti)
Métal blanc léger et dur résistant à la corrosion – utilisé en alliage pour stabiliser les aciers ou pur dans des applications de haute technologie – son coût limite son utilisation.

Tolérance
Niveau d'écart de mesure acceptable par rapport à un référentiel ou une norme.
Marge autorisée pour la réalisation d'une spécification – par extension, synonyme de spécification.

Tolérance (limites de...)
Valeurs spécifiées de la caractéristique dimensionnelle donnant les bornes supérieures et/ou inférieures de la valeur admissible.

Tolérance de filetage (classe de...)
Désignation alphanumérique indiquant la position et qualité de la tolérance (Voir Norme ISO 965). Par exemple 6g pour une vis, 6H pour un écrou.

Tolérance de filetage (position de...)
Définie de façon similaire à celle des arbres et alésages.
Pour les filetages intérieurs (écrou, taraudage) : G avec écart fondamental positif, H avec écart fondamental zéro, AZ (ou AX) pour les écrous galvanisés à chaud.
Pour les filetages extérieurs (vis à filetage métrique ISO) : e, f, g avec écart fondamental négatif, h avec écart fondamental zéro, az (ou ax) pour les vis galvanisées à chaud.

Tolérance de filetage (qualité de...)
Définie de façon similaire à celle des arbres et alésages, par un nombre (généralement 5, 6, 7, 8).

Tolérance normalisée (symbole IT)
Tolérance appartenant au système de codification ISO pour les tolérances sur les dimensions linéaires. Les degrés de tolérance normalisées sont désignés par les lettres IT suivies d'un nombre, par exemple IT7.

Tolérances (système ISO)
Système international normalisé de codification pour les tolérances basé sur le fait que les éléments formant un assemblage (arbre / alésage) soient de dimensions nominales identiques.

Tonneau (au)
Mode de réalisation en vrac d'un traitement de surface par rotation d'un tonneau immergé dans des bains successifs de traitement (traitement électrolytique). Cette technique est aussi utilisée pour améliorer un état de surface en mettant en rotation un tonneau rempli des pièces à traiter et de billes abrasives – Voir *Revêtement au tonneau*.

Top coat
Finition d'une fixation revêtue constituée d'une couche supplémentaire (avec ou sans lubrifiant intégré) appliquée sur le substrat afin d'obtenir les caractéristiques fonctionnelles souhaitées, telles que la maitrise de la relation couple/tension, une couleur, une résistance chimique, etc.

Torsion
Contrainte tendant à faire subir à une partie de pièce un mouvement de rotation par un couple de forces perpendiculaires par rapport à son axe, une autre partie au moins de la pièce restant fixe exprimée en N.m.– déformation résultant de cette contrainte.

Torx (empreinte)®
Empreinte à six lobes internes ou entraînement à six lobes externes (nom déposé).

Tournage
Opération d'usinage par enlèvement de matière sur un tour dont le principe consiste à combiner un mouvement de coupe tournant à la pièce et un mouvement ou une combinaison de mouvement de translation à l'outil.

Traçabilité
Aptitude à identifier un lot de fixations et les données de contrôles relatives à ce lot pour toutes les étapes de fabrication, au travers de la chaine de production et jusqu'au numéro de lot de la matière première et son analyse.
La traçabilité amont permet de retracer toutes les étapes préalables à une livraison.
La traçabilité aval permet de retracer l'ensemble des livraisons concernant un lot de fabrication, et donc de gérer une procédure de rappel en cas de détection de non-conformité.

Traction
Voir *Essai de traction résistance à la traction*.

Traction (force)
Sollicitation mécanique longitudinale tendant à allonger la fixation et à comprimer les pièces serrées.

Traitement
En fixation, opération de production ayant pour but l'amélioration des caractéristiques mécaniques, physiques ou esthétiques des pièces finales.

Traitement de surface
Traitement de modification en vue d'amélioration de la surface d'une pièce, par process physique, chimique ou électrochimique. Il agit sur la surface du matériau et a pour but l'obtention d'une dureté élevée sur celle ci joint à une ténacité et une ductilité importantes à cœur. Les principaux traitements sont :
- trempe superficielle,
- nitruration (enrichissement en azote),
- sulfonitruration (enrichissement en azote et soufre),
- chromisation (enrichissement en chrome),
- boruration (enrichissement en bore),
- cémentation (enrichissement en carbone),
- carbonitruration.

Il peut également s'agir d'un traitement mécanique ayant pour but d'améliorer l'état de surface et les caractéristiques mécaniques superficielles.
Pour les fixations, un traitement de surface destiné à la protection contre la corrosion est appelé le plus souvent « revêtement ».

Traitement électrolytique
Traitement de renforcement de la couche superficielle d'une pièce métallique par effet d'électrolyse sous courant électrique contrôlé.

Traitement thermique
Cycle d'opérations (chauffage, maintien en température, refroidissement contrôlé...) appliqué à un alliage métallique à l'état solide pour obtenir une transformation maitrisée de la structure du matériau, et donc des caractéristiques mécaniques, notamment pour les fixations. Voir *Recuit, Trempe, Revenu*.

Traitement thermochimique
Traitement thermique effectué dans un milieu convenablement choisi pour obtenir une modification en surface de la composition chimique du métal.

Traitement thermomécanique
Opérations associées de déformation plastique et de traitement thermique auxquelles l'austénite est soumise avant ou pendant sa transformation afin de conférer des propriétés particulières.

Trapézoïdal (filetage)
Type de filetage présentant des plats en dessus et fonds de filet.

TRCC
Vis à Tête Ronde et Collet Carré.

Tréfilage
Procédé de déformation permettant une réduction précise de la section d'un fil métallique, par traction par une machine à tréfiler à travers une filière lubrifiée (cela provoque un écrouissage du matériau). Souvent utilisé pour le fil machine avant frappe à froid.

Trempabilité
Capacité d'un alliage à subir de façon favorable une opération de trempe thermique caractérisée par la formation de martensite produisant un durcissement du matériau le composant (aptitude relative d'un acier à éviter la formation d'agrégats ferrite – carbures – F+ C), lors de refroidissements de plus en plus lents.

Trempe
Procédé de mise et maintien à température d'une pièce à un niveau un peu supérieur à la température de transformation du matériau, suivi aussitôt d'une opération de refroidissement accéléré, et dans des conditions telles que le matériau soit dans un état hors d'équilibre (structure martensitique formée à partir de l'austénite) après son retour à la température ambiante.

Trempe bainitique
Procédé de trempe effectuée au bain de sel, utilisé essentiellement pour les fixations en acier à ressort (pour clips, rondelles coniques, anneaux d'arrêt...).

Trempe centrifugée
Principe d'application d'un revêtement lamellaire en vrac ou à l'attache consistant à plonger les pièces dans le bain du produit à appliquer puis à retirer les excès du produit par centrifugation.

Trempe + revenu
Procédé de traitements thermiques contrôlés successifs utilisés pour les fixations (en acier avec éléments d'alliage ou en aciers alliés) afin de leur conférer les caractéristiques mécaniques spécifiées. Par exemple pour les vis de classe de qualité 10.9, les écrous de classe 12...

Triangle générateur (filetage)
Triangle dont les sommets coïncident avec trois intersections consécutives de droites prolongeant les flancs du profil de base.

Trivalent
Se dit d'un Chrome 3 ou CR III.

Trou de passage (symbole d_h)
Alésage dans les pièces assemblées permettant le passage du corps de la vis, du goujon ou de la tige filetée.

TUV®
Technische Überwachung–Verein - Organisme allemand de contrôle technique et de certification.

U

UNC
United National Coarse - Norme américaine définissant les caractéristiques dimensionnelles de filetages à pas gros, identifiée en nombre de filets au pouce – par extension filetage selon cette norme.

UNF
United National Fine - Norme américaine définissant les caractéristiques dimensionnelles de filetages à pas fin, identifiée en nombre de filets au pouce – par extension filetage selon cette norme.

UNI
Ente Nazionale italiano di Unificazione - Organisme officiel national de normalisation italien.

UNI – UNI EN – UNI EN ISO – UNI ISO
Sigles identifiant les normes italiennes publiées par l'UNI et précédant le numéro de la norme.

UNM
Union de Normalisation de la Mécanique - Organisme national français qui est, par délégation de l'Afnor, responsable de la préparation des normes françaises, européennes et internationales de la mécanique.

Usinabilité
Aptitude d'un matériau à être usiné dans des conditions optimales.

Usinage
Procédé d'obtention d'une pièce à l'aide d'une machine-outil par enlèvement de matière – Par exemple tournage, fraisage...).

Usure
Dommage causé à la surface d'une pièce, évoluant généralement par enlèvement progressif de matière et ce en raison d'un mouvement relatif de cette surface contre une autre surface en contact.

Usure abrasive
Enlèvement de matière d'une surface lorsque des particules dures glissent ou roulent sur cette surface, sous pression. Ces particules sont étrangères au système ou proviennent d'une autre surface en contact avec la surface abrasée.

Usure adhésive
Enlèvement ou déplacement de matière, dû au soudage ponctuel de deux surfaces en contact sous pression, puis au cisaillement de cette microsoudure.

Utilisateur (de fixations)
Organisme qui intègre des fixations dans l'assemblage de ses produits finis.

V

Validation du document de contrôle
Confirmation par le représentant autorisé du contenu du document de contrôle avec approbation finale authentifiée par sa signature.

VDA
Verband Der Automobilindustrie - Union de l'Industrie Automobile – Organisme allemand définissant les standards à appliquer à l'industrie automobile allemande (par exemple en matière de qualité ou de logistique).

Vermicule
Microfissure à l'aspect d'un ver blanchâtre, observé à la surface des grains dans le cas de fragilisation par hydrogène.

VHU
Directive européenne 200/53/CE « Véhicules Hors d'Usage », afin d'interdire ou restreindre l'utilisation de certaines substances dangereuses : chrome hexavalent, métaux lourds comme le plomb ou le cadmium. La finition courante dite « bichromatée jaune » n'est donc plus autorisée pour les marchés concernés.

Vickers (dureté...)
Dureté déterminée à l'aide d'un pénétrateur en forme de pyramide à base carrée appliqué sous charge définie, par mesure des diagonales de l'empreinte indentée dans le matériau. Elle couvre toutes les plages de dureté et pour les fixations, elle fait foi en cas de litige.

Vieillissement
Modification des propriétés mécaniques d'un métal ou alliage, pouvant se produire à des températures proches de la température ambiante (migration d'éléments interstitiels – certains atomes, étrangers ou non à la matrice définie, pouvant se positionner de manière irrégulière dans celle-ci).

Vis
Elément de fixation mécanique démontable dotée d'un filetage complet ou partiel et comprenant un moyen d'entraînement en rotation et/ou d'immobilisation.

Vis à métaux
Elément de fixation à filetage métrique ISO extérieur, se distinguant entre : les vis entièrement filetées (parfois appelées « visserie »), les vis partiellement filetées (parfois appelées improprement « boulons » ou « corps de boulon »), les goujons, les tiges filetées et autres éléments similaires.

Vis à tôle
Vis à filetage espacé, destinée à être montée dans un trou pré-percé, essentiellement pour l'assemblage de tôles minces.

Vis autoformeuse
Vis dont le filetage et/ou l'extrémité permet la formation du taraudage par déformation dans une pièce préalablement percée lors du vissage, pour des matériaux plus ductiles que la vis elle-même (acier, aluminium, matière plastique). Le filetage réalisé peut être métrique ISO ou non.

Vis autoperceuse
Vis dont l'extrémité et/ou le filetage permet de réaliser le perçage d'un matériau plein ainsi que le taraudage lors du vissage, en une seule opération.

Vis autotaraudeuse
Vis dont le filetage et/ou l'extrémité permet la formation du taraudage par enlèvement de matière dans une pièce préalablement percée lors du vissage. Le filetage réalisé peut être métrique ISO, ou non.

Vis sans fin
Elément de transmission de mouvement transformant un mouvement de rotation en mouvement linéaire ou inversement (vis sans fin).

Vis sans tête
Vis à métaux sans tête et à empreinte ou à fente, entièrement ou partiellement filetée, destinée à être utilisée en compression (blocage, réglage...).

Vissage
Phase d'assemblage d'une fixation filetée où elle est entrainée en rotation sans apparition de tension (phase avant serrage). Le vissage peut être manuel (au moyen d'une clé par exemple), avec un outillage électroportatif ou automatique.

Vitesse de corrosion
Donnée statistique de la diminution d'épaisseur utile d'un revêtement ou matériau du fait de la corrosion, exprimée le plus souvent en microns par année (µm/an).

Voile blanc
Décoloration ou léger blanchiment des revêtements de zinc ou d'alliage de zinc, visible uniquement sur surfaces sèches, apparaissant lors d'essais de corrosion dans un délai court après le début de l'essai, et qui n'a pas d'incidence négative sur la résistance à la corrosion (elle ne progresse pas, contrairement à l'oxydation blanche).

Vrac
Voir *Revêtement en vrac*.

W

Whitworth
Filetage à pas gros (BSW) ou à pas fin (BSF) à profil triangulaire à 55° défini dans les normes anglaises, caractérisé par un nombre complet de filets au pouce.

X

X
Symbole de l'empreinte à six lobes internes et de l'entraînement à six lobes externes.

Y

Young
Voir *Module de Young*.

Z

Z
Symbole de l'empreinte cruciforme Pozidriv®.

Zamac
Alliage de zinc, aluminium et magnésium, avec ajout éventuel de cuivre, servant à la fabrication par surmoulage des têtes de vis, utilisées pour la couverture et le bardage des bâtiments.

Zéro défauts
Principe établissant un objectif suivant lequel aucune fixation présentant des défauts n'est admise dans un lot donné de fixations qui pourraient nuire à leur utilisation spécifiée.

Zinc (symbole chimique Zn)
Métal blanc bleuâtre, de faibles caractéristiques mécaniques, utilisé comme composant principal de revêtements de surface contre la corrosion - voir *Galvanisation, Zingage*.

Zinc lamellaire
Voir *Revêtement de zinc lamellaire*.

Zinc mécanique
Voir *Matoplastie* ou *Shérardisation*.

Zingage
Opération de traitement de surface en général de type électrolytique, à base de Zinc associé à d'autres éléments – résultat de cette opération.

Zone de raccordement tête-tige
Voir *Rayon sous tête* – zone d'une vis caractérisée par le rayon sous tête.

Zone de référence
Zone désignée de la fixation définie par la norme ou la spécification technique, sur laquelle est effectuée la mesure de l'épaisseur de revêtement.

Zone de tolérance
Zone dans laquelle doit se situer la mesure considérée pour respecter une spécification.

D'autres éléments de vocabulaire utiles figurent dans les normes E 25-008 (tableau synoptique des produits normalisés – français, anglais et allemand), NF ISO 1891 (nomenclature multilingue, description des fixations et de leurs parties constitutives), NF EN ISO 225 (symboles et désignations des dimensions – multilingue) et NF EN ISO 14588 (vocabulaire pour les rivets aveuglés – français et anglais).

25 Lexique Français / Anglais

A

Abrasif	Abrasive material
Absorber	Absorb (to)
Acceptation	Acceptability
Accostage	Pull-together
Accouplement (mécanique)	Coupling
Achat	Purchase
Acheter	Purchase (to)
Acheteur	Purchaser
Acide	Acid
Acide chlorhydrique	Hydrochloric acid
Acide nitrique	Nitric acid
Acide sulfurique	Sulphuric acid
Acier	Steel
Acier allié	Alloyed steel
Acier au bore	Boron steel
Acier au carbone	Carbon steel
Acier de cémentation	Case-hardening steel
Acier de construction	Structural steel
Acier de décolletage	Free-cutting steel
Acier de déformation à froid	Cold forming steel
Acier doux	Tempered steel / Low-carbon steel
Acier dur	High-carbon steel
Acier étiré	Drawn steel
Acier faiblement allié	Low (grade) alloyed steel
Acier fortement allié	High (grade) alloyed steel
Acier inoxydable	Stainless steel
Acier micro-allié	Micro-alloyed steel
Acier mi-dur	Medium carbon steel
Acier non-allié	Non-alloyed steel
Acier pour traitement thermique	Heat treatment steel
Acier prétraité	Pre-heat treated steel
Acier rapide	High speed steel
Acier réfractaire	Heat resisting steel
Acier resulfuré	Resulphurized steel
Aciérie	Steel mill
Additif	Additive
Adhérence	Adhesion
Adhérence du revêtement	Adhesion of coating
Adhésif	Adhesive
Adouci	Annealed / Soft annealed
Adoucissement	Softening
AFFIX Association des fabricants de fixations mécaniques	AFFIX French fasteners manufacturers association
Affûtage	Sharpening
Affûteuse	Sharpening machine
AFNOR Association Française de NORmalisation	AFNOR French standards association
Agrafe / Clip	Clip
Agrafe / Clip métallique	Metallic clip
Agrafe / Clip plastique	Plastic clip
Alcalin	Alkaline
Alésage	Bore
Alésage du corps du rivet aveugle	Blind rivet core
Aléser	Bore (to)
Alignement	Alignment
Alimentation (énergie)	Energy supply
Alimentation (machine)	Feed
Alliage	Alloy
Alliage cuivre corroyé	Wrought copper alloy
Alliage léger	Light alloy
Allongement	Elongation
Allongement au fluage	Creep
Allongement élastique	Elastic elongation
Allongement plastique	Plastic elongation
Allumage	Ignition
Alternateur	Alternator
Aluminium	Aluminium
AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances et Etude de criticité)	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)
Analyse chimique	Chemical analysis
Analyse de faisabilité	Feasibility study
Analyse de la valeur	Value analysis
Angle	Angle
Angle d'hélice	Helix angle
Angle du filet	Flank angle
Angle vif	Sharp edge
Angulaire	Angular
Anneau d'arrêt (circlip)	Retaining ring
Anneau de levage	Lifting ring
Anneau de retenu	Retaining ring
Anneau de tolérance	Tolerance ring
Anodisation	Anodising
ANSI Association américaine de normalisation	ANSI American National Standard Institute
ANSI Norme américaine	ANSI American standard
Anticorrosion	Against corrosion
Antirouille	Non-rusting
Aplatir (rondelle)	Flatten (to)
Appareil de contrôle	Control device
Appareil de mesure	Measuring device
Appareil de mesure de dureté	Hardness tester
Applicateur	Coater
Appointage	Pointing
Approvisionner	Supply (to)
Appui	Support
Apte au sertissage	Crimpable
Aptitude	Ability
Aptitude à l'assemblage	Assemblability
Aptitude à la déformation	Deformability
Aptitude à l'emploi	Fitness for purpose / Fitness for use
Aptitude au montage	Mountability
Arbre	Shaft
Arbre de transmission	Driveshaft
Arête	Edge
Argent	Silver
Argenture	Silver plating
Arrachement des filets / du filetage	Thread stripping
Arrondi	Rounded
Arrondi sous tête	Radius under head
ASME Association américaine des ingénieurs en mécanique	ASME American Society of Mechanical Engineers
ASME Norme américaine	ASME American standard
Aspect	Appearance
Assemblage	Assembly
Assemblage (mise en place)	Setting
Assemblage (par vissage)	Tightening
Assemblage (pièces assemblées)	Joint
Assemblage de maintien	Low duty connection
Assemblage par adhérence	Friction grip joint
Assemblage par appuis	Bearing joint
Assemblage vissé	Bolted joint
Assurance qualité	Quality assurance
ASTM Association américaine pour les essais et matériaux	ASTM American Society for Testing and Materials
ASTM Norme américaine	ASTM American standard
Attache (Revêtement à l'attache)	Rack coating
Attestation de conformité	Attestation of conformity
Audit périodique	Periodical audit
Austénitique	Austenitic
Automatique	Automatic
Autonettoyeur (bout)	Scrape point
Auto-passivation	Self-passivation
Autotaraudage	Thread-forming
Avant-trou	Tap drill hole
Axe	Axis
Axe (dans l'axe de)	Directly in the line with

B

Bague filetée	Thread ring gauge
Bain	Bath
Bain d'huile	Oil bath
Bain de décapage	Pickling bath
Bain de dégraissage	Degreasing bath
Bain de trempe	Slipper dip
Bain électrolytique	Electrolytic bath
Bainite	Bainite
Banc (d'un tour)	Lathe bench
Banc d'essai	Test bench

Barre d'alésage	Boring bar
Barre de torsion	Torsion bar
Bâtiment, fixation extérieure de 2nd œuvre	Building fastener (Outdoor)
Battement (tolérance de)	Run-out tolerance
Bavure	Burr
Bavure (sans)	Free of burrs
Bichromate de potassium	Potassium dichromate
Bobine d'acier en fil-machine	Reel wire
Bol vibrant	Vibratory bowl-feeder
Boltmaker	Boltmaker
Bombé	Convex
Bombé (extrémité de vis)	Rounded end
Bombé (rondelle)	Cambered
Bombée (tête de vis)	Raised
Bombée (tête fraisée)	Oval
Bore	Boron
Bossage	Hump
Bouchon	Plug
Bouchon à 6 pans creux et embase	Hexagon head socket pipe plug
Bouchon à 6 pans fileté	Hexagon head pipe plug
Boulon	Bolt
Boulon	Bolting assembly (UK)
Boulon	Bolt + nut (+ washer if any)
Boulon	Bolt (US)
Boulon à embase	Bolt with flange / flange bolt
Boulon à tige réduite	Reduced shank bolt
Boulon ajusté	Fit bolt
Boulon HR	HR bolting assembly
Boulon HRC (boulon HR à précontrainte Calibrée)	HRC bolting assembly (HR bolt with Calibrated preload)
Boulon HV	HV bolting assembly
Boulon pour buse	Bolt for corrugated steel pipes
Boulon-étrier	Bent bolt
Boulonnerie de construction métallique apte à la précontrainte	High strength structural bolting for preloading
Boulonnerie de construction métallique non précontrainte	Structural bolting
Boulonneuse	Bolt driving machine
Bout (d'une vis)	Point / end
Bout autonettoyeur	Scrape point
Bout autoperceur	Self-drilling point
Bout bombé	Rounded end
Bout chanfreiné	Chamfered end
Bout cuvette	Cup point
Bout fileté	Threaded rod
Bout fileté (tige filetée courte)	Stud (fully threaded)
Bout ogival fileté	Oval half dog point
Bout pilote	Pilot point
Bout pilote cylindro-tronconique	Truncated cone point
Bout plat	Flat point
Bout pointeau (vis à métaux)	Cone point
Bout pointu	Cone point
Bout pointu fileté (vis à tôle)	Threaded cone point
Bout téton (court, long)	Dog point (short, long)
Bout tronconique	Truncated cone point
Bouton	Knob
Bouton poussoir	Pushbutton
Brevet déposé	Patent pending
Brevet d'invention	Patent
Bride	Flange
Bride / Étrier / Cavalier	Clamp washer / Stirrup
Bride d'assemblage	Connecting flange
Brinell (essai)	Brinell test
Bronze	Bronze
Brouillard salin	Salt atmosphere / Salt spray
Brouillard salin neutre (Essai BS)	Salt spray test (NSS)
Brûlure	Hot spot / Heat mark
Brunir (polir)	Burnish (to) / Polish (to)
Brunissage	Browning
Brut de fabrication (finition)	As processed (finish)
Brut de roulage (extrémité)	As-rolled end
BS Brouillard Salin neutre	NSS Neutral Salt Spray
BSI Association de normalisation du Royaume-Uni	BSI British Standard Institute
Butée	Stop

C

Câble	Cable
Cadmium	Cadmium
Cahier des charges (CDC)	Technical specification
Calamine	Scale
Calcul (dimensionnement)	Sizing / Calculation
Cale biaise	Wedge
Cale oblique	Taper washer
Calibration / Étalonnage	Calibration
Calibre / Tampon	Gauge
Calibre ENTRE	GO gauge
Calibre fileté	Threaded gauge
Calibre N'ENTRE PAS	NO GO gauge
Campagne d'essais	Test run
Campagne de fabrication	Production run
Cannelure	Groove
Caoutchouc	Rubber
Capabilité	Capability
Capabilité des moyens de contrôle	Inspection facility capability
Capabilité du processus	Process capability
Capabilité machine	Machine capability
Capacité de charge intégrale	Full loadability
Capacité de charge réduite	Reduced loadability
Capteur	Sensor
Capteur d'efforts	Force sensor
Capteur dynamométrique	Dynamometric sensor
Caractéristique (propriété)	Property (characteristic)
Caractéristique essentielle (produit)	Essential characteristic (product)
Caractéristique fonctionnelle	Functional property / Performance
Caractéristique mécanique	Mechanical property
Carbone	Carbon
Carbonitruration	Carbonitridation
Carburation	Carburization
Carbure	Carbide
Carbure de tungstène	Tungsten carbide
Carte de contrôle	Control chart
Cassure / Rupture	Break
Cataphorèse	Cataphoresis
Cavalier / Bride / Étrier	Clamp washer / Stirrup
CCPU	MFG CofC (manufacturing conformity certificate)
Cémentation	Case hardening
Cémentation (par le carbone)	Carbonization
CEN Comité Européen de Normalisation	CEN European Committee for Standardization
Centième	Hundredth
Centre de production	Production plant
Certificat 2.2	2.2 Certificate
Certificat 3.1B	3.1 Certificate
Certificat de conformité	Certificate of compliance
Certificat de contrôle 3.1	Inspection certificate 3.1
Certificat de contrôle 3.2	Inspection certificate 3.2
Certificat matière	Material inspection document
CETIM CEntre Technique des Industries Mécaniques	Technical centre for mechanical engineers
Chaîne de montage	Assembly line
Chaîne de processus	Stream of process
Chambrage	Soaking/soaking
Chambrage	Counterbore
Chanfrein	Chamfer
Chanfreiné	Chamfered
Changement d'outillage	Tool change
Changement d'outils	Changeover (tooling)
Charge / Force	Load / Force
Charge / Sous-lot	Batch
Charge admissible	Bearing proof strength
Charge axiale	Axial load
Charge d'épreuve	Proof load
Charge de cisaillement à la rupture	Ultimate shear load
Charge de galvanisation	Batch (Galvanization batch)
Charge de rupture	Breaking load
Charge de rupture de la tige (rivet aveugle)	Mandrel break load (blind rivet)
Charge de rupture en traction	Ultimate tensile load
Charnière	Hinge
Charpy (mouton de Charpy)	Charpy drop hammer

Choc	Impact
Choc sur filet	Thread damage
Choc thermique	Thermal shock
Chromage	Chromium plating
Chromatation	Chromate conversion coating
Chrome	Chromium
Chrome hexavalent Cr(IV)	Hexavalent chromium Cr(VI)
Chrome trivalent Cr(III)	Trivalent chromium Cr(III)
Chute	Crop end / Scrap
Circlip	Retaining ring
Circularité	Roundness / Circularity
Cisaillage	Cutting
Cisaillement	Shear
CKD	Components Knocked Down
Clapet	Valve
Classe de dureté	Hardness class
Classe de qualité	Property class (UK)
Classe de qualité	Grade (US)
Classe de tolérance de filetage	Thread tolerance class
Classe k	k-class
Clé	Wrench
Clé à chocs	Impact wrench
Clé dynamométrique	Torque wrench (Digital reading)
Clé dynamométrique à lecture directe	Dial type torque wrench
Client	Customer (purchaser)
Clinchage	Clinching
Clip / Agrafe	Clip
Clip / Agrafe métallique	Metallic clip
Clip / Agrafe plastique	Plastic clip
Clou cannelé	Grooved pin with head
Code-barres	Bar code
Codification	Encoding
Coefficient	Coefficient
Coefficient d'adhérence	Coefficient of adhesion
Coefficient de frottement	Friction coefficient
Coefficient de glissement	Slip coefficient
Coefficient de sécurité	Safety factor / coefficient
Coefficient K (coefficient de rendement du couple)	K coefficient
Cohésion du revêtement	Cohesion of coating
Colle	Adhesive / Glue / Cement
Collerette (sous tête de vis)	Washer face (under bolt head) / Collar
Collet carré (à)	Square neck (with)
Collier	Collar / Clamp
Collier de serrage	Hose clamp
Compliance (souplesse)	Compliance
Composant	Component
Composition chimique	Chemical composition
Compression	Compression
Concave	Concave
Concavité	Concavity
Concentricité	Concentricity
Concentrique	Concentric
Conception	Design
Condition de mesure	Measurement condition
Conditionnement (emballage)	Packaging
Conductibilité	Conductibility
Conductivité thermique	Thermal conductivity
Cône	Taper / Cone
Conformité	Compliance / Conformity
Conique	Cone shaped / Tapered (pin) / Conical (washer)
Connecteur	Connector
Connexion	Connection
Contacteur	Contactor
Contacteur électrique	Electric contactor
Contrainte	Stress (strain)
Contrainte à la charge d'épreuve	Stress under proof load
Contrainte admissible	Acceptable strain (stress)
Contrainte de torsion	Torsional stress
Contrainte de traction	Tensile load
Contrainte de traction	Tensile stress
Contrainte d'élasticité	Yield stress
Contrainte équivalente	Equivalent stress
Contre-écrou	Jam nut
Contre-tête (rivet aveugle)	Blind head (blind rivet)
Contrôle	Inspection / Check / Control
Contrôle automatique	Automatic check / control
Contrôle de dureté	Hardness determination
Contrôle de la production en usine (FPC)	Factory Production Control (FPC)
Contrôle de réception	Acceptance inspection
Contrôle destructif	Destructive control
Contrôle dimensionnel	Dimensional inspection
Contrôle en cours de production	In-process control
Contrôle final	Final inspection
Contrôle géométrique	Geometrical check
Contrôle métallurgique	Material testing
Contrôle non destructif	Non-destructive test
Contrôle par calibre	Gauging
Contrôle par prélèvement	Sampling inspection
Contrôle par ultrasons	Ultrasonic control method
Contrôle qualité	Quality control
Contrôle réception	Acceptance inspection
Contrôle statistique du procédé (SPC)	Statistical process control (SPC)
Contrôle sur banc	Bench test
Contrôle unitaire	Unit inspection
Contrôle visuel	Visual inspection
Convexe	Convex
Copeau	Chip (metal chip)
Corps creux	Hollow body, part, piece
Corps de boulon (vis partiellement filetée)	Bolt
Corps de rivet aveugle à tête de tige retenue	Semi-filled core (blind rivet)
Corps de rivet aveugle à tige éjectée	Hollow core (blind rivet)
Corps de rivet aveugle à tige retenue	Filled core (blind rivet)
Corps du rivet aveugle	Blind rivet body
Corrosion	Corrosion
Corrosion caverneuse	Crevice corrosion
Corrosion cyclique (Essai de)	Cyclic corrosion test
Corrosion galvanique / Corrosion de contact	Galvanic corrosion / Contact corrosion
Corrosion par piqûres	Pitting corrosion
Corrosion sous contrainte	Stress corrosion
Cosse (électrique)	Cable bracket (or socket or terminal)
Cotation	Quotation / Quote
Cote	Size / Dimension
Couche de base (Revêtement)	Base coat
Couche de conversion (Revêtement)	Conversion coating
Coulée (matériau)	Heat (material)
Coup	Impact
Coup (machine de frappe)	Blow (forging machine)
Coupe	Section
Coupe	Cutting (loop)
Coupe	Section (drawing)
Coupelle	Plate
Couple	Torque
Couple d'accostage	Pre-tightening torque
Couple d'autofreinage	Prevailing torque
Couple de frottement filet	Friction torque in the thread
Couple de frottement sous tête	Friction torque under head
Couple de rupture	Breaking torque
Couple de serrage	Tightening torque
Couple/tension	Torque/tension
Courant	Current
Couronne de fil	Bundle of wire / Coil of wire
Cpk	Cpk Capability index for process
Creux	Hollow
Crique	Crack
Crique / Fissure de forgeage	Forging crack / burst
Critère d'acceptation (Ac)	Acceptance number (Ac)
Criticité	Criticality
Crochet	Hook
Crochet de levage	Lifting hook
Cruciforme	Cross-recessed
Cuisson (Revêtement)	Curing (Coating)
Cuivrage	Copper plating
Cuivre	Copper
Cuvette (bout)	Cup (point)
Cuvette (en forme de)	Concave / Dished / Cupped
Cycle de production	Production sequence
Cylindre	Cylinder
Cylindricité	Cylindricity

D

Décalaminé	Free of scale
Décapage	Pickling / Stripping
Décapage acide	Acid cleaning
Décapage chimique	Pickling
Décapage mécanique	Mechanical cleaning / Stripping
Décarburation	Decarburization
Décarburation partielle	Partial decarburization
Décarburation superficielle	Surface decarburization
Décarburation totale	Total decarburization
Déclaration de conformité	Declaration of compliance
Décollement	Gapping
Décoller (au plan de joint)	Lift off (to)
Décolletage	Turning / Bar-turning / Machining
Décolleter	Turn (to) / Machine (to)
Découpage	Cutting
Découpage (par poinçon)	Punching
Défaillance (machine)	Breakdown / Malfunction / Failure
Défaillance (rupture)	Failure
Défaut	Defect
Défaut de surface	Surface discontinuity
Défectueux	Defective part
Déformation	Deformation / Strain / Distortion
Déformation à froid	Cold deformation
Déformation élastique	Elastic deformation
Déformation plastique	Plastic deformation
Dégagement du côté aveugle	Blind side clearance
Dégazage	Desembrittlement / Baking
Dégazé	Baked / Degas
Dégraissage	Degreasing
Dégraissage (deshuilage)	Unoiling
Dégraissage chimique / Nettoyage	Chemical cleaning
Délai de livraison	Delivery time
Délamination du revêtement	Delamination of coating
Demande de prix	Enquiry / Inquiry / Request for quotation
Denture	Teeth
Dépassement de la tige (rivet aveugle)	Mandrel protrusion (blind rivet)
Dépassement du côté aveugle	Blind side protrusion
Dépôt chimique	Chemical plating
Deshuilage	Unoiling
Désignation	Designation
Desserrage	Untightening / Loosening
Desserrer (annuler la tension)	Release (to)
Desserrer (débloquer)	Loosen (to) / Untighten (to)
Desserrer (dévisser)	Untighten (to) / Loosen (to)
Dessertissage	Unsetting
Dessin	Drawing
Détachable	Removable
Détecter	Detect (to)
Détrompage	Locating device
Développement	Development
Dévissage / Desserrage	Removal / Loosening
Dévisser	Remove (to) / Unscrew (to)
Diamètre	Diameter
Diamètre à flanc de filet	Pitch diameter (thread)
Diamètre à fond de filet	Minor (thread) diameter / Root diameter
Diamètre de filetage	Major (thread) diameter
Diamètre équivalent	Thread stress diameter
Diamètre extérieur	Outside diameter
Diamètre intérieur	Inside diameter
Diamètre nominal	Nominal diameter
Diamètre nominal de filetage	Nominal thread diameter
Différentiel	Differential
Dimension	Dimension / Size
DIN Association allemande de Normalisation	DIN Deustches Institute für Normung (German standard association)
DIN Norme allemande	DIN German standard
Directive européenne	European Directive
Disjoncteur	Circuit breaker
Dispersion	Scattering / Variation
Distributeur	Distributor / Dealer
Distributeur altérateur revêteur	Distributor (Alteration coating distributor)
Dixième	Tenth
Domaine élastique	Elastic range
Domaine plastique	Plastic range
Double filet	Two-start thread
Douille	Socket / Bush
Douille de vissage	Screwing socket
DPC (Directive Produits de la Construction)	CPD (Construction Product Directive)
DTI Rondelle indicatrice de précontrainte pour la construction métallique	DTI (Direct Tension Indicator) Load indicating washer for structural bolting
Ductilité	Ductility
Ductilité du revêtement	Ductility of coating
Durcissement	Hardening
Durée de cuisson	Curing duration
Durée de dégazage	Baking duration
Durée de vie (d'un outillage)	Life time
Durée de vie en fatigue	Fatigue life time
Dureté	Hardness
Dureté à cœur	Core hardness
Dureté en surface	Hardness on the surface
Dureté superficielle	Surface hardness
Duromètre	Hardness tester
Dynamique	Dynamic

E

Ébarbage (rivet aveugle)	Dressing (blind rivet)
Ébauche	Blank
Ébauche matricée à froid	Cold stamped blank
Ébavurage	Deburring
Ébavurer	Deburr (to)
Écart	Allowance / Deviation / Tolerance
Écart-type	Standard deviation
Échantillon (prélèvement)	Sample / Sample part
Échantillon initial	Initial sample / First sample
Échantillonnage	Sampling
Échelle	Scale
Écrou	Nut
Écrou (cylindrique) à encoche	Slotted round nut
Écrou à ailettes	Wing nut
Écrou à créneaux	Castle nut
Écrou à embase (cylindro-tronconique)	Flange nut
Écrou à gorge	Neck nut
Écrou à oreilles	Wing nut
Écrou à rondelle imperdable	Nut with captive washer / Nut and washer assemblies
Écrou à sertir	Clinch nut / Pierce-nut
Écrou à souder	Weld nut
Écrou autofreiné	Prevailing torque type nut
Écrou autofreiné à anneau non métallique	Prevailing torque type nut with non-metallic insert
Écrou autofreiné à embase	Prevailing torque type nut with flange
Écrou autofreiné tout métal	Prevailing torque type all metal nut
Écrou autonettoyeur	Self-cleaning nut
Écrou bas (style 0)	Thin nut (style 0)
Écrou borgne	Cap nut
Écrou borgne haut	Domed cap nut
Écrou carré	Square nut
Ecrou de hauteur normale (style 1)	Regular nut (style 1)
Écrou de masse	Earth nut
Écrou de roue	Wheel nut
Écrou de sécurité	Lock nut
Écrou de sécurité à encoches	Bead lock nut
Écrou en cage	Cage nut
Écrou haut (style 2)	High nut (style 2)
Écrou hexagonal	Hexagon nut
Écrou hexagonal large	Large hexagon nut
Écrou normal (style 1)	Regular nut (style 1)
Écrou prisonnier	Captive nut
Écrou raccord	Female fitting / Union nut
Écrou six pans	Hexagon nut
Écroui	Cold-worked / Cold-rolled
Écrouissage	Cold working
EEE (Espace Economique Européen)	EEA (European Economic Area) European organisation for specialised inventory holding
EFDA Association européenne des distributeurs de fixations	EFDA European organisation for specialised inventory holding fastener distributors

Effectif de l'échantillon	Sample size
Effectif du lot	Lot size
Effet d'entaille	Notch effect
Effet de levier	Prising action
Effort	Strain, stress
Effort / Force	Force
Effort / Force de serrage	Clamp load / Clamping load
Effort de traction	Tensile load
Effort dynamique	Dynamic load
Effort statique	Static load
EHE Fragilisation par l'hydrogène externe	Environmental Hydrogen embrittlement EHE
EIFI Association européenne des fabricants de fixations	EIFI European Industrial Fasteners Institute
Élasticité	Yield
Élasticité	Elasticity
Élastique	Elastic
Électrodéposition	Electroplating
Électrolyse	Electrolysis
Électroménager	Household electrical appliances
Électrozingage	Zinc electroplating
Élément d'alliage	Allowing element
Élément de fixation	Fastener
Emballage	Packaging
Embase (cylindro-tronconique)	Flange
Embase plate	Collar
Embout	Nipple
Embout (de rivetage)	Nose assembly
Embout (de vissage)	Screw driver
Embout hydraulique	Hydraulic fitting
Emboutissage	Stamping
Empreinte (de dureté)	Indent / Indentation
Empreinte (entraînement interne)	Recess / Socket / Internal drive
Empreinte à six lobes internes	Hexalobular socket
Empreinte à six pans creux	Hexagon socket
Empreinte cruciforme	Cross recess
EN Norme européenne	EN European standard
Encoche	Notch / Bead
Enduction	Adhesive
Endurance	Endurance
Enfoncement	Penetration depth
Enlèvement de copeaux (avec)	Chip removal (with)
Enlèvement matière (sans)	Chip removal (without)
Enrobage	Embedding
Entraînement	Drive
Entraînement (alimentation)	Feeding
Entraînement à six lobes externes	Hexalobular drive
Entraînement externe	External drive
Entraînement interne	Internal drive
Entretoise	Spacer / Distance sleeve / Distance tube
Entretoise à sertir	Clinch spacer
Entretoise lisse	Smooth spacer
Entretoise taraudée	Threaded spacer
Épaisseur	Thickness
Épaisseur de référence (Revêtement)	Thickness (Coating reference thickness)
Épaisseur locale (Revêtement)	Thickness (Coating local thickness)
Épaisseur locale minimale (Revêtement)	Thickness (Coating minimum local thickness)
Épaisseur moyenne (Revêtement)	Thickness (Coating average thickness)
Épaisseur totale (Revêtement)	Thickness (Coating total thickness)
Épaulement	Shoulder
Éprouvette	Test piece / Specimen
Éprouvette de compression	Compression test bar
Éprouvette usinée	Machined test piece
Équipement électrique	Electrical equipment
Ergot	Nib / Catch
Espace nécessaire pour l'outil de pose	Tool clearance
Essai	Test / Testing
Essai Charpy avec entaille en V	Charpy V-notch test
Essai de charge d'épreuve	Proof load test
Essai de cisaillement	Shear test
Essai de compression	Compression test
Essai de corrosion	Corrosion test
Essai de dureté	Hardness test
Essai de fatigue	Fatigue test
Essai de montage	Fitting test
Essai de pliage	Bending test
Essai de rabattement de tête (au marteau)	Hammer test
Essai de référence	Reference test
Essai de résilience	Impact test
Essai de rupture différé	Non-embrittlement test
Essai de torsion	Torsional test
Essai de traction	Tensile test
Essai de traction avec cale biaise	Wedge tensile test
Essai de type initial	Initial type testing
Essai de vissage	Tightening test
Essai faisant foi en cas de litige	Referee test
Essai fonctionnel	Functional test
Essais croisés	Round Robin test
Essayer	Test (to)
Essoreuse	Drying machine / Centrifuge
Estampage	Stamping
Etain	Tin
Étalon (mesure)	Standard (gauge) measure
Étalonnage / Calibration	Calibration
Étamage	Tin plating
Étanchéité	Sealing
État de surface	Surface finish / Surface condition
Étendue de mesure	Measuring range
Étiquetage	Labelling
Étiquette	Label
Étirage	Extruding
Étrier / Bride / Cavalier	Clamp washer / Stirrup
Évacuation	Outlet (device) / Exhaust system
Évacuation des copeaux	Removal of chips
Évaluation aptitude qualité fournisseur	Supplier quality capability assessment
Examen métallographique	Metallographic inspection
Examen micrographique	Micrographic inspection
Excentricité	Run-out / Out-of-roundness
Exigence	Requirement
Exigence essentielle (réglementation européenne)	Essential requirement (EU Regulation)
Exigence technique	Technical requirement
Extrémité (d'une vis)	End / Point (bolt, screw, stud)
Extrémité du corps du rivet aveugle	Blind rivet end
Extrusion	Extrusion

F

Fabricant	Manufacturer
Fabrication en série	Series production
Face	Face
Face d'appui (sous tête, sous écrou)	Bearing face (under head, under nut)
Face d'appui avec dégagement sous tête	Fillet
Face de coupe	Cutting face
Facultatif	Optional
Faisabilité	Feasibility
Faisceau de câbles	Wiring harness
Fatigue	Fatigue / Stress
Fatigue thermique	Thermal strain
Fendre	Slot (to) / Split (to)
Fendu	Slotted / Split
Fente (à)	Slot (with) / Slotted
Fer	Iron
Ferrite	Ferrite
Feuillard	Strip
Fiabilité	Reliability
Fiabilité dimensionnelle	Dimensional reliability
Fibrage	Grain flow
Fibre	Fibber
Fil / Fil machine	Wire
Fil de frappe à froid	Cold forming wire
Fil machine	Rod wire / Wire
Fil PAE (Prêt A l'Emploi)	Ready-for-use wire
Filage	Extrusion
Filet	Thread
Filet incomplet	Thread run-out
Filetage	Thread / Screw thread
Filetage à droite	Right-hand thread
Filetage à gauche	Left-hand thread
Filetage à pas fin	Fine pitch thread
Filetage à pas gros	Coarse pitch thread
Filetage à plusieurs filets	Multi-start thread
Filetage conique	Tapered screw thread
Filetage cylindrique	Screw thread
Filetage extérieur	External thread
Filetage femelle	Internal thread
Filetage intérieur	Internal thread
Filetage mâle	External thread

Filetage métrique ISO	ISO metric (screw) thread
Filetage par enlèvement de matière	Machined thread
Filetage par roulage	Rolled thread
Filetage partiel	Half threading
Filetage total	Full threading
Fileté	Threaded
Fileté entièrement	Fully threaded
Fileté partiellement	Partially threaded / with non-threaded shank
Filière	Die
Filmogène	Top coat
FIM Fédération des Industries Mécaniques	FIM French mechanical engineering industries
Finition	Finish
Finition - Revêtement	Finish - Coating
Finition "sealer"	Sealant
Finition "top coat"	Top coat
Fissuration par l'hydrogène induite par une corrosion sous contrainte	Hydrogen induced stress corrosion cracking
Fissure de cisaillement	Shear burst
Fissure de forgeage / Crique	Forging crack / burst
Fissure de trempe	Quench crack
Fixation	Fastener
Fixation "associée"	Mating fastener
Fixation (produit)	Fastener
Fixation (résultat)	Fixing / Fastening
Fixation filetée	Threaded fastener
Fixation non filetée	Non-threaded fastener
Fixation non-conforme	Non-conforming fastener
Fixation s'opposant au dévissage	Prevailing torque locking fastener
Fixation standard	Standard fastener
Fixation sur plan	Non-standard fastener / Special fastener
Flambage	Bending
Flanc de filet	Thread flank
Flèche	Deflection
Flexibilité	Flexibility
Flexion	Bending
Fluage	Creep / Creeping
Fluorescent	Fluorescent
Flux	Flow
Flux de production	Production flow
Foirage des filets	Thread stripping
Fonctionnalité	Functionality
Fond de filet	Thread root
Fonte	Cast iron
Force / Effort	Force
Force / Effort de serrage	Clamp load / Clamping load
Force de rivetage	Rivet setting load
Force résiduelle	Residual load
Forgeabilité	Forgeability
Forgeage	Forging
Forgeage à chaud	Hot forging
Forgeage à froid	Cold forging
Formage à froid	Cold forming
Forme admise	Allowed shape
Forme de tête	Head style
Formulateur	Chemical supplier
Four	Furnace / Oven
Four à passage	Continuous furnace
Four de trempe	Hardening (steel) furnace
Fournisseur	Supplier
Fournisseur de 1er rang	First tier supplier
Fragilisation par l'hydrogène	Hydrogen embrittlement
Fragilisation par l'hydrogène externe EHE	Environmental Hydrogen Embrittlement EHE
Fragilisation par l'hydrogène interne IHE	Internal Hydrogen Embrittlement IHE
Fraisage	Milling
Fraise	Milling tool / Milling cutter
Fraisée (tête de vis)	Countersunk
Fraiseuse	Milling machine
Fraisure	Countersunk hole
Fraisure (pièce)	Countersink
Frappe	Forming / Stamping
Frappe à chaud	Hot heading / Hot forging / Hot forming
Frappe à froid	Cold heading / Cold forging / Cold forming
Freinage	Locking
Frein-filet	Thread locking
Frein-filet par enduction	Thread locking adhesive
Frette	Band
Frette d'assemblage	Mounting brace / Assembly band
Frette de serrage	Clamping brace
Frittage	Sintering
Frottement	Friction
Frottement dans les filets	Thread friction
Frottement sous écrou	Nut-face friction
Frottement sous tête	Underhead friction
Fût du rivet	Rivet shank

G

Gabarit	Master template / Master
Gaine	Pipe / Hose
Galetage	Roller finishing
Galvanisation à chaud (procédé)	Hot dip galvanizing
Galvanisation à chaud (revêtement)	Hot dip galvanised coating
Galvaniser	Galvanize (to)
Gamme de contrôle	Inspection procedure / Route sheet
Gamme de fabrication	Operating sheet
Gamme d'opérations	Sequence of operations
Garnissage (joint)	Gasket
Glissement	Slippage
Glissière	Slide-rail / Slide
Gorge de dégagement	Undercut
Gorge de dégagement en U sous tête voir le bon terme	Fillet
Goujon	Single-end stud / Double-end stud / Stud-bolt / Tie rod
Goujon & tige fileté	Stud
Goujon à souder	Weld stud
Goujon avec gorge	Stud with undercut
Goupille	Pin
Goupille cannelée	Grooved pin
Goupille conique	Taper pin
Goupille cylindrique	Parallel pin
Goupille d'expansion	Drive pin
Goupille élastique	Spring pin
Goupille fendue	Split pin
Grade (tolérance)	Product grade (tolerance)
Grain	Grain
Graisse	Grease / Lubricating stuff
Grenaillage	Shot blasting / Shot penning
Grenaille	Blast
Grenaille d'acier	Steel pellet
Grippage	Jamming / Seizing
Gripper	Seize (to)
Grossissement	Magnification
Guidage	Guiding

H

Hauteur de tête	Height of the head
Hauteur du filet	Height of the thread
HBS	HSST (hours salt spray test)
Hexagonal	Hexagonal
Hexalobé	Hexalobular
Huile	Oil
Huile soluble	Soluble oil
Hydrogène	Hydrogen
Hydraulique	Hydraulic
Hygrométrie	Humidity
Hypertrempe	Hyperquenching

I

IFI Association américaine des fabricants de fixations	IFI Industrial Fasteners Institute USA
IHE Fragilisation par l'hydrogène interne	Internal Hydrogen Embrittlement
Imperdable	Captive
Inclinaison	Slope / Tilt-angle
Inclinaison du filet	Lead angle
Incolore	Colourless
Inconel	Inconel
Indexage	Indexing
Indice (de plan)	Index
Inoxydable	Stainless
Inoxydable (acier)	Stainless steel
Insert	Insert
Insert fileté	Threaded insert
Intérieur / Interne	Internal
Intervalle de tolérance	Tolerance range
ISO Norme internationale	ISO International standard
ISO Organisme international de normalisation	ISO International Standardisation Organisation

J

Jauge	Gauge
Jauge de déformation	Strain gauge
Jeu	Clearance
Joint	Seal

Joint d'étanchéité	Sealing ring / Gasket
Joint torique	O-ring
Joule	Joule
K	
Kesternich (Essai)	Kesternich
L	
Laiton	Brass
Lamage	Counterbore
Laminage	Rolling
Largeur	Width
Latéral	Lateral / Side
Lavage	Washing
LH (pas à gauche)	Left Hand
Ligne de laminage	Line of lamination
Ligne, paille, repliure de laminage	Seam and lap (raw material)
Limite	Limit
Limite conventionnelle d'élasticité	Yield streght
Limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, Rpf (sur produit entier)	Stress at 0,0048d non-proportional elongation, Rpf (on full size product)
Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, Rp0,2 (sur éprouvette)	Stress at 0,2 % non-proportional elongation, Rp0,2 (on specimen)
Limite d'élasticité	Yield strength / Yield point / Yield limit
Limite d'élasticité à 0,2%	0,2 extension limit (yield strength)
Limite d'endurance	Endurance limit
Limite de fatigue	Fatigue limit
Limite de rupture	Breaking limit / Breaking strain
Limite inférieure d'écoulement, ReL (sur éprouvette)	Lower yield strength, ReL (on specimen)
Limite inférieure d'écoulement - ReL	Lower yield strenght - ReL
Lisse	Smooth
Litige	Dispute
Loi normale	Normal distribution
Longueur	Length
Longueur de serrage (fixation)	Grip length
Longueur du corps du rivet	Rivet length
Longueur filetée	Thread length
Longueur nominale	Nominal length
Longueur serrée (assemblage)	Clamp length
Longueur totale sous tête (rivet aveugle)	Blind length
Longueur utile de filetage	Complete thread
Lopin	Loop / Slug
Lot	Lot / Batch
Lot de contrôle	Inspection lot
Lot de fabrication	Manufacturing lot
Lot de petite quantité	Lot (Small lot)
Lot d'ensemble	Assembly lot
Lot d'ensemble étendu	Extended bolting assembly lot
Lot d'ensemble univoque	Single bolting assembly lot
Lubrifiant	Lubricant
Lubrifiant additionnel	Additional lubricant
Lubrifiant intégré	Integral lubricant
Lubrificateur	Lubricator
Lubrification	Lubrication
Lubrifier	Lubricate (to)
M	
Machine à fileter (rouleuse)	Thread rolling machine
Machine à transfert rotatif	Rotary transfer machine
Machine de reprise	Second-operation machine
Machine de roulage à peignes	Flat rolling machine
Machine de roulage rotative	Rotary rolling machine
Machine transfert	Transfer machine
Malléabilité	Malleability
Manchon	Sleeve / Bushing
Manchon fileté	Screwed socket
Manchon réducteur	Reducing sleeve
Mandrin	Mandrel
Mandrin de perçage	Collet chuck
Manganèse	Manganese
Manque de matière	Void
Manutention	Handling
Marquage	Marking
Marquage CE	EC marking
Marquage en creux	Indenting
Marquage en relief	Embossing
Marque (du fournisseur)	Trademark
Marque d'identification	Identification mark
Marque d'outil	Tool mark
Marque NF	NF mark / label
Martensite	Martensite
Massif (épais)	Thick
Matage	Embedding / Embedment
Matériau	Material
Matériau non-ferreux	Non-ferrous material
Matière première	Row material
Matoplastie	Mechanical plating
Matriçage	Stamping
Matriçage à froid	Cold stamping
Matrice	Die
Matrice de découpage	Trimming die
Matrice de filetage / Peigne de filetage	Threading tool
Matrice de poinçonnage	Punching die
Mattage	Matting
Mélange (de lots)	Commingling (for lots)
Méplat	Flat
Mesurage (action)	Measurement
Mesure (résultat)	Measure
Mesure corrective	Corrective action
Mesure de rugosité	Roughness measurement
Mesure d'épaisseur de revêtement	Coating thickness measurement
Métal	Metal
Métal de base	Basis metal
Métallurgie	Metallurgy
Méthode d'essai	Test method
Métrologie	Weighing
Micro-dureté	Micro-hardness
Micrographie	Micrography
Micro-grippage	Stick-slip
Micromètre	Micrometer
Millième	Thousandth
Minerai	Ore
Moletage	Knurl
Moletage (action)	Knurling
Moleté	Knurled
Molette	Knurling wheel / Round die
Molybdène	Molybdenum
Moment de flexion	Bending moment
Monobroche (tour)	Single spindle automatic lathe
Montabilité / Aptitude à l'assemblage	Assemblability
Montage / Installation	Assembly / Set up / Fixture
Montage robotisé	Robotized set-up
Multibroche (tour automatique)	Multi-spindle automatic lathe
N	
Nettoyage	Cleaning
Nettoyage / Décapage mécanique	Mechanical cleaning
Nettoyage / Dégraissage chimique	Chemical cleaning
Newton	Newton
Newton-mètre	Newton-meter
NF Norme Française	NF French standard
Nickel	Nickel
Nickelage	Nickel plating
Nickelage chimique	Chemical nickel plating
Nickelage électrolytique	Electrolytic nickel plating
Nitruration	Nitriding
Niveau de qualité	Quality level
Niveau de Qualité Acceptable (NQA)	Acceptable Quality Level (AQL)
Non traité (thermiquement)	Non-heat treated
Non-conformité	Non-conformity
Norme	Standard
Norme de produits	Product standard
Norme fondamentale	Basic standard
Norme générale	Reference standard
Norme harmonisée	Harmonised standard
Noyau	Core
NPD (aucune performance déterminée)	NPD (No Performance Determined)
NQA	LQA
Nuance	Grade
Nuance d'acier	Steel grade
Numéro de coulée	Cast number
Numéro de coulée	Heat number
Numéro de lot	Lot number
Numéro de traçabilité	Trace number
O	
Objectif qualité	Quality target
Obtenu en frappe	Formed
Obturateur	Blanking plug
Ogival	Ogival
Outil	Tool
Outil à fileter	Threading tool

Outil de décolletage / Outil de tournage	Turning tool
Outil de découpage	Cutting tool
Outil de pose	Setting tool
Outil de serrage	Tightening tool
Outillage	Tooling
Outillage de contrôle	Control tools
Outillage de découpe	Fine blacking
Outillage de frappe	Punchasing tool
Oxydation	Oxidation / Oxidizing
Oxydation blanche	White corrosion
Oxydation rouge / Rouille rouge	Red rust
Oxydé	Oxidized
Oxygène	Oxygen

P

Paille, ligne, repliure de laminage	Seam and lap (raw material)
Palier	Bearing
Panne	Breakdown / Failure / Malfunction
Parallélisme	Parallelism
Partie lisse / Tige (vis, goujon)	Unthreaded shank (bolt, stud)
Pas à droite	Right-hand pitch
Pas à gauche	Left-hand pitch
Pas circulaire	Circular pitch (CP)
Pas d'écrou	Nut pitch thread
Pas de vis	Pitch thread
Pas du filetage	Pitch / Thread pitch / Pitch of the thread
Pas fin (filetage)	Fine pitch (thread)
Pas gros (filetage)	Coarse pitch (thread)
Passivation (Couche de)	Passivation layer
Passivation (procédé)	Passivating
Passivité de l'acier inoxydable	Passivity for stainless steel
Peigne	Chaser
Peigne de filetage / Matrice de filetage	Threading tool
Pénétrateur	Indenter
Perçage	Drilling / Boring
Percer	Drill (to)
Perceuse	Drilling machine
Perpendicularité	Perpendicularity / Squareness
Peser	Weigh (to)
Phillips ® (empreinte cruciforme H)	Phillips ® (cross recess H)
Phosphatation (procédé)	Phosphating
Phosphatation (Revêtement)	Phosphate coating
Phosphore	Phosphorus
Pièce	Part / Component / Piece
Pièce creuse	Hollow parts
Pièce de rechange	Spare part
Pièce de sécurité	Safety part
Pièce défectueuse	Defective part
Pièce détachée	Spare part
Pièce finie	Finished part
Pièce série	Series production part
Pièce usinée	Workpiece
Pied à coulisse	Calliper
Pige	Gauge rod
Pignon droit	Spur gear / Spur pinion
Pignon hélicoïdal	Helical gear
Pilote (bout)	Pilot point
Pince de serrage	Clamping collet / Collet chuck
Piqûre (défaut de surface)	Pitting (surface defect)
Pivot	Pivot
Plage	Range
Plage de serrage	Grip range
Plan / Dessin	Drawing
Plan de contrôle	Control plan
Plan de mesure	Measuring plane
Plan de surveillance	Monitoring plan
Plan d'échantillonnage	Sampling plan
Plan d'entretien	Maintenance plan
Plan fonctionnel	Functional drawing
Plan fournisseur (dessin)	Supplier drawing
Plan fournisseur (organisation)	Supplier plan
Planéité	Flatness
Planifier	Plan (to)
Plaquage	Plating
Plaquette (rondelle carrée)	Square washer
Plaquette oblique	Square taper washer
Plat (bout)	Flat point
Plat (partie plate)	Flat part / Flat area
Plomb	Lead
Poids	Weight
Poids brut	Gross weight
Poids de couche	Coating weight
Poinçon	Punch
Pointeau (bout)	Cone point
Pointu	Sharp
Polir (brunir)	Polish (to) / Burnish (to)
Polissage	Polishing
Polyamide	Polyamide
Portée (surface d'appui)	Bearing area / Bearing surface
Porte-outil	Tool-holder
Porte-poinçon	Lunch holder
Portique de chargement	Loading bridge
Post-traitement	Post-treatment
Pouce	Inch
Poulie	Pulley
Pourtour	Rim
Pozidriv ® (empreinte cruciforme Z)	Pozidriv ® (cross recess Z)
PPM	PPM
Précharge	Preload
Précision	Accuracy
Précision de serrage	Tightening accuracy
Précontraint	Preloaded
Prélèvement (échantillon)	Sample
Premier filet	Idle thread
Préparation de la matière	Material preparation
Préparation de surface / Prétraitement	Pre-treatment
Préparation du fil	Wire preparation
Presse	Press
Presse double frappe	Two-stroke press
Prétraitement / Préparation de surface	Pre-treatment
PRISMEFIX Association française des distributeurs de fixations	PRISMEFIX Fastener distributors French association
Probabilité d'acceptation (Pa)	Probability of acceptance (Pa)
Procédé de fabrication	Manufacturing process
Produit de construction	Construction product
Produit fini	Finished product
Produit semi-fini	Semi-finished product
Profil	Profile
Profondeur	Depth
Propreté	Cleanness / Cleanliness
Propriété / Caractéristique	Property (characteristic)
Propriété mécanique	Mechanical property
Protection	Protection
Protection cathodique	Cathodic protection
Protection contre la corrosion	Protection against corrosion / Corrosion prevention
Protection temporaire	Temporary protection
Prototype	Prototype
Protubérance à souder	Welding boss
Puissance	Power
Pur	Pure

Q

Qualité	Quality
Qualité Limite (QL)	Limiting Quality (LQ)
Quantité	Quantity
Quart	Quarter

R

Raccord	Connecting / Coupling / Fitting / Nipple
Raccordement filetage/partie lisse (vis)	Thread run out
Raccordement sous tête (de vis)	Head transition (bolt)
Raccorder	Blend (to)
Raideur	Stiffness
Rainure (cannelure)	Groove
Rainure (fente)	Slot
Rapport d'essai	Test report
Ratio	Ratio
Rayon	Radius
Rayon à fond de filet	Root radius
Rayon de raccordement (pièce)	Blend radius (part)
Rayon sous tête de vis	Underhead radius
Rebut	Waste
Rebuter / Rejeter	Reject (to)
Recarburation	Recarburization
Réception (test de)	Acceptance test
Rechange (de)	Spare
Recherche	Research
Réclamation (client)	Claim (client)
Rectification	Grinding
Rectification plane	Surface grinding
Rectifieuse	Grinding machine
Rectitude	Straightness

Recuit	Annealing
Recuit d'adoucissement	Soft annealing
Recuit globulaire	Spheroidizing
Recyclage	Recycling
Redressage	Straightening
Réduction des coûts	Cost reduction
Réduction des délais	Shortening delivery time
Référence de pièce	Part number
Refoulement	Upsetting
Réfractaire	Refractory
Refroidir	Cool (to) / Cool down (to)
Refroidissement	Cooling
Refus d'un lot	Lot rejection
Réglage	Setting / Adjustment
Réglementation	Regulation
Réglementation européenne	European regulation
Relation couple/tension	Torque/clamp force relationship
Relaxation	Relaxation
Relevé de contrôle 2.2	Test report 2.2
Remplissage	Filling / Filling up
Remplissage du trou (capacité de)	Hole filling capacity
Renforcé	Reinforced / Strengthened
Repère (plan)	Marker / Distinguishing mark or sign
Repli de forge	Fold
Replis (dans les filets)	Thread lap
Repliure de laminage, ligne, paille	Seam and lap (raw material)
Reprise	Secondary operation
Reprise par usinage	Machining secondary operation
Résilience	Impact strength
Résistance	Strength / Resistance
Résistance (électricité)	Resistor
Résistance à la corrosion	Corrosion resistance
Résistance à la fatigue	Fatigue strength
Résistance à la rupture en traction	Ultimate tensile strength
Résistance à la torsion	Torsional strength
Résistance à la traction	Tensile strength
Résistance au brouillard salin	Salt spray resistance
Résistance au cisaillement	Shear strength
Résistance au désassemblage de la tige	Mandrel push out resistance
Résistance de rupture	Fracture strength
Résistance élastique	Yield stress
Respect des cotes	Respect of the sizes
Resserrage	Retightening
Ressort	Spring
Retard de livraison	Delay
Retenue de la tête de tige (rivet aveugle)	Mandrel head retention (blind rivet)
Retouche	Finishing operation / Retouching work
Revenu	Tempering
Revêtement – Finition (résultat)	Coating - Finish
Revêtement (procédé)	Coating / Plating
Revêtement au trempé	Dip coating
Revêtement de surface	Surface coating
Revêtement de zinc lamellaire	Zinc flake coating
Revêtement de zinc par diffusion thermique	Zinc thermal diffusion coating
Revêtement électrolytique (procédé)	Electroplating
Revêtement électrolytique (résultat)	Electroplated coating
Revêtement électrophorétique	Electrophoretic coating
Revêtement par pulvérisation	Spray coating
Revêtement trempé-centrifugé	Dip spin coating
Rigidité	Stiffness / Rigidity
Rigidité en flexion	Flexural rigidity
Rinçage	Rinsing
Rivet	Rivet
Rivet à haute performance	High strength rivet
Rivet aéronautique	Aerospace rivet
Rivet aveugle	Blind rivet
Rivet aveugle à corps fermé	Closed end blind rivet
Rivet aveugle à corps ouvert	Open end blind rivet
Rivet aveugle à rupture de tige	Blind rivet with break pull mandrel
Rivet aveugle dit "étanche"	Closed end blind rivet
Rivet aveugle multi-serrage	Multi-grip blind rivet
Rivet de structure	Structural rivet
Rivet plein	Plain rivet / Solid rivet
Rivet semi-tubulaire	Semi-tubular rivet
Rivet tubulaire	Tubular rivet
Rivetage	Riveting / Rivet setting
Rivetage en aveugle	Blind rivet setting
Riveter	Rivet (to)
Riveter / Clincher	Clinch (to)
Rockwell (dureté)	Rockwell hardness
Rondelle	Washer
Rondelle à dents chevauchantes	Toothed lock washer
Rondelle à dents espacées	Washer with teeth
Rondelle à dents extérieures chevauchantes	External toothed lock washer
Rondelle à dents extérieures espacées	Washer with external teeth
Rondelle à dents intérieures chevauchantes	Internal toothed lock washer
Rondelle à dents intérieures espacées	Washer with internal teeth
Rondelle à dents non chevauchantes	Washer with teeth
Rondelle à double denture chevauchante	Internal-external toothed lock washer
Rondelle autobloquante	Stop washer
Rondelle carrée (plaquette)	Square washer
Rondelle cintrée	Curved washer
Rondelle concave à dents extérieures chevauchantes	Countersunk external toothed lock washer
Rondelle concave à dents extérieures espacées	Countersunk washer with external teeth
Rondelle conique (lisse)	Conical washer
Rondelle conique à dents intérieures	Conical internal toothed lock washer
Rondelle conique à picots	Conical washer with points
Rondelle conique lisse	Conical lock washer
Rondelle conique striée	Conical serrated face lock washer
Rondelle contact ®	Conical serrated face lock washer
Rondelle cuvette	Dished washer
Rondelle de serrage	Lock washer
Rondelle élastique	Spring washer
Rondelle éventail ®	Toothed lock washer
Rondelle Grower (simple spire)	Single coil washer
Rondelle Grower à becs simple spire	Single coil washer with tang ends
Rondelle Grower double spire	Double coil washer
Rondelle imperdable	Captive washer
Rondelle indicatrice de précontrainte pour la construction métallique (DTI)	DTI (Direct Tension Indicator) Load indicating washer for structural bolting
Rondelle ondulée	Crinkle washer
Rondelle plate	Plain washer
Rondelle plate à trou carré	Round washer with square hole
Rondelle plate chanfreinée	Chamfered plain washer / Plain washer with chamfer
Rondelle plate trempée	Plain hardened washer
Rondelle ressort dynamique dite Belleville	Conical spring washer Belleville
Rondelle striée	Serrated washer
Rotation	Turn / Rotation
Roue conique	Bevel gear
Rouille	Rust
Rouillé	Rusted
Rouille blanche	White rust
Rouille rouge / Oxydation rouge	Red rust
Roulage (des filets)	Thread rolling
Roulement	Bearing
Roulement à aiguilles	Needle bearing
Roulement à billes	Ball bearing
Rouleuse	Thread rolling machine
RPC (Règlement Produits de la Construction)	CPR (Construction Product Regulation)
Rugosimètre	Roughness tester
Rugosité	Roughness
Rupture	Fracture / Failure / Breaking

S

Sablage (nettoyage)	Sand blasting

Sans finition particulière	As processed
Sans tête	Headless
Sans tête (vis)	Set screw
Sec	Dry
Sec au toucher	Dry-to-touch
Séchage	Drying
Section équivalente	Equivalent cross-sectional area
Section résistante	Stress area / Cross-sectional area
Section résistante dans le filetage (As)	Stress area in the thread (As)
Série étroite (rondelle S)	Small series
Série large (rondelle L)	Large series
Série large (surplat)	Heavy series
Série normale (surplat, rondelle N)	Normal series
Série réduite (surplat)	Small series
Série très large (rondelle LL)	Extra-large series
Serrage (d'une fixation)	Tightening
Serrage (outillage de)	Wrenching (tightening)
Serrage à l'angle	Angle of rotation controlled tightening
Serrage à l'angle (méthode)	Angle of rotation controlled tightening Torque/angle tightening method
Serrage à la limite élastique	Yield load controlled tightening
Serrage au couple	Torque tightening
Serrage dans le domaine plastique	Plastic range tightening
Serrer	Tighten (to) / Clamp (to) / Hold (to)
Serrure	Lock
Serrure et gâche	Latch and striker
Sertir	Set / Crimp
Sertissage	Crimping / Clinching
Shérardisation	Sherardization
Sigle fournisseur	Supplier trademark
Six pans / Hexagonal	Hexagon
Solidaire (pièces)	Interdependent
Solidité de tête	Head soundness
Sommet de filet	Thread crest
Soudabilité	Weldability
Soudage	Welding
Soudage par bossages	Seam welding
Soudage par friction	Friction welding
Soudage par points	Spot-welding
Souder	Weld (to) / Solder (to)
Soufflet (caoutchouc)	Bellow
Soufre	Sulphur
Soupape	Valve
Souplesse	Elastic compliance
Sous-ensemble	Sub-assembly / Subsystem
Sous-lot / Charge	Batch
Sous-tête	Underhead
Spécial	Special / Particular
Sphère	Sphere
Standard	Standard
Station (étape)	Sequence
Statique	Static
STHC	Set screw
Stockage	Storage
Striction	Reduction of area
Striction après rupture	Reduction of area after fracture
Structure métallurgique	Metallurgical structure
Style (hauteur d'écrou)	Style (nut height)
Substance	Substance / Matter
Substance dangereuse	Dangerous substance
Substrat	Substrate
Suivi de la qualité	Quality monitoring
Suivi fournisseur	Supplier follow-up
Surangle	Width across corners
Surépaisseur	Overthickness
Surface annulaire	Annulus area
Surface d'appui	Bearing surface / Bearing area
Surface de contact	Area of contact
Surface significative	Significant surface
Surmoulage	Insert moulding
Surplat	Width across flats
Surplat large	Heavy series (width across flats)
Surplat réduit	Small series (width across flats)
Symétrie	Symmetry
Système de revêtement	Coating system

T

Tampon / Calibre	Gauge
Tampon fileté	Screw plug gauge
Tampon fileté ENTRE	GO screw plug gauge
Tampon fileté N'ENTRE PAS	NO GO screw plug gauge
Tampons mini-maxi	Go-No-Go plugs
Tapure de trempe	Quench crack
Taraud	Tap
Taraudage (dans une pièce)	Tapped hole
Taraudage (écrou)	Internal thread
Tarauder	Tap (to)
Taraudeuse	Tapping machine
Tassement	Crushing
Température de revenu	Tempering temperature
Température de trempe	Quenching temperature
Ténacité	Toughness
Tendre (matériau)	Soft
Teneur	Content
Teneur (élément chimique)	Content (chemical element)
Teneur en carbone	Carbon content
Tenir une tolérance	Hold a tolerance (to)
Tension	Tensile / Strain
Tension de serrage	Clamp load / Clamping load
Tenue à la corrosion	Corrosion stability / resistance
Tenue au brouillard salin	Salt spray resistance
Tenue de cote	Accuracy to size / Dimensional accuracy
Tête	Head
Tête bombée	Mushroom head / Cup head / Raised head
Tête bombée à collet carré	Cup square neck head
Tête carrée	Square head
Tête CHC ("Cylindrique Hexagonale Creuse")	Socket head cap
Tête cylindrique	Cap head / Cylindrical head / Cheese head
Tête cylindrique basse	Low cheese head
Tête cylindrique bombée	Raised cheese head
Tête cylindrique bombée large	Pan head
Tête cylindrique haute	Cap head
Tête du rivet aveugle	Blind rivet head
Tête fraisée	Countersunk (flat) head
Tête fraisée bombée	Raised countersunk head / Countersunk oval head
Tête fraisée d'un rivet	Flush rivet head
Tête hexagonale	Hexagon head
Tête hexagonale à collerette	Hexagon head with washer face
Tête hexagonale à embase (cylindro-tronconique)	Hexagon head with flange
Tête marteau	T-head
Tête moletée	Knurled head
Tête plate ou bombée (rivet aveugle)	Protruding head (blind rivet)
Tête ronde	Round head
Tête Ronde à Collet Carré (TRCC) / Tête Japy	Cup square neck head
Téton (bout)	Dog point
Tige	Shank
Tige (de la vis)	Shank
Tige / Partie lisse (vis, goujon)	Unthreaded shank (bolt, stud)
Tige à amorce de rupture (rivet aveugle)	Break pull mandrel (blind rivet)
Tige à amorce de rupture et à tête éjectée (rivet aveugle)	Break head mandrel (blind rivet)
Tige de traction (rivet aveugle)	Pull mandrel (blind rivet)
Tige du rivet aveugle	Blind rivet mandrel
Tige filetée	Threaded rod
Tige normale	Full shank
Tige perdue sans amorce de rupture (rivet aveugle)	Pull through mandrel (blind rivet)
Tige réduite	Reduced shank
Tige sans amorce de rupture (rivet aveugle)	Non-break pull mandrel (blind rivet)
Tige très réduite (fût élégi)	Waisted shank
Titane	Titanium
Tôle	Sheet / Plate
Tôle d'acier	Steel sheet
Tolérance	Tolerance / Deviation / Allowance
Tolérance serrée	Close tolerance
Tonnage	Tonnage
Tonne	Ton
Tonneau	Barrel
Tonneau (Revêtement au tonneau)	Barrel coating
Top coat	Top coat

Torsion	Torsion / Twisting
Torx (empreinte) ®	Torx recess
Tour	Lathe
Tour/minute	Rotation per minute (rpm)
Tournevis	Screw driver
Traçabilité	Traceability
Traction	Tensile
Traitement	Treatment
Traitement de surface	Surface treatment / Surface coating
Traitement thermique	Heat treatment
Trapézoïdal (filetage)	Trapezoidal (thread)
TRCC Tête Ronde à Collet Carré (vis)	Cup square neck (bolt)
Trempabilité	Hardenability
Trempe	Quenching
Trempé et revenu	Quenched and tempered
Trempe par induction	Induction hardening
Tri	Sorting
Tri automatique	Automatic sorting
Tri manuel	Manual sorting
Tribologie	Tribology
Trier	Sort (to)
Trois sigmas (3s)	Three sigma (3s)
Tronconique (bout)	Truncated cone point
Trou borgne	Blind hole
Trou de montage	Assembly hole
Trou de passage	Clearance hole
Trou débouchant	Through hole
Trou taraudé	Tapped hole

U

Ultrasons	Ultra-sound
Uniforme	Uniform
Unité	Unit
UNM Union de Normalisation de la Mécanique	UNM Standardization office for mechanical engineering
Usinage	Machining
Usure (outillage)	Tool wear
Utilisateur	User (Customer)

V

Valeur cible	Target value
Valeur limite	Limit (value)
Valeur moyenne	Mean value
Valeur nominale	Nominal value
Valeur réelle	Effective value / Actual value
Valeur théorique	Theoretical value
Variation de température	Temperature variation
Vé coulissant	Sliding bracket
Vé de centrage	Centring bracket
Vérification périodique	Periodical control
VHU (Directive Véhicules Hors d'Usage)	ELV (End Life Vehicles Directive)
Vibration	Vibration
Vickers (dureté)	Vickers hardness
Vif (angle)	Sharp edge (angle)
Vis	Bolt & screw
Vis (à tôle, autotaraudeuse ...)	Screw
Vis à bille	Ball screw
Vis à bois	Wood screw
Vis à embase	Flange bolt / Bolt with flange
Vis à épaulement	Shoulder screw
Vis à étrier	Screw with clamp washer
Vis à insert non-métallique	Screw with non-metallic insert
Vis à métaux	Bolt, screw & stud with ISO metric thread
Vis à œil	Eye bolt
Vis à oreilles	Wing screw
Vis à rondelle imperdable	Bolt and washer assemblies
Vis à sertir	Piercing screw
Vis à six pans creux	Hexagon socket bolt
Vis à souder	Weld screw
Vis à tête carrée	Square head bolt
Vis à tête cylindrique	Cheese head screw
Vis à tête cylindrique bombée	Raised cheese head screw
Vis à tête cylindrique bombée large	Pan head screw
Vis à tête cylindrique fendue	Slotted cheese head screw
Vis à tête fraisée	Countersunk (flat) head screw
Vis à tête fraisée bombée	Raised countersunk (oval) head screw
Vis à tête hexagonale	Hexagon head bolt / Hexagon head screw
Vis à tête marteau	T-head bolt
Vis à tête ronde	Round head screw
Vis à tête ronde et collet carré	Cup square neck bolt
Vis à tôle	Tapping screw
Vis autoformeuse	Thread forming screw
Vis autoperceuse	Self-drilling screw
Vis autotaraudeuse par déformation	Thread forming screw
Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière	Self-cutting screw
Vis avec enduction	Screw with adhesive
Vis avec patch	Screw with patch
Vis CHC / Vis à tête Cylindrique Hexagonale Creuse	Hexagon socket head cap screw
Vis creuse	Hollow screw
Vis de bielle	Connecting rod screw
Vis de butée	Stop screw
Vis de chapeau de bielle	Connecting rod cap screw
Vis de chapeau de palier	Bearing cap screw
Vis de connexion	Connection screw
Vis de culasse	Cylinder head screw / Cylinder head stud
Vis de poulie	Pulley screw
Vis de pression	Set screw
Vis de purge	Bleed screw / Bleeder screw
Vis de réglage	Set screw
Vis de roue	Wheel bolt
Vis en cage	Cage screw
Vis entièrement filetée	Screw
Vis partiellement filetée	Bolt
Vis pour panneaux de particules	Chip board screw / Screw for wood panel
Vis pré-enduite	Screw with adhesive
Vis raccord	Male fitting / Screw fitting
Vis sans fin	Worm screw / Endless screw
Vis sans tête	Set screw
Viscosité	Viscosity
Vissage / Serrage	Tightening / Screwing
Visser	Screw (to) / Tighten (to)
Visserie	Screws
Visseuse	Screw driving machine
Vitesse	Speed
Vitesse de corrosion	Corrosion speed
Vrac	Bulk
Vrac (Revêtement en vrac)	Bulk coating

Z

Zéro défaut	Zero defect
Zinc	Zinc
Zinc alcalin	Alkaline zinc
Zinc-Nickel	Zinc-Nickel
Zingage	Zinc plating
Zone de référence	Area (Reference area)

26 Lexique Anglais / Français

A

Ability	Aptitude
Abrasive material	Abrasif
Absorb (to)	Absorber
Acceptability	Acceptation
Acceptable Quality Level (AQL)	Niveau de Qualité Acceptable (NQA)
Acceptable strain (stress)	Contrainte admissible
Acceptance inspection	Contrôle réception
Acceptance number (Ac)	Critère d'acceptation (Ac)
Acceptance test	Réception (test de)
Accuracy	Précision
Accuracy to size / Dimensional accuracy	Tenue de cote
Acid	Acide
Acid cleaning / Pickling	Décapage acide
Actual value / Effective value	Valeur réelle
Additional lubricant	Lubrifiant additionnel
Additive	Additif
Adhesion	Adhérence
Adhesion of coating	Adhérence du revêtement
Adhesive	Enduction
Adhesive / Glue / Cement	Colle
Aerospace rivet	Rivet aéronautique
AFFIX French fastener manufacturers association	AFFIX Association des fabricants de fixations mécaniques
AFNOR French standards association	AFNOR Association Française de NORmalisation
Alignment	Alignement
Alkaline	Alcalin
Alkaline zinc	Zinc alcalin
Allowance/ Deviation/ Tolerance	Écart
Allowed shape	Forme admise
Allowing element	Élément d'alliage
Alloy	Alliage
Alloyed steel	Acier allié
Alternator	Alternateur
Aluminium	Aluminium
Angle	Angle
Angle of rotation controlled tightening	Serrage à l'angle
Angular	Angulaire
Annealed / Soft annealed	Adouci
Annealing	Recuit
Annulus area	Surface annulaire
Anodising	Anodisation
ANSI American National Standard Institute	ANSI Association américaine de normalisation
ANSI American standard	ANSI Norme américaine
Appearance	Aspect
Area (Reference area)	Zone de référence
Area of contact	Surface de contact
As processed	Sans finition particulière
As processed (finish)	Brut de fabrication (finition)
ASME American Society of Mechanical Engineers	ASME Association américaine des ingénieurs en mécanique
ASME American standard	ASME Norme américaine
As-rolled end	Brut de roulage (extrémité)
Assemblability	Aptitude à l'assemblage
Assembly	Assemblage
Assembly band / Mounting brace	Frette d'assemblage
Assembly hole	Trou de montage
Assembly line	Chaîne de montage
Assembly lot	Lot d'ensemble
ASTM American Society for Testing and Materials	ASTM Association américaine pour les essais et matériaux
ASTM American standard	ASTM Norme américaine
Attestation of conformity	Attestation de conformité
Austenitic	Austénitique
Automatic	Automatique
Automatic control / Automatic check	Contrôle automatique
Automatic sorting	Tri automatique
Axial load	Charge axiale
Axis	Axe

B

Bainite	Bainite
Baked / Degas	Dégazé
Baking	Dégazage
Baking duration	Durée de dégazage
Ball bearing	Roulement à billes
Ball screw	Vis à bille
Band	Frette
Bar code	Code-barres
Bar turning	Décolletage
Barrel	Tonneau
Barrel coating	Tonneau (Revêtement au tonneau)
Bar-turning / Machining / Turning	Décolletage
Base coat	Couche de base
Basic standard	Norme fondamentale
Basis metal	Métal de base
Batch	Lot
Batch (Galvanization batch)	Charge de galvanisation
Batch number	Numéro de lot
Bath	Bain
Bead / Notch	Encoche
Bead lock nut	Écrou de sécurité à encoches
Bearing	Palier
Bearing	Roulement
Bearing area / Bearing surface	Portée (surface d'appui)
Bearing cap screw	Vis de chapeau de palier
Bearing face (under head, under nut)	Face d'appui (sous tête, sous écrou)
Bearing joint	Assemblage par appuis
Bearing proof strength	Charge admissible
Bearing surface / Bearing area	Surface d'appui
Bellow	Soufflet (caoutchouc)
Bench test	Contrôle sur banc
Bending	Flexion
Bending moment	Moment de flexion
Bending test	Essai de pliage
Bent bolt	Boulon-étrier
Bevel gear	Roue conique
Blank	Ébauche
Blanking plug	Obturateur
Blast	Grenaille
Bleed screw / Bleeder screw	Vis de purge
Blend (to)	Raccorder
Blend radius (part)	Rayon de raccordement (pièce)
Blind head (blind rivet)	Contre-tête (rivet aveugle)
Blind hole	Trou borgne
Blind length	Longueur totale sous tête (rivet aveugle)
Blind rivet	Rivet aveugle
Blind rivet body	Corps du rivet aveugle
Blind rivet core	Alésage du corps du rivet aveugle
Blind rivet end	Extrémité du corps du rivet aveugle
Blind rivet head	Tête du rivet aveugle
Blind rivet mandrel	Tige du rivet aveugle
Blind rivet setting	Rivetage en aveugle
Blind rivet with break pull mandrel	Rivet aveugle à rupture de tige
Blind side clearance	Dégagement du côté aveugle
Blind side protrusion	Dépassement du côté aveugle
Blow (forging machine)	Coup (machine de frappe)
Bolt	Boulon - Corps de boulon
Bolt	Vis partiellement filetée
Bolt & screw	Vis
Bolt (US)	Boulon
Bolt + nut (+ washer if any)	Boulon
Bolt and washer assemblies	Vis à rondelle imperdable
Bolt driving machine	Boulonneuse
Bolt for corrugated steel pipes	Boulon pour buse
Bolt with flange (flange bolt)	Boulon à embase
Bolt, screw & stud with ISO metric thread	Vis à métaux
Bolted joint	Assemblage vissé
Bolting assembly (UK)	Boulon
Boltmaker	Boltmaker
Bore	Alésage
Bore (to)	Aléser
Boring bar	Barre d'alésage
Boron	Bore
Boron steel	Acier au bore
Brake torque (prevailing torque)	Couple de freinage
Brass	Laiton
Break	Cassure / Rupture
Break head mandrel (blind rivet)	Tige à amorce de rupture et à tête éjectée (rivet aveugle)

Break pull mandrel (blind rivet)	Tige à amorce de rupture (rivet aveugle)
Breakdown / Failure / Malfunction	Panne / Défaillance (machine)
Breaking limit / Breaking strain	Limite de rupture
Breaking load	Charge de rupture
Breaking strain / tensile limit	Limite de rupture
Breaking torque	Couple de rupture
Breaking, fracture	Rupture
Brinell test	Brinell (essai)
Bronze	Bronze
Browning	Brunissage
BSI British Standard Institute	BSI Association de normalisation du Royaume-Uni
Building fastener (Outdoor)	Bâtiment, fixation extérieure de 2nd œuvre
Bulk	Vrac
Bulk coating	Revêtement en vrac
Bundle of wire / Coil of wire	Couronne de fil
Burnish (to) Polish (to)	Brunir (polir)
Burr	Bavure
Bushing / Sleeve	Manchon
C	
(sizing) Calculation	Calcul (dimensionnement)
2.2 Certificate	Certificat 2.2
3.1 Certificate	Certificat 3.1 B
Cable	Câble
Cable bracket (or socket or terminal)	Cosse (électrique)
Cadmium	Cadmium
Cage nut	Écrou en cage
Cage screw	Vis en cage
Calibration	Étalonnage / Calibration
Calliper	Pied à coulisse
Cambered	Bombé (rondelle)
Cap head	Tête cylindrique haute
Cap nut	Écrou borgne
Capability	Capabilité
Capability index for process	CPK
Captive	Imperdable
Captive nut	Écrou prisonnier
Captive washer	Rondelle imperdable
Carbide	Carbure
Carbon	Carbone
Carbon content	Teneur en carbone
Carbon steel	Acier au carbone
Carbonitridation	Carbonitruration
Carbonization	Cémentation (par le carbone)
Carburization	Carburation
Case hardening	Cémentation
Case-hardening steel	Acier de cémentation
Cast iron	Fonte
Cast number	Numéro de coulée
Castle nut	Écrou à créneaux
Cataphoresis	Cataphorèse
Cathodic protection	Protection cathodique
Cement / Glue / Adhesive	Colle
CEN European Committee for Standardization	CEN Comité Européen de Normalisation
Centrifuge / Drying machine	Essoreuse
Centring bracket	Vé de centrage
Certificate of compliance	Certificat de conformité
Chamfer	Chanfrein
Chamfered	Chanfreiné
Chamfered end	Bout chanfreiné
Chamfered plain washer / Plain washer with chamfer	Rondelle plate chanfreinée
Changeover (tooling)	Changement d'outils
Charpy drop hammer	Charpy (mouton de Charpy)
Charpy V-notch test	Essai Charpy avec entaille en V
Chaser	Peigne
Check / Control / Inspection	Contrôle
Cheese head	Tête cylindrique
Cheese head screw	Vis à tête cylindrique
Chemical analysis	Analyse chimique
Chemical cleaning	Dégraissage chimique / Nettoyage
Chemical composition	Composition chimique
Chemical nickel plating	Nickelage chimique
Chemical plating	Dépôt chimique
Chemical supplier	Formulateur
Chip (metal chip)	Copeau
Chip board screw / Screw for wood panel	Vis pour panneaux de particules
Chip removal (with)	Enlèvement de copeaux (avec)
Chip removal (without)	Enlèvement matière (sans)
Chromate conversion coating	Chromatation
Chromium	Chrome
Chromium plating	Chromage
Circuit breaker	Disjoncteur
Circular pitch (CP)	Pas circulaire
Circularity / Roundness	Circularité
Claim (client)	Réclamation (client)
Clamp	Clip
Clamp (to) / Hold (to) / Tighten (to)	Serrer
Clamp length	Longueur serrée (assemblage)
Clamp load / Clamping load	Effort / Force de serrage / Tension de serrage
Clamp washer / Stirrup	Cavalier / Étrier / Bride
Clamping brace	Frette de serrage
Clamping collet / Collet chuck	Pince de serrage
Clamping force (screw force)	Effort de serrage
Clamping load	Tension de serrage
Cleaning	Nettoyage
Cleanness / Cleanliness	Propreté
Clearance	Jeu
Clearance hole	Trou de passage
Clinch (to)	Riveter / Clincher
Clinch nut / Pierce-nut	Écrou à sertir
Clinch spacer	Entretoise à sertir
Clinching	Clinchage
Clinching / Crimping	Sertissage
Clip	Clip / Agrafe
Close tolerance	Tolérance serrée
Closed end blind rivet	Rivet aveugle à corps fermé / Rivet aveugle dit "étanche"
Coarse pitch	Pas gros
Coarse pitch thread	Filetage à pas gros
Coater	Applicateur
Coating	Revêtement de surface
Coating - Finish	Revêtement - Finition
Coating system	Système de revêtement
Coating thickness measurement	Mesure d'épaisseur de revêtement
Coefficient	Coefficient
Coefficient of adhesion	Coefficient d'adhérence
Cohesion of coating	Cohésion du revêtement
Coil of wire / Bundle of wire	Couronne de fil
Cold deformation	Déformation à froid
Cold forging	Frappe à froid
Cold forming	Formage à froid
Cold forming steel	Acier de déformation à froid
Cold forming wire	Fil de frappe à froid
Cold heading	Frappe à froid
Cold stamped blank	Ébauche matricée à froid
Cold stamping	Matriçage à froid
Cold working	Écrouissage
Cold-worked / Cold-rolled	Écroui
Collar	Collerette / Embase plate
Collar / Clamp	Collier
Collet chuck	Mandrin de perçage
Collet chuck / Clamping collet	Pince de serrage
Colourless	Incolore
Commingling (for lots)	Mélange (de lots)
Complete thread	Longueur utile de filetage
Compliance / Conformity	Conformité
Component	Composant
Component / Piece / Part	Pièce
Components Knocked Down	CKD
Compression	Compression
Compression test	Essai de compression
Compression test bar	Éprouvette de compression
Concave	Concave
Concave / Dished / Cupped	Cuvette (en forme de)
Concavity	Concavité
Concentric	Concentrique
Concentricity	Concentricité
Conductibility	Conductibilité
Cone / Taper	Cône
Cone point	Bout pointu
Cone shaped	Conique (de forme)
Conical (washer)	Conique (rondelle)
Conical internal toothed lock washer	Rondelle conique à dents intérieures
Conical serrated face lock washer	Rondelle conique striée / Rondelle contact ®
Conical spring washer Belleville	Rondelle ressort dynamique dite Belleville
Conical washer	Rondelle conique (lisse)

Conical washer with points	Rondelle conique à picots
Connecting / Coupling / Fitting / Nipple	Raccord
Connecting flange	Bride d'assemblage
Connecting rod cap screw	Vis de chapeau de bielle
Connecting rod screw	Vis de bielle
Connection	Connexion
Connection screw	Vis de connexion
Connector	Connecteur
Construction product	Produit de construction
Contact corrosion / Galvanic corrosion	Corrosion de contact / Corrosion galvanique
Contactor	Contacteur
Content	Teneur
Content (chemical element)	Teneur (élément chimique)
Continuous furnace	Four à passage
Control / Inspection / Check	Contrôle
Control chart	Carte de contrôle
Control device	Appareil de contrôle
Control plan	Plan de contrôle
Control tools	Outillage de contrôle
Conversion coating	Couche de conversion
Convex	Bombé / Convexe
Cool (to) / Cool down (to)	Refroidir
Cooling	Refroidissement
Copper	Cuivre
Copper plating	Cuivrage
Core	Noyau
Core hardness	Dureté à cœur
Correction	Rectification
Corrective action	Mesure corrective
Corrosion	Corrosion
Corrosion (Against corrosion)	Anticorrosion
Corrosion resistance	Résistance à la corrosion
Corrosion speed	Vitesse de corrosion
Corrosion stability	Tenue à la corrosion
Corrosion test	Essai de corrosion
Cost reduction	Réduction des coûts
Counterbore	Chambrage / Lamage
Countersink	Fraisure (pièce)
Countersunk	Fraisée (tête de vis)
Countersunk (flat) head	Tête fraisée
Countersunk (flat) head screw	Vis à tête fraisée
Countersunk external toothed lock washer	Rondelle concave à dents extérieures chevauchantes
Countersunk oval head / Raised countersunk head	Tête fraisée bombée
Countersunk washer with external teeth	Rondelle concave à dents extérieures espacées
Coupling	Accouplement (mécanique)
Coupling / Fitting / Nipple / Connecting	Raccord
CPD (Construction Product Directive)	DPC (Directive Produits de la Construction)
Cpk Capability index for process	Cpk
CPR (Construction Product Regulation)	RPC (Règlement Produits de la Construction)
Crack	Crique
Creep / Creeping	Fluage
Crevice corrosion	Corrosion caverneuse
Crimpable	Apte au sertissage
Crimping / Clinching	Sertissage
Crinkle washer	Rondelle ondulée
Criticality	Criticité
Crop end / Scrap	Chute
Cross recess (or cross-recessed)	Empreinte cruciforme
Cross recessed H	Phillips (empreinte) ®
Cross recessed Z (corrosion proof)	Pozidriv (empreinte) ®
Crushing	Tassement
Cup point	Bout cuvette
Cup square bolt	Vis à tête ronde collet carré
Cup square neck bolt	Vis à tête ronde et collet carré / Vis Japy
Cup square neck head	Tête Ronde à Collet Carré (TRCC)
Cupped / Concave / Dished	Cuvette (en forme de)
Curing (Coating)	Cuisson (Revêtement)
Curing duration	Durée de cuisson
Current	Courant
Curved (conical) spring washer	Rondelle élastique
Curved washer	Rondelle cintrée
Cutting	Cisaillage
Cutting	Découpage
Cutting (loop)	Coupe
Cutting face	Face de coupe
Cutting tool	Outil de découpage
Cyclic corrosion test	Corrosion cyclique (Essai)
Cylinder	Cylindre
Cylinder head screw / Cylinder head stud	Vis de culasse
Cylindrical head	Tête cylindrique
Cylindricity	Cylindricité

D

Dangerous substance	Substance dangereuse
Dealer / Distributor	Distributeur
Deburr (to)	Ébavurer
Deburring	Ébavurage
Decarburization	Décarburation
Declaration of compliance	Déclaration de conformité
Defect	Défaut
Defective part	Défectueux / Pièce défectueuse
Deflection	Flèche
Deformability	Aptitude à la déformation
Deformation / Strain / Distortion	Déformation
Degreasing	Dégraissage
Degreasing bath	Bain de dégraissage
Delamination of coating	Délamination du revêtement
Delay	Retard de livraison
Delivery time	Délai de livraison
Depth	Profondeur
Desembrittlement	Dégazage
Design	Conception
Designation	Désignation
Destructive control	Contrôle destructif
Detect (to)	Détecter
Development	Développement
Deviation / Tolerance / Allowance	Écart
Dial type torque wrench	Clé dynamométrique à lecture directe
Diameter	Diamètre
Die	Filière / Matrice
Differential	Différentiel
Digital reading torque wrench	Clef dynamométrique
Dimension / Size	Dimension
Dimension test	Contrôle dimensionnel
Dimensional accuracy / Accuracy to size	Tenue de cote
Dimensional inspection	Contrôle dimensionnel
Dimensional reliability	Fiabilité dimensionnelle
DIN Deustches Institute für Normung (German standard association)	DIN Association allemande de Normalisation
DIN German standard	DIN Norme allemande
Dip coating	Revêtement au trempé
Dip spin coating	Revêtement trempé-centrifugé
Dished / Cupped / Concave	Cuvette (en forme de)
Dished washer	Rondelle cuvette
Dispute	Litige
Distance sleeve / Distance tube / Spacer	Entretoise
Distance tube / Spacer / Distance sleeve	Entretoise
Distortion / Deformation / Strain	Déformation
Distributor (Alteration coating distributor)	Distributeur altérateur revêteur
Distributor / Dealer	Distributeur
Dog point (short, long)	Bout téton (court, long)
Domed cap nut	Ecrou borgne
Double coil washer	Rondelle Grower double spire
Double-end stud	Goujon
Drawing	Plan / Dessin
Drawn steel	Acier étiré
Dressing (blind rivet)	Ébarbage (rivet aveugle)
Drill (to)	Percer
Drilling / Boring	Perçage
Drilling machine	Perceuse
Drive	Entraînement
Drive pin	Goupille d'expansion
Driveshaft	Arbre de transmission
Dry	Sec
Dry to touch	Sec au toucher
Drying (Coating)	Séchage (Revêtement)
Drying machine / Centrifuge	Essoreuse
Dry-to-touch	Sec au toucher
DTI (Direct Tension Indicator) Load indicating washer for structural bolting	Rondelle indicatrice de précontrainte pour la construction métallique (DTI)
Ductility	Ductilité
Ductility of coating	Ductilité du revêtement
Duration / Life time	Durée de vie (d'un outillage)
Dynamic	Dynamique
Dynamic load	Effort dynamique
Dynamometric sensor	Capteur dynamométrique

E

0,2 extension limit (yield strength)	Limite d'élasticité à 0,2%
Earth nut	Écrou de masse
EC marking	Marquage CE

Edge	Arête
EEA (European Economic Area)	EEE (Espace Economique Européen)
EFDA European organisation for specialised inventory holding fastener distributors	EFDA Association européenne des distributeurs de fixations
Effective pitch (thread) diameter	Diamètre à flanc de filet
Effective value / Actual value	Valeur réelle
EHE Environmental Hydrogen Embrittlement	Fragilisation par l'hydrogène externe EHE
EIFI European Industrial Fasteners Institute	EIFI Association européenne des fabricants de fixations
Elastic	Élastique
Elastic compliance	Souplesse
Elastic deformation	Déformation élastique
Elastic elongation	Allongement élastique
Elastic field	Domaine élastique
Elastic modulus	Module d'élasticité
Elastic range	Domaine élastique
Elastic resistance	Résistance élastique
Elasticity	Élasticité
Electolytic plating	Dépôt électrolytique
Electric contactor	Contacteur électrique
Electrical equipment	Équipement électrique
Electrolysis	Électrolyse
Electrolytic bath	Bain électrolytique
Electrolytic nickel plating	Nickelage électrolytique
Electrophoretic coating	Revêtement électrophorétique
Electroplated coating	Revêtement électrolytique
Electroplating	Traitement électrolytique
Electroplating	Électrodéposition (procédé)
Electrozinc coated	Electrozingué
Elongation	Allongement
ELV (End Life Vehicles Directive)	VHU (Directive Véhicules Hors d'Usage)
Embedding / Embedment	Matage
Embossing	Marquage en relief
EN European standard	EN Norme européenne
Encoding	Codification
End (of a bolt, screw, stud)	Extrémité / Bout (d'une vis)
Endless screw / Worm screw	Vis sans fin
Endurance	Endurance - Résistance à la fatigue
Endurance limit	Limite d'endurance
Energy supply	Alimentation (énergie)
Enquiry / Inquiry / Request for quotation	Demande de prix
Environmental Hydrogen Embrittlement EHE	Fragilisation par l'hydrogène externe EHE
Equivalent cross-sectional area	Section équivalente
Equivalent stress	Contrainte équivalente
Essential characteristic (product)	Caractéristique essentielle (produit)
Essential requirement (EU Regulation)	Exigence essentielle (réglementation européenne)
European Directive	Directive européenne
European Regulation	Réglementation européenne
Exhaust system / Outlet (device)	Évacuation
Extended bolting assembly lot	Lot d'ensemble étendu
External drive	Entraînement externe
External thread	Filetage extérieur / Filetage mâle
External toothed lock washer	Rondelle à dents extérieures chevauchantes
Extra-large series	Série très large (rondelle LL)
Extruding	Étirage
Extrusion	Extrusion / Filage
Eye bolt	Vis à œil

F

Face	Face
Factory Production Control (FPC)	Contrôle de la production en usine (FPC)
Failure	Défaillance
Failure / Malfunction / Breakdown	Panne / Défaillance (machine)
Fastener	Fixation / Élément de fixation
Fastener (joint)	Assemblage
Fastening / Fixing	Fixation (résultat)
Fatigue / Stress	Fatigue
Fatigue life time	Durée de vie en fatigue
Fatigue limit	Limite de fatigue
Fatigue strength	Résistance à la fatigue
Fatigue test	Essai de fatigue
Feasibility	Faisabilité
Feasibility study	Analyse de faisabilité
Feed / Feeding	Alimentation / Entraînement (machine)
Female fitting / Union nut	Écrou raccord
Ferrite	Ferrite
Fibber	Fibre
Filled core (blind rivet)	Corps de rivet aveugle à tige retenue
Fillet	Face d'appui avec dégagement sous tête
Filling / Filling up	Remplissage
Fillister head screw (US)	Vis à tête cylindrique bombée
FIM French mechanical engineering industries	FIM Fédération des Industries Mécaniques
Final inspection	Contrôle final
Fine blacking	Outillage de découpe
Fine pitch	Pas fin
Fine pitch thread	Filetage à pas fin
Finish	Finition
Finish - Coating	Revêtement – Finition
Finished product / part	Produit fini / Pièce finie
Finishing operation / Retouching work	Retouche
First sample / Initial sample	Échantillon initial
First tier supplier	Fournisseur de 1er rang
Fit bolt	Boulon ajusté
Fitness for purpose / Fitness for use	Aptitude à l'emploi
Fitting / Nipple / Connecting / Coupling	Raccord
Fitting test	Essai de montage
Fixing / Fastening	Fixation (résultat)
Fixture / Set up / Assembly	Montage / Installation
Flange	Bride - Embase
Flange bolt / Bolt with flange	Vis à embase
Flange nut	Écrou à embase (cylindro-tronconique)
Flank angle	Angle du filet
Flat	Méplat
Flat head screw	Vis à tête fraisée
Flat part / Flat area	Plat (partie plate)
Flat point	Bout plat
Flat rolling machine	Machine de roulage à peignes
Flat washer	Rondelle plate
Flatness	Planéité
Flatten (to)	Aplatir (rondelle)
Flexibility	Flexibilité
Flexural Rigidity	Rigidité en flexion
Flow	Flux
Fluorescent	Fluorescent
Flush rivet head	Tête fraisée d'un rivet
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)	AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances et Etude de criticité)
Fold	Repli de forge
Force	Force / Effort
Force sensor	Capteur d'efforts
Forgeability	Forgeabilité
Forging	Forgeage
Forging crack / burst	Crique / fissure de forgeage
Formed	Obtenu en frappe
Forming / Stamping	Frappe
Fracture / Failure / Breaking	Rupture
Fracture strength	Résistance de rupture
Free of burrs	Bavure (sans)
Free of scale	Décalaminé
Free-cutting steel	Acier de décolletage
Friction	Frottement
Friction factor (coefficient)	Coefficient de frottement
Friction grip joint	Assemblage par adhérence
Friction torque in the thread	Couple de frottement filet
Friction torque under head	Couple de frottement sous tête
Friction welding	Soudage par friction
Full loadability	Capacité de charge intégrale
Full shank	Tige normale
Full threading	Filetage total
Fully threaded	Entièrement fileté
Functional drawing	Plan fonctionnel
Functional property / Performance	Caractéristique fonctionnelle
Functional test	Essai fonctionnel
Functionality	Fonctionnalité
Furnace	Four

G

Galvanic corrosion / Contact corrosion	Corrosion galvanique / Corrosion de contact
Galvanize (to)	Galvaniser
Gapping	Décollement
Gasket	Garnissage (joint)
Gauge	Calibre / Tampon / Jauge
Gauge rod	Pige
Gauging	Contrôle par calibre

Geometrical check	Contrôle géométrique
Glue / Adhesive / Cement	Colle
GO gauge	Calibre ENTRE
GO screw plug gauge	Tampon fileté ENTRE
Go-No-Go plugs	Tampons mini-maxi
Grade	Nuance
Grade (US)	Classe de qualité
Gradient controlled tightening	Serrage à la limite élastique
Grain	Grain
Grain flow	Fibrage
Grease / Lubricating stuff	Graisse
Grinding	Rectification
Grinding machine	Rectifieuse
Grip (grip length)	Longueur de serrage
Grip range	Plage de serrage
Groove	Cannelure / Rainure
Grooved pin	Goupille cannelée
Grooved pin with head	Clou cannelé
Gross weight	Poids brut
Guiding	Guidage

H

Half threading	Filetage partiel
Hammer test	Essai de rabattement de tête (au marteau)
Handling	Manutention
Hardenability	Trempabilité
Hardening	Durcissement
Hardening steel furnace	Four de trempe
Hardness	Dureté
Hardness class	Classe de dureté
Hardness determination	Contrôle de dureté
Hardness on the surface	Dureté en surface
Hardness test	Essai de dureté
Hardness tester	Appareil de mesure de dureté / Duromètre
Harmonised standard	Norme harmonisée
Head	Tête
Head soundness	Solidité de tête
Head style	Forme de tête
Head transition (bolt)	Raccordement sous tête (de vis)
Headless screw	Vis sans tête
Heat (material)	Coulée (matériau)
Heat mark / Hot spot	Brûlure
Heat number	Numéro de coulée
Heat resisting steel	Acier réfractaire
Heat treatment	Traitement thermique
Heat treatment steel	Acier pour traitement thermique
Heavy series (width across flats)	Série large (surplat large)
Height of the head	Hauteur de tête
Height of the thread	Hauteur du filet
Helical gear	Pignon hélicoïdal
Helix angle	Angle d'hélice
Hexagon	Six pans / Hexagonal
Hexagon head	Tête hexagonale
Hexagon head bolt / Hexagon head screw	Vis à tête hexagonale
Hexagon head pipe plug	Bouchon à 6 pans fileté
Hexagon head socket pipe plug	Bouchon à 6 pans creux et embase
Hexagon head with flange	Tête hexagonale à embase (cylindro-tronconique)
Hexagon head with washer face	Tête hexagonale à collerette
Hexagon nut	Écrou hexagonal / Écrou six pans
Hexagon socket	Empreinte à six pans creux
Hexagon socket bolt	Vis à six pans creux
Hexagon socket head cap screw	Vis CHC / Vis à tête Cylindrique Hexagonale Creuse
Hexagonal	Hexagonal
Hexalobular	Hexalobé
Hexalobular drive	Entraînement à six lobes externes
Hexalobular socket	Empreinte à six lobes internes
Hexavalent chromium Cr(VI)	Chrome hexavalent Cr(IV)
High grade alloy steel	Acier fortement allié
High nut (style 2)	Écrou haut (style 2)
High speed steel	Acier rapide
High strength rivet	Rivet à haute performance
High strength structural bolting for preloading	Boulonnerie de construction métallique apte à la précontrainte
High-carbon steel	Acier dur
Hinge	Charnière
Hold (to) / Tighten (to) / Clamp (to)	Serrer
Hold a tolerance (to)	Tenir une tolérance
Hole filling capacity	Remplissage du trou (capacité de)
Hollow	Creux
Hollow body, part, piece	Corps creux
Hollow core (blind rivet)	Corps de rivet aveugle à tige éjectée
Hollow parts	Pièce creuse
Hollow screw	Vis creuse
Hook	Crochet
Hose / Pipe	Gaine
Hose clamp	Collier de serrage
Hot dip galvanised coating	Galvanisation à chaud
Hot dip galvanizing	Galvanisation à chaud (procédé)
Hot forging	Forgeage à chaud
Hot heading / Hot forming	Frappe à chaud
Hot spot / Heat mark	Brûlure
Household electrical appliances	Électroménager
HR bolting assembly	Boulon HR
HRC bolting assembly (HR bolt with Calibrated preload)	Boulon HRC (boulon HR à précontrainte Calibrée)
HSST (hours salt spray test)	HBS
Humidity	Hygrométrie
Hump	Bossage
Hundredth	Centième
HV bolting assembly	Boulon HV
Hydraulic	Hydraulique
Hydraulic fitting	Embout hydraulique
Hydrochloric acid	Acide chlorhydrique
Hydrogen	Hydrogène
Hydrogen embrittlement	Fragilisation par l'hydrogène
Hydrogen Embrittlement (Environmental) EHE	Fragilisation par l'hydrogène externe EHE
Hydrogen Embrittlement (Internal) IHI	Fragilisation par l'hydrogène interne IHI
Hydrogen induced stress corrosion cracking	Fissuration par l'hydrogène induite par une corrosion sous contrainte
Hyper-quenching	Hypertrempe

I

Identification mark	Marque d'identification
Idle thread	Premier filet
IFI Industrial Fasteners Institute USA	IFI Association américaine des fabricants de fixations
Ignition	Allumage
IHE Internal Hydrogen Embrittlement	Fragilisation par l'hydrogène interne IHE
Impact	Choc / Coup
Impact strength	Résilience
Impact test	Essai de résilience
Impact wrench	Clé à chocs
Inch	Pouce
Inconel	Inconel
Indent / Indentation	Empreinte (de dureté)
Indenter	Pénétrateur
Indenting	Marquage en creux
Index	Indice (de plan)
Indexing	Indexage
Induction hardening	Trempe par induction
Initial sample / First sample	Échantillon initial
Initial type testing	Essai de type initial
In-process control	Contrôle en cours de production
Inquiry / Enquiry / Request for quotation	Demande de prix
Insert	Insert
Insert moulding	Surmoulage
Inside diameter	Diamètre intérieur
Inspection / Check / Control	Contrôle
Inspection certificate 3.1	Certificat de contrôle 3.1
Inspection certificate 3.2	Certificat de contrôle 3.2
Inspection facility capability	Capabilité des moyens de contrôle
Inspection lot	Lot de contrôle
Inspection procedure / Route sheet	Gamme de contrôle
Integral lubricant	Lubrifiant intégré
Interdependent	Solidaires (pièces)
Internal	Intérieur / Interne
Internal drive	Entraînement interne
Internal thread	Filetage intérieur / Filetage femelle / Taraudage
Internal toothed lock washer	Rondelle à dents intérieures chevauchantes
Internal-external toothed lock washer	Rondelle à double denture chevauchante
Iron	Fer
ISO International standard	ISO Norme internationale
ISO International Standard Organisation	ISO Organisme international de normalisation
ISO metric (screw) thread	Filetage métrique ISO

J

Jam nut	Contre-écrou
Jamming / Seizing	Grippage

Joint	Assemblage (pièces assemblées)
Joule	Joule
K	
K coefficient	Coefficient K (coefficient de rendement du couple)
k-class	Classe k
Kesternich test	Kesternich (Essai)
Knob	Bouton
Knurl	Moletage
Knurled head	Tête moletée
Knurling	Moletage
Knurling wheel / Round die	Molette
L	
Lock	Serrure
Lock nut	Écrou de sécurité
Lock washer	Rondelle de serrage
Lock washer (serrated)	Rondelle éventail
Lock washer (spring)	Rondelle grower
Locking	Freinage
Loop / Slug	Lopin
Loosen (to) / Untighten (to)	Desserrer (débloquer)
Loosening	Desserrage
Lot (Small lot)	Lot de petite quantité
Lot / Batch	Lot
Lot number	Numéro de lot
Lot rejection	Refus d'un lot
Lot size	Effectif du lot
Low (grade) alloyed steel	Acier faiblement allié
Low cheese head	Tête cylindrique basse
Low duty connection	Assemblage de maintien
Low grade alloy steel	Acier faiblement allié
Low-carbon steel	Acier doux
Lower yield strength, ReL (on specimen)	Limite inférieure d'écoulement, ReL (sur éprouvette)
LQA	NQA
Lubricant	Lubrifiant
Lubricate (to)	Lubrifier
Lubricating stuff / Grease	Graisse
Lubricator	Lubrificateur
Lubrification, oiling	Lubrification
Lunch holder	Porte-poinçon
M	
Metallic clip	Clip / Agrafe métallique
Metallographic inspection	Examen métallographique
Metallurgical structure	Structure métallurgique
Metallurgy	Métallurgie
MFG CofC (manufacturing conformity certificate)	CCPU
Micro-alloyed steel	Acier micro-allié
Micrographic inspection	Examen micrographique
Micrography	Micrographie
Micro-hardness	Micro-dureté
Micrometer	Micromètre
Milling	Fraisage
Milling machine	Fraiseuse
Milling tool / Milling cutter	Fraise
Minimum tensile strength	Résistance minimale à la traction
Minor (thread) diameter / Root diameter	Diamètre à fond de filet
Molybdenum	Molybdène
Monitoring plan	Plan de surveillance
Mountability	Aptitude au montage
Mounting	Assemblage (chassis)
Mounting brace / Assembly band	Frette d'assemblage
Multi-grip blind rivet	Rivet aveugle multi-serrage
Multi-spindle automatic lathe	Multibroche (tour automatique)
Multi-start thread	Filetage à plusieurs filets
Mushroom head / Cup head / Raised head	Tête bombée
N	
Neck nut	Écrou à gorge
Needle bearing	Roulement à aiguilles
Newton	Newton
Newton-meter	Newton-mètre
NF French standard	NF Norme Française
NF mark / label	Marque NF
Nib / Catch	Ergot
Nickel	Nickel
Nickel plating	Nickelage
Nipple	Embout
Nipple / Connecting / Coupling / Fitting	Raccord
Nitric acid	Acide nitrique
Nitriding	Nitruration
NO GO gauge	Calibre N'ENTRE PAS
NO GO screw plug gauge	Tampon fileté N'ENTRE PAS
Nominal diameter	Diamètre nominal
Nominal diameter of thread	Diamètre nominal de filetage
Nominal length	Longueur nominale
Nominal value	Valeur nominale
Non destructive test	Contrôle non destructif
Non-alloyed steel	Acier non-allié
Non-break pull mandrel (blind rivet)	Tige sans amorce de rupture (rivet aveugle)
Non-conforming fastener	Fixation non-conforme
Non-conformity	Non-conformité
Non-destructive test	Contrôle non destructif
Non-embrittlement test	Essai de rupture différé
Non-ferrous material	Matériau non-ferreux
Non-heat treated	Non traité (thermiquement)
Non-rusting	Antirouille
Non-standard fastener / Special fastener	Fixation sur plan
Non-threaded fastener	Fixation non filetée
Non-threaded shank (with) /Partially threaded	Fileté partiellement
Norm - standard	Norme
Normal distribution	Loi normale
Normal series	Série normale (surplat, rondelle N)
Nose assembly	Embout (de rivetage)
Notch / Bead	Encoche
Notch effect	Effet d'entaille
NPD (No Performance Determined)	NPD (aucune performance déterminée)
NSS Neutral Salt Spray	BS Brouillard Salin neutre
Nut	Écrou
Nut pitch thread	Pas d'écrou
Nut with captive washer / Nut and washer assemblies	Écrou à rondelle imperdable
Nut-face / Under-head friction	Frottement sous tête
O	
Ogival	Ogival
Oil	Huile
Oil bath	Bain d'huile
Open end blind rivet	Rivet aveugle à corps ouvert
Operating sheet	Gamme de fabrication
Optional	Facultatif
Ore	Minerai
O-ring	Joint torique
Outlet (device) / Exhaust system	Évacuation
Out-of-roundness / Run-out	Excentricité
Outside diameter	Diamètre extérieur
Oval	Bombée (tête fraisée)
Oval half dog point	Bout ogival
Oval head screw	Vis à tête fraisée bombée
Oven / Furnace	Four
Overthickness	Surépaisseur
Oxidation / Oxidizing	Oxydation
Oxidized	Oxydé
Oxygen	Oxygène
P	
(To) plan	Planifier
Packaging	Conditionnement / Emballage
Pan head	Tête cylindrique bombée large
Pan head screw	Vis à tête cylindrique bombée large
Parallel pin	Goupille cylindrique
Parallelism	Parallélisme
Part / Component / Piece	Pièce
Part number	Référence de pièce
Partial decarburization	Décarburation partielle
Partially threaded / with non-threaded shank	Fileté partiellement
Particular / Special	Spécial
Passivating	Passivation (procédé)
Passivation layer	Passivation / Couche de passivation
Passivity for stainless steel	Passivité de l'acier inoxydable
Patent	Brevet d'invention
Patent pending	Brevet déposé
Penetration depth	Enfoncement
Performance / Functional property	Caractéristique fonctionnelle
Periodical audit	Audit périodique
Periodical control	Vérification périodique
Perpendicularity / Squareness	Perpendicularité
Phillips ® (cross recess H)	Phillips ® (empreinte cruciforme H)
Phosphate coating	Phosphatation (Revêtement)
Phosphating	Phosphatation (procédé)
Phosphorus	Phosphore

Pickling	Décapage chimique
Pickling / Stripping	Décapage
Pickling bath	Bain de décapage
Pickling, stripping	Décapage
Piece / Part / Component	Pièce
Pierce-nut / Clinch nut	Écrou à sertir
Piercing screw	Vis à sertir
Pilot point	Bout pilote
Pin	Goupille
Pipe / Hose	Gaine
Pitch / Thread pitch / Pitch of the thread	Pas du filetage
Pitch diameter (thread)	Diamètre à flanc de filet
Pitch thread	Pas de vis
Pitting (surface defect)	Piqûre (défaut de surface)
Pitting corrosion	Corrosion par piqûres
Pivot	Pivot
Plain hardened washer	Rondelle plate trempée
Plain rivet / Solid rivet	Rivet plein
Plain washer	Rondelle plate
Plain washer with chamfer	Rondelle plate chanfreinée
Plan (to)	Planifier
Plastic clip	Clip / Agrafe plastique
Plastic deformation	Déformation plastique
Plastic elongation	Allongement plastique
Plastic range	Domaine plastique
Plastic range tightening	Serrage dans le domaine plastique
Plate	Coupelle
Plate / Sheet	Tôle
Plating	Plaquage
Plug	Bouchon
Point (of a bolt, screw, stud)	Extrémité / Bout (d'une vis)
Pointing	Appointage
Polish (to) / Burnish (to)	Polir (brunir)
Polishing	Polissage
Polyamide	Polyamide
Post-treatment	Post-traitement
Potassium dichromate	Bichromate de potassium
Power	Puissance
Pozidriv ® (cross recess Z)	Pozidriv ® (empreinte cruciforme Z)
PPM	PPM
Precoated screw	Vis pré-enduite
Pre-heat treated steel	Acier prétraité
Preload (pretension)	Précharge
Preloaded	Précontraint
Press	Presse
Prestressing	Précontrainte
Pre-tightening torque	Couple d'accostage
Pre-treatment	Prétraitement / Préparation de surface
Prevailing torque	Couple d'autofreinage
Prevailing torque locking fastener	Fixation s'opposant au dévissage
Prevailing torque type all metal nut	Écrou autofreiné tout métal
Prevailing torque type nut	Écrou autofreiné
Prevailing torque type nut with flange	Écrou autofreiné à embase
Prevailing torque type nut with non-metallic insert	Écrou autofreiné à anneau non métallique
Prevalling torque flange nut	Ecrou autofreiné à embase
Prising action	Effet de levier
PRISMEFIX Fastener distributors French association	PRISMEFIX Association française des distributeurs de fixations
Probability of acceptance (Pa)	Probabilité d'acceptation (Pa)
Process capability	Capabilité du processus
Product grade (tolerance)	Grade (tolérance)
Product standard	Norme de produits
Production flow	Flux de production
Production plant	Centre de production
Production run	Campagne de fabrication
Production sequence	Cycle de production
Profile	Profil
Proof load	Charge d'épreuve
Proof load test	Essai de charge d'épreuve
Proof load test – tensile test	Essai de traction
Property (characteristic)	Caractéristique (propriété)
Property class (UK) / grade	Classe de qualité
Protection	Protection
Protection against corrosion / Corrosion prevention	Protection contre la corrosion
Prototype	Prototype
Protruding head (blind rivet)	Tête plate ou bombée (rivet aveugle)
Pull mandrel (blind rivet)	Tige de traction (rivet aveugle)
Pull through mandrel (blind rivet)	Tige perdue sans amorce de rupture (rivet aveugle)
Pulley	Poulie
Pulley screw	Vis de poulie
Pull-together	Accostage
Punch	Poinçon
Punchasing tool	Outillage de frappe
Punching	Découpage (par poinçon)
Punching die	Matrice de poinçonnage
Purchase	Achat
Purchase (to)	Acheter
Purchaser	Acheteur (client)
Pure	Pur
Pushbutton	Bouton poussoir

Q

Quality	Qualité
Quality assurance	Assurance qualité
Quality control	Contrôle qualité
Quality level	Niveau de qualité
Quality monitoring	Suivi de la qualité
Quality target	Objectif qualité
Quantity	Quantité
Quarter	Quart
Quench crack	Tapure de trempe
Quenched and tempered	Trempé et revenu
Quenching	Trempe
Quenching temperature	Température de trempe
Quotation / Quote	Cotation

R

Rack coating	Attache (Revêtement à l'attache)
Radius	Rayon
Raised	Bombée (tête de vis)
Raised cheese head (GB)	Tête cylindrique bombée
Raised cheese head screw	Vis à tête cylindrique bombée
Raised countersunk (oval) head screw	Vis à tête fraisée bombée
Raised countersunk head / Countersunk oval head	Tête fraisée bombée
Range	Plage
Ratio	Ratio
Ready-for-use wire	Fil PAE (Prêt A l'Emploi)
Recarburization	Recarburation
Recess / Socket / Internal drive	Empreinte (entraînement interne)
Recycling	Recyclage
Red rust	Rouille rouge - Oxydation chimique
Reduced loadability	Capacité de charge réduite
Reduced shank	Tige réduite
Reduced shank bolt	Boulon à tige réduite
Reducing sleeve	Manchon réducteur
Reduction of area	Striction
Reduction of area after fracture	Striction après rupture
Reel wire	Bobine d'acier (fil-machine)
Referee test	Essai faisant foi en cas de litige
Reference standard	Norme générale
Reference test	Essai de référence
Refractory	Réfractaire
Regular nut (style 1)	Écrou normal (style 1)
Regulation	Réglementation
Reinforced / Strengthened	Renforcé
Reject (to)	Rebuter / Rejeter
Relaxation	Relaxation - Détente
Release (to)	Desserrer (annuler la tension)
Reliability	Fiabilité
Removable	Détachable
Removal / Loosening	Dévissage / Desserrage
Removal of chips	Évacuation des copeaux
Remove (to) / Unscrew (to)	Dévisser
Request for quotation / Enquiry / Inquiry	Demande de prix
Requirement	Exigence
Research	Recherche
Residual load	Force résiduelle
Resin	Résine
Resistance / Strength	Résistance
Resistor	Résistance (électricité)
Respect of the sizes	Respect des cotes
Resulphurized steel	Acier resulfuré
Retaining ring	Anneau d'arrêt / Circlip
Retaining rings	Circlips
Retightening	Resserrage
Retouching work / Finishing operation	Retouche
Right-hand pitch	Pas à droite
Right-hand thread	Filetage à droite
Rigidity / Stiffness	Raideur / Rigidité
Rim	Pourtour
Rinsing	Rinçage
Rivet	Rivet

Rivet (to)	Riveter
Rivet length	Longueur du corps du rivet
Rivet nut	Ecrou à sertir
Rivet setting load	Force de rivetage
Rivet shank	Fût du rivet
Riveting / Rivet setting	Rivetage
Robotized set-up	Montage robotisé
Rockwell hardness	Rockwell (dureté)
Rockwell test	Rockwell (essai) ®
Rod wire	Fil machine
Rolled thread	Filetage par roulage
Roller finishing	Galetage
Rolling	Laminage - Roulage
Root radius	Rayon à fond de filet
Rotary rolling machine	Machine de roulage rotative
Rotary transfer machine	Machine à transfert rotatif
Rotation per minute (rpm)	Tour/minute
Roughness	Rugosité
Roughness measurement	Mesure de rugosité
Roughness tester	Rugosimètre
Round collar	Arrondi sous tête
Round die / Knurling wheel	Molette
Round head	Tête ronde
Round head screw	Vis à tête ronde
Round Robin test	Essais croisés
Round washer with square hole	Rondelle plate à trou carré
Rounded	Arrondi
Rounded end	Bout bombé (extrémité de vis)
Roundness / Circularity	Circularité
Row material	Matière première
Rubber	Caoutchouc
Run-out / Out-of-roundness	Excentricité
Run-out tolerance	Battement (tolérance de)
Rust	Rouille
Rusted	Rouillé

S

Safety factor / coefficient	Coefficient de sécurité
Safety part	Pièce de sécurité
Salt atmospher, salt spray	Brouillard salin
Salt spray resistance	Résistance au brouillard salin / Tenue au brouillard salin
Salt spray test (NSS)	Brouillard salin neutre (Essai BS)
Sample / Sample part	Échantillon (prélèvement)
Sample size	Effectif de l'échantillon
Sampling	Échantillonnage
Sampling inspection	Contrôle par prélèvement
Sampling plan	Plan d'échantillonnage
Sand blasting	Sablage (nettoyage)
Scale	Calamine
Scale	Échelle
Scattering / Variation	Dispersion
Scrap / Crop end	Chute
Scrape point	Bout autonettoyeur
Screw	Vis (à tôle, autotaraudeuse ...)
Screw (to) / Tighten (to)	Visser
Screw driver	Embout (de vissage) / Tournevis
Screw driving machine	Visseuse
Screw fitting / Male fitting	Vis raccord
Screw for wood panel / Chip board screw	Vis pour panneaux de particules
Screw plug gauge	Tampon fileté
Screw thread	Filetage cylindrique
Screw with adhesive	Vis avec enduction
Screw with clamp washer	Vis à étrier
Screw with non-metallic insert	Vis à insert non-métallique
Screw with patch	Vis avec patch
Screwed socket	Manchon fileté
Screwing socket	Douille de vissage
Screws	Visserie
Seal	Joint
Sealant	Finition « sealer »
Sealing	Étanchéité
Sealing ring / Gasket	Joint d'étanchéité
Seam and lap (raw material)	Ligne, paille, repliure de laminage
Seam welding	Soudage par bossages
Secondary operation	Reprise
Second-operation machine	Machine de reprise
Section (drawing)	Coupe
Seize (to)	Gripper
Seizing / Jamming	Grippage
Self forming screw	Vis auto-formeuse
Self rolling screw	Vis auto-foreuse
Self tapping screw	Vis auto-taraudeuse
Self-cleaning nut	Écrou autonettoyeur
Self-cutting screw	Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière
Self-drilling point	Bout autoperceur
Self-drilling screw	Vis autoperceuse
Self-passivation	Auto-passivation
Semi-filled core (blind rivet)	Corps de rivet aveugle à tête de tige retenue
Semi-finished product	Produit semi-fini
Semi-tubular rivet	Rivet semi-tubulaire
Sems	Vis à rondelle imperdable
Sensor	Capteur
Sequence	Station (étape)
Sequence of operations	Gamme d'opérations
Series production	Fabrication en série
Series production part	Pièce série
Serrated washer	Rondelle striée
Set / Crimp	Sertir
Set screw	Vis sans tête / Vis de réglage
Set up / Fixture / Assembly	Montage / Installation
Setting	Assemblage (mise en place)
Setting / Adjustment	Réglage
Setting tool	Outil de pose
Shaft	Arbre
Shank	Tige
Sharp	Pointu
Sharp edge / Sharp angle	Angle vif
Sharpening	Affûtage
Sharpening machine	Affûteuse
Shear	Cisaillement
Shear burst	Fissure de cisaillement
Shear strength	Résistance au cisaillement
Shear test	Essai de cisaillement
Shearing (cutting)	Cisaillement
Shearing strenght	Résistance au cisaillement
Sheet / Plate	Tôle
Sherardization	Shérardisation
Shortening delivery time	Réduction des délais
Shot blasting / Shot penning	Grenaillage
Shoulder	Épaulement
Shoulder screw	Vis à épaulement
Silver	Argent
Silver plating	Argenture
Single bolting assembly lot	Lot d'ensemble univoque
Single coil washer	Rondelle Grower (simple spire)
Single coil washer with tang ends	Rondelle Grower à becs simple spire
Single spindle automatic lathe	Monobroche (tour)
Single-end stud	Goujon
Sintering	Frittage
Size / Dimension	Dimension / Cote
Sizing / Calculation	Calcul (dimensionnement)
Sleeve / Bushing	Manchon
Slide-rail / Slide	Glissière
Sliding bracket	Vé coulissant
Slip coefficient	Coefficient de glissement
Slippage	Glissement
Slipper dip	Bain de trempe
Slope / Tilt-angle	Inclinaison
Slot	Rainure (fente)
Slot (to) / Split (to)	Fendre
Slot (with) / Slotted	Fente (à)
Slotted / Split	Fendu
Slotted cheese head screw	Vis à tête cylindrique fendue
Slotted round nut	Écrou (cylindrique) à encoche
Slotted spring pin	Goupille élastique
Slug / Loop	Lopin
Small series	Série étroite (rondelle S)
Small series (width across flats)	Surplat réduit
Smooth	Lisse
Smooth spacer	Entretoise lisse
Soaking	Chambrage
Socket / Bush	Douille
Socket head cap	Tête CHC ("Cylindrique Hexagonale Creuse")
Socket head cap screw	Chc
Socket screw (socket cap screw)	Vis à six pans creux
Soft	Tendre (matériau)
Soft annealing	Recuit d'adoucissement
Softening	Adoucissement
Solid rivet / Plain rivet	Rivet plein
Soluble oil	Huile soluble
Sort (to)	Trier
Sorting	Tri
Spacer / Distance sleeve / Distance tube	Entretoise
Spare	Rechange (de)
Spare part	Pièce de rechange / Pièce détachée

Special / Particular	Spécial
Specimen / Test piece	Éprouvette
Spectrometry	Spectrométrie
Speed	Vitesse
Sphere	Sphère
Spheroidizing	Recuit globulaire
Split pin	Goupille fendue
Spot-welding	Soudage par points
Spray coating	Revêtement par pulvérisation
Spring	Ressort
Spring pin	Goupille élastique
Spring washer	Rondelle élastique
Spur gear / Spur pinion	Pignon droit
Square head	Tête carrée
Square head bolt	Vis à tête carrée
Square neck (with)	Collet carré (à)
Square nut	Écrou carré
Square taper washer	Plaquette oblique
Square washer	Plaquette (rondelle carrée)
Squareness / Perpendicularity	Perpendicularité
Stainless	Inoxydable
Stainless steel	Acier inoxydable
Stamping	Emboutissage / Estampage / Matriçage
Standard	Norme
Standard	Standard
Standard (gauge) measure	Étalon (mesure)
Standard deviation	Écart-type
Standard fastener	Fixation standard
Static	Statique
Static load	Effort statique
Statistical process control (SPC)	Contrôle statistique du procédé (SPC)
Steel	Acier
Steel grade	Nuance d'acier
Steel mill	Aciérie
Steel pellet	Grenaille d'acier
Steel sheet	Tôle d'acier
Stick-slip	Micro-grippage
Stiffness / Rigidity	Raideur / Rigidité
Stop	Butée
Stop face	Lamage
Stop screw	Vis de butée
Stop washer	Rondelle autobloquante
Storage	Stockage
Straightening	Redressage
Straightness	Rectitude
Strain / Distortion / Deformation	Déformation
Strain gauge	Jauge de déformation
Strain, stress	Effort - Contrainte
Stream of process	Chaîne de processus
Strength / Resistance	Résistance
Stress (strain)	Contrainte
Stress / Fatigue	Fatigue
Stress area / Cross-sectional area	Section résistante
Stress area in the thread (As)	Section résistante dans le filetage (As)
Stress at 0,0048d non-proportional elongation, Rpf (on full size product)	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048d, Rpf (sur produit entier)
Stress at 0,2 % non-proportional elongation, Rp0,2 (on specimen)	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, Rp0,2 (sur éprouvette)
Stress corrosion	Corrosion sous contrainte
Stress under proof load	Contrainte à la charge d'épreuve
Strip	Feuillard
Stripping	Décapage mécanique
Structural bolting	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte
Structural rivet	Rivet de structure
Structural steel	Acier de construction
Stud	Goujon & tige fileté
Stud (fully threaded)	Bout fileté (tige filetée courte)
Stud with undercut	Goujon avec gorge
Stud-bolt	Goujon
Style (nut height)	Style (hauteur d'écrou)
Sub-assembly / Subsystem	Sous-ensemble
Substance / Matter	Substance
Substrate	Substrat
Subsystem / Sub-assembly	Sous-ensemble
Sulphur	Soufre
Sulphuric acid	Acide sulfurique
Supplier	Fournisseur
Supplier drawing	Plan fournisseur (dessin)
Supplier follow-up	Suivi fournisseur
Supplier plan	Plan fournisseur (organisation)
Supplier quality capability assessment	Évaluation aptitude qualité fournisseur
Supplier trademark	Sigle fournisseur
Supply (to)	Approvisionner
Support	Appui
Surface (Significant surface)	Surface significative
Surface coating	Revêtement de surface
Surface decarburization	Décarburation superficielle
Surface discontinuity	Défaut de surface
Surface finish / Surface condition	État de surface
Surface grinding	Rectification plane
Surface hardness	Dureté superficielle
Surface treatment / Surface coating	Traitement de surface
Symmetry	Symétrie

T

Tap	Taraud
Tap (to)	Tarauder
Tap drill hole	Avant-trou
Taper / Cone	Cône
Taper pin	Goupille conique
Taper washer	Cale oblique
Tapered (pin)	Conique (goupille)
Tapered screw thread	Filetage conique
Tapped hole	Taraudage (dans une pièce) / Trou taraudé
Tapping machine	Taraudeuse
Tapping screw	Vis à tôle
Target value	Valeur cible
Technical centre for mechanical engineers	CETIM CEntre Technique des Industries Mécaniques
Technical requirement	Exigence technique
Technical specification	Cahier des charges (CDC)
Teeth	Denture
Temperature variation	Variation de température
Tempered	Adouci
Tempered steel	Acier doux
Tempering	Revenu
Tempering	Revenu
Tempering temperature	Température de revenu
Temporary protection	Protection temporaire
Tensile / Strain	Traction / Tension
Tensile load	Effort de traction
Tensile strength	Résistance à la traction
Tensile stress	Contrainte de traction
Tensile test	Essai de traction
Tenth	Dixième
Test (to)	Essayer
Test / Testing	Essai
Test bench	Banc d'essai
Test method	Méthode d'essai
Test piece / Specimen	Éprouvette
Test report	Rapport d'essai
Test report 2.2	Relevé de contrôle 2.2
Test run	Campagne d'essais
Test tube	Eprouvette
T-head	Tête marteau
T-head bolt	Vis à tête marteau
Thead locking adhesive	Frein-filet
Theoretical value	Valeur théorique
Thermal conductivity	Conductivité thermique
Thermal shock	Choc thermique
Thermal strain	Fatigue thermique
Thick	Massif (épais)
Thickness	Épaisseur
Thickness (Coating average thickness)	Épaisseur moyenne (Revêtement)
Thickness (Coating local thickness)	Épaisseur locale (Revêtement)
Thickness (Coating minimum local thickness)	Épaisseur locale minimale (Revêtement)
Thickness (Coating reference thickness)	Épaisseur de référence (Revêtement)
Thickness (Coating total thickness)	Epaisseur totale (Revêtement)
Thin nut (style 0)	Écrou bas (style 0)
Thousandth	Millième
Thread	Filet
Thread / Screw thread	Filetage
Thread crest	Sommet de filet
Thread damage	Choc sur filet
Thread flank	Flanc de filet
Thread forming screw	Vis autoformeuse / Vis autotaraudeuse par déformation
Thread friction	Frottement dans les filets
Thread lap	Replis (dans les filets)
Thread length	Longueur filetée
Thread locking	Frein-filet
Thread locking adhesive	Frein-filet par enduction
Thread ring gauge	Bague filetée
Thread rod	Bout fileté
Thread rolling	Roulage (des filets)
Thread rolling machine	Rouleuse / Machine à fileter
Thread root	Fond de filet
Thread run-out	Raccordement filetage/partie lisse (vis) / Filet incomplet

Thread stress diameter	Diamètre équivalent
Thread stripping	Arrachement des filets / du filetage / Foirage des filets
Thread tolerance class	Classe de tolérance de filetage
Threaded	Fileté
Threaded cone point	Bout pointu fileté (vis à tôle)
Threaded fastener	Fixation filetée
Threaded gauge	Calibre fileté
Threaded insert	Insert fileté
Threaded rod	Tige filetée
Threaded spacer	Entretoise taraudée
Thread-forming	Autotaraudage
Threading tool	Matrice de filetage / Peigne de filetage / Outil à fileter
Threated rod	Tige filetée
Three sigma (3s)	Trois sigmas (3s)
Through hole	Trou débouchant
Tie rod	Goujon
Tighten (to) / Clamp (to) / Hold (to)	Serrer
Tightening	Assemblage (par vissage)
Tightening / Screwing	Vissage / Serrage
Tightening accuracy	Précision de serrage
Tightening test	Essai de vissage
Tightening tool	Outil de serrage
Tightening torque	Couple de serrage
Tightenning	Vissage
Tin	Etain
Tin plating	Étamage
Titanium	Titane
Tolerance / Deviation / Allowance	Tolérance / Écart
Tolerance range	Intervalle de tolérance
Ton	Tonne
Tonnage	Tonnage
Tool	Outil
Tool change	Changement d'outillage
Tool clearance	Espace nécessaire pour l'outil de pose
Tool mark	Marque d'outil
Tool wear	Usure (outillage)
Tool-holder	Porte-outil
Tooling	Outillage
Toothed lock washer	Rondelle à dents chevauchantes / Rondelle éventail ®
Top coat	Filmogène
Torque	Couple
Torque tightening	Serrage au couple
Torque wrench (Digital reading)	Clé dynamométrique
Torque/angle tightening method	Serrage à l'angle (méthode)
Torque/clamp force relationship	Relation couple/tension
Torquea	Couple
Torsion / Twisting	Torsion
Torsion bar	Barre de torsion
Torsional strength	Résistance à la torsion
Torsional stress	Contrainte de torsion
Torsional test	Essai de torsion
Torx recess	Torx (empreinte) ®
Total decarburization	Décarburation totale
Toughness	Ténacité
Trace number	Numéro de traçabilité
Traceability	Traçabilité
Traction	Traction
Trademark	Marque (du fournisseur)
Transfer machine	Machine transfert
Trapezoidal (thread)	Trapézoïdal (filetage)
Treatment	Traitement
Tribology	Tribologie
Trimming die	Matrice de découpage
Trivalent chromium Cr(III)	Chrome trivalent Cr(III)
Truncated cone point	Bout pilote cylindro-tronconique / Bout tronconique
Tubular rivet	Rivet tubulaire
Tungsten carbide	Carbure de tungstène
Turn (to) / Machine (to)	Décolleter
Turn / Rotation	Rotation
Turn to the nut method	Serrage à l'angle (méthode)
Turning / Bar-turning / Machining	Décolletage
Turning tool	Outil de décolletage / Outil de tournage
Two-start thread	Double filet
Two-stroke press	Presse double frappe

U

(To) unscrew	Dévisser
Ultimate shear load	Charge de cisaillement à la rupture
Ultimate tensile load	Charge de rupture en traction
Ultimate tensile strength	Résistance à la rupture en traction
Ultrasonic control method	Contrôle par ultrasons
Ultra-sound	Ultrason
Undercut	Gorge de dégagement
Underhead	Sous-tête
Underhead friction	Frottement sous tête
Underhead radius	Rayon sous tête de vis
Uniform	Uniforme
Union nut / Female fitting	Écrou raccord
Unit	Unité
Unit inspection	Contrôle unitaire
UNM Standardization office for mechanical engineering	UNM Union de Normalisation de la Mécanique
Unoiling	Deshuilage
Unsetting	Dessertissage
Unthreaded shank (bolt, stud)	Partie lisse / Tige (vis, goujon)
Untighten (to) / Loosen (to)	Dévisser / Débloquer / Desserrer
Untightening / Loosening	Desserrage
Upsetting	Refoulement
User (Customer)	Utilisateur

V

Value analysis	Analyse de la valeur
Valve	Clapet / Soupape
Vibration	Vibration
Vibratory bowl-feeder	Bol vibrant
Vickers hardness	Dureté Vickers
Viscosity	Viscosité
Visual inspection	Contrôle visuel
Void	Manque de matière

W

Waisted shank	Tige très réduite (fût élégi)
Washer	Rondelle
Washer / Collar	Collerette
Washer face (under bolt head)	Collerette (sous tête de vis)
Washer with external teeth	Rondelle à dents extérieures espacées
Washer with internal teeth	Rondelle à dents intérieures espacées
Washer with teeth	Rondelle à dents espacées
Washer with teeth	Rondelle à dents non chevauchantes
Washing	Lavage
Waste	Rebut
Wedge	Cale biaise
Wedge tensile test	Essai de traction avec cale biaise
Weigh (to)	Peser
Weighing	Métrologie
Weight	Poids
Weight (Coating weight)	Poids de couche
Weld (to) / Solder (to)	Souder
Weld nut	Écrou à souder
Weld screw	Vis à souder
Weld stud	Goujon à souder
Weldability	Soudabilité
Welding	Soudage
Welding boss	Protubérance à souder
Wheel bolt	Vis de roue
Wheel nut	Écrou de roue
White corrosion	Oxydation blanche
White rust	Oxydation blanche – Rouille blanche
Width	Largeur
Width across corners	Surangle
Width across flat	Cote sur plat – Sur plats
Wing nut	Écrou à oreilles / Écrou à ailettes
Wing screw	Vis à oreilles
Wire	Fil / Fil machine
Wire preparation	Préparation du fil
Wiring harness	Faisceau de câbles
Wood screw	Vis à bois
Workpiece	Pièce usinée
Worm screw / Endless screw	Vis sans fin
Wrench	Clé
Wrenching (tightening)	Serrage (outillage)
Wrought copper alloy	Alliage cuivre corroyé

Y

Yield	Élasticité
Yield load controlled tightening	Serrage à la limite élastique
Yield strength / Yield point / Yield limit	Limite d'élasticité
Yield stress	Contrainte d'élasticité

Z

Zero defect	Zéro défaut
Zinc	Zinc
Zinc electroplating	Électrozingage
Zinc flake coating	Revêtement de zinc lamellaire
Zinc plating	Zingage
Zinc thermal diffusion coating	Revêtement de zinc par diffusion thermique
Zinc-Nickel	Zinc-Nickel

27 Environnement et législation

27-1

Document	Titre	Description
Arrêté du 20 Janvier 1995	Application des normes et règles de mise sur le marché	Obligation d'application des normes et règles de mise sur le marché des boulons vis goujons écrous et ce par référence aux normes européennes en vigueur
Arrêté du 24 Avril 2006	Produits de construction métallique aptes à la précontrainte	Application à certains boulons de construction métalliques concernant l'aptitude à l'usage
Arrêté du 6 Mars 2008	Produits de construction non précontraint	Application à certains boulons de construction métalliques concernant l'aptitude à l'usage
Arrêté du 16 Février 2010	Modifications portant sur le décret 8 juillet 1992	Liste des produits concernés
Règlement du 9 Mars 2011	Règlement du parlement européen et du conseil n° 305/2011	Conditions de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CE du conseil de l'Union européenne
Décret du 27 Décembre 2012	Décret n° 2012-1489 pour exécution du règlement n° 305/2011	Conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du conseil
Directive 2000/53/CE	Véhicule hors d'usage	Prévention et réutilisation des véhicules hors d'usage
Directive 2002/95/CE	Limitation de l'utilisation de certaines substances	Substances déclarées dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (ROHS)
Directive 2011/65/UE	Limitation de l'utilisation de certaines substances	Substances déclarées dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (ROHS2)
Directive 2011/65/EU Amendement 2015/863	Limitation de l'utilisation de certaines substances	Substances déclarées dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (ROHS3)
Eurocode 1	Actions sur les structures	Principes généraux de calcul et de chargement des structures
Eurocode 2	Calcul des structures en béton	Principes généraux de calcul des structures bétons
Eurocode 3	Calcul des structures aciers	Principes de calcul des structures aciers
Eurocode 4	Calcul des structures mixtes acier-béton	Principes de calcul des structures mixtes
Eurocode 5	Calcul des structures en bois	Conception et calcul
Eurocode 6	Calcul des ouvrages en maçonnerie	Règles générales de conception et méthode de calcul
Eurocode 7	Calcul géotechnique	Règles générales et reconnaissance des terrains et essais
Eurocode 8	Calcul des structures	Résistances aux séismes
Eurocode 9	Calcul des structures	Alliages aluminium

28 Index

A

A2
66–73, 177

A2-70
67–68, 407–408

A4
66–73, 177

A4-70
68, 354, 357, 367–368, 407–408

A4-80
271, 357, 368, 407–408

Abrasion
52, 226, 229, 251–252, 333

Acier
33–34, 44, 48–50, 57–70, 394

Acier allié
129, 159, 342, 405, 426

Acier austénitique
172-175, 426

Acier doux
112, 193, 322, 426

Acier ferritique
67, 172–173, 426

Acier inoxydable
55, 68–73, 171, 176, 270–273, 394

Adhérence
29–30, 426

Adouci
50, 426

AFFIX
333, 338, 426, 427

AFNOR
39, 205, 285, 342–351, 426

Ajustement
211, 219, 383–385, 387, 426

Alésage
213–215, 383, 385, 387, 426

Alliage
46, 71, 74–77, 228, 427

Allongement
126, 142, 157–158, 202, 427

Aluminium
46–47, 54, 59, 74–75, 77

Ancrage
21, 312–317

Anode
46–47, 224, 225, 251, 427

Arbre
383, 385, 387, 417–418, 427

Argent
225, 228, 233, 235–237, 427

Assemblage
10–27, 102, 262, 283–284, 319-329

ASTM
58, 63, 70–73, 243, 427

Attache
230, 326

Austénite
32, 48, 64, 427

Austénitique
55, 64, 67–71, 172, 174, 426

Austénitisation
34, 55, 428

Austéno-ferritique
64, 428

Autofreinage
24, 262, 264, 274, 428

B

Bainite
49, 428

Bois
7, 21, 307–311, 337, 349

Bore
50, 129, 259, 428

Boruration
50, 52, 428

Boulon
14, 21, 106–108, 282–288, 290–300

Brasage
11

Brinell
149, 196–199, 378, 409–412, 428

Brochage
91, 428

Bronze
114, 198, 428

Brouillard salin
36, 239, 244–246, 256, 428

Brunissage
250, 255, 428

BS
36, 38, 233, 250, 428

C

Carbone
32–34, 48, 66, 128–130, 159, 175

Carbonitruration
33, 50, 52, 197, 429

Cathode
224–225, 227–228, 230, 251–252, 254

Cavitation
224, 429

CE
278, 283, 285–286, 298, 312

Cémentation
33, 50, 52, 229, 429

CEN
39, 426, 429

CETIM
263, 270, 285, 300, 429

Chanfrein
87, 355, 429

Charge d'épreuve
122, 133, 143, 145–146, 162, 164-165, 168, 170

Charge de rupture
64, 136, 139–142, 144–145, 147, 169, 172

Charpy
194–195, 435

Choc thermique
38, 429

Chromage
8, 250–252, 429

Chromatation
239, 256, 429

Chrome
7, 35–36, 51, 64–67, 253

Chrome hexavalent
233, 239–240, 256, 260, 430

Chrome trivalent
233, 259, 430

Chromisation
51–52, 229, 430

Circlips
25, 34, 361, 430

Cisaillement
30, 99–100, 102, 135, 174, 186

Classe de qualité
152, 154, 160-163, 166-167, 169-170, 174-175, 177, 394

Clavetage
417, 430

Clavette
417–418, 430

Clinchage
10, 430

Clip
26, 326, 430

Coefficient de frottement
30, 200–201, 264, 272–273, 430

Collage
11, 323, 430

Compression
83, 102, 182, 185, 192, 262

Conductibilité
254–255, 260, 272, 430

Conductivité thermique
406, 408, 430

Contrainte
29, 113, 183, 262–263, 266

Contrainte admissible
263, 430

Contrôle
136, 151, 154, 164, 269, 336, 419, 423

Corrosion
35–36, 66–67, 203, 223–230, 232–256

Corrosion caverneuse
66, 225, 431

Corrosion galvanique
225, 227–228, 431

Corrosion généralisée
66, 431

Corrosion par piqûres
66, 224, 431

Corrosion sous contrainte
129, 431

Corroyé
75, 431

Couche de conversion
35, 233–235, 239–240, 243, 431

Coulée
45, 77, 161, 431

Couple de serrage
30, 102–103, 200–201, 262–266, 431

Couple/tension
182, 200–201, 263–264, 270

Coût complet
28, 102, 431

Crapautage
301–302, 304

Crique
99–100, 431

Cuivrage
250, 254, 431

Cuivre
74–76, 237, 431

D

Décarburation
34, 150–151, 432

Décolletage
6, 80, 386, 432

Découpage
80, 85–86, 91, 432

Déformation élastique
30, 184, 432

Déformation plastique
30, 76, 432

Déformée
114, 326, 432

Dégazage
34–35, 242–243, 432

Desserrage
266–267, 432

Diffusion thermique
253

DIN
39, 125, 352–368, 369–375, 433

DIN EN
39, 199, 433

DIN EN ISO
39, 199, 433

DIN ISO
199, 359–368, 433

Domaine élastique
183–184, 201, 433

Ductilité
58, 184, 433

Duplex
55, 67–68, 72–73, 426, 433

Durcissement par trempe
49, 433

Dureté
31, 149–153, 163-166, 169-170, 196–198, 409–412

E

Ecart
210, 219–220, 383, 386, 433

Echelle
150, 199, 434

Ecrou
18–19, 111–112, 159, 176, 373–374

Ecrouissage
76–77

EI
383, 433

EIFI
333, 337, 434

Elasticité
184, 434

Electrolyse
35, 230, 258, 434

Electrolytique
35, 37, 232, 254, 254

Embout
393, 434

Emboutissage
59, 85–86, 434

Endurance
434

Essai de traction
30, 138, 183–184, 435

Estampage
88, 435

Etain
35, 228, 237, 435

Etamage
250, 255, 259, 435

Etiquetage
41, 435

Eurocode
278, 300, 309, 470

Extrusion
83, 435

F

Fabrication additive
97–98, 435

Fatigue
182, 192–193, 202–204, 436

Ferrite
48–49, 436

Ferritique
55, 64, 67–68, 174-175, 426

Fiabilité
267, 436

Fibrage
88, 184, 436

Fil machine
82, 436

Filage
83, 436

Filetage
94–96, 167–170, 205, 207–218, 220–221

Filetage à gauche
156, 167, 436

Filetage partiel
308–310, 436

Filetage total
308, 436

Filière
44, 82, 436

Filmogène
36, 234, 436

Flambage
102, 185, 436

Flèche
121, 122, 191, 437

Flexion
191–194, 102, 182, 194, 202

Fluage
64, 437

Fonderie
75, 437

Fonte
44, 58, 198, 409, 437

Forgeage
88, 99, 437

Formulateur
35, 233, 244–245, 272, 437

Four
34, 44–45, 437

Fragilisation par l'hydrogène
34–35, 203, 241–243, 437

Fragilité de revenu
50, 437

Fraisage
90, 122, 437

Fraisée
108, 370, 437

Fraisure
105, 437

Frappe à chaud
80, 84, 94, 437

Frappe à froid
80, 82, 83, 94, 437

Freinage
114, 274, 275, 437

Frittage
87, 437

Frottement
29–30, 38, 50, 126, 201, 273

Fusion
44, 78, 200, 247, 304

G

Galvanisation à chaud
36, 247–248, 250, 438

Geomet
35, 244, 250, 256, 438

Glissement
29, 438

Goujon
16–17, 106, 109, 128, 313

Goupillage
350, 417, 438

Grain
32, 33, 49, 202, 438

Grenaillage
244–246, 252, 438

Grippage
261–262, 264, 266, 268, 270–274

H

HBS
124, 197, 239, 250, 307

Hexavalent
233, 239–240, 245, 256, 260

Homogénéisation
49, 92, 438

Huilage
124, 259, 438

Hydrogène
34–35, 203, 241–243

Hypertrempe
33, 438

I

Inclusion
100, 438

Inconel
124, 438

Induction
53, 84, 438

Injection
92–93, 438

Inoxydable
66–73, 171, 175–176, 270–272, 394

Insert
20, 113–114, 438

Intergranulaire
66, 69, 224, 438
ISO
39–41, 237, 337, 352–358, 369–372

J

Joule
378, 439
JS
122, 439

K

Kesternich
36, 257, 260, 439

L

Lamellaire
35, 40, 244–246, 250
Laminage
58–59, 99, 439
Lanthane
233, 236, 256, 439
Limite d'élasticité
58–60, 128, 183, 439
Limite d'endurance
51, 193, 439
Limite de fatigue
53, 439
Limite inférieure d'écoulement
128, 130–131, 174, 405, 439
Longueur filetée
21–22, 149, 153, 288, 337
Lot de fabrication
136, 285, 420, 423–424
Lubrifiant
114, 233–235, 272, 440

M

Malléabilité
184, 440
Marquage
128, 154–157, 166–167, 175
Martensite
49, 129, 440
Martensitique
55, 66–68, 72, 440
Matriçage
88, 440
Matrice
64, 83, 88–89, 244, 440
Métal de base
46, 74, 150–152, 234, 440
Métallisation
230, 250, 440
Métastable
48, 440
Micro-grippage
271, 440
Micromètre
126, 219, 384, 440
Minerai
44–46, 440
Module d'élasticité
78, 124, 179, 183, 441
Montage
28, 102, 121–122, 300, 329
Moulage
92, 441

N

Nettoyage
35, 171, 314, 441
Newton
29, 99, 378, 441
Nickel
38, 58, 63–67, 74, 237
Nickelage
250–251, 254, 441
Nitruration
51–52, 441
Nomenclature
28, 245–246, 441
Non ferreux
74–77, 198
Norme
7, 39–40, 208, 278, 342–351, 369
NQA
336, 441
Nuance d'acier
64–65, 174-175, 441
Numéro de lot
157, 285, 288, 420, 423–424

O

Oxydation
36, 65, 229, 234, 442

P

Pas d'écrou
442
Pas du filetage
96, 151, 201, 216, 442
Pas fin
128, 134–135, 159-163,168, 170, 221, 442
Pas gros
128, 132–133, 159-163, 168, 170, 172-174, 220, 442
Passivation
35, 230, 233–234, 244, 442
Pénétrateur
31, 196–199, 409–411, 442
Perçage
90–91, 106, 299, 413–414, 442
Perlite
48–49, 442
Perpendicularité
116, 442
Phillips
7, 327, 442
Phosphatation
82, 124, 229, 250, 442
Phosphate
35, 229, 233, 259, 442
Pliage
85, 442
Poids de couche
245, 258–260, 442
Polymère
11, 34, 178, 274, 442
Polymérisation
245, 254, 442
Pouce
211, 216, 380–382, 443
PPM
40, 41, 336–337, 339, 443
Précontrainte
21, 203, 278, 301, 346
Pression
59–62, 92–93, 110, 181, 382
Prévention
203, 227, 242, 443
Prix
28, 52, 97
Processus
97, 224, 337, 443
Productivité
17, 339, 443
Profil
94, 101, 207–218, 220, 443
Propriétés mécaniques
49, 55, 183, 375, 443
Protection cathodique
229, 233, 244, 245, 433
PTFE
78–79, 258, 443
Pulvérisation
11, 244–246, 250, 258–259, 443

Q

Qualité
127–128, 151–167, 174-177, 335–338, 384–385, 394

R

REACH
102, 246, 260, 443
Recristallisation
49, 55, 443
Rectification
90–91, 252–253, 443
Recuit
33, 48–49, 76–77, 443
Recuit de détente
33, 49, 444
Réfractaire
64, 113, 444
Relaxation
77, 158, 444
Résilience
31, 69, 153–154, 182, 194–195
Résine
179, 250, 294, 315, 444
Résistance à la fatigue
7, 52, 128, 203, 444
Résistance à la traction
113–115, 138, 140–147, 409–411
Résistance au cisaillement
115, 135, 174, 444
Résistance élastique
375, 376, 407, 444
Résultante
224, 251, 266, 273, 444
Retrait
93, 97, 248, 444
Revenu
32–34, 50, 54, 152, 444
Revêtement
8, 35–38, 229, 232–246, 250–255
Revêtement de surface
10, 13, 102, 227, 336
Revêtement de zinc lamellaire
40, 138, 245
Rigidité
183, 191, 445
Rivet
12–13, 305–306, 320–322, 445
Rivetage
12–13, 305–306, 320, 322, 445

Rockwell
163, 196–199, 409–412, 445

Rouille blanche
36, 233, 236, 244–245, 442

Rouille rouge
36, 235, 236, 256, 445

Roulage
94–96, 445

Rugosité
30, 113, 252, 377, 445

Rupture brutale
202–204, 445

Rupture différée
34, 35, 241, 445

Rupture ductile
202, 445

Rupture fragile
202, 445

Rupture par fatigue
192, 203, 204, 445

Rupture semi-fragile
202, 445

S

Serrage
261–264, 266–270, 282, 388, 394–404

Sertissage
10, 305, 321, 329

Shérardisation
229, 253, 446

Solution solide
48, 54–55, 446

SPC
336–337

Stick-slip
271, 440, 446

Striction
131, 146–148, 202, 376, 446

Style
111, 159–161, 163, 169, 446

Substrat
50, 232–233, 244–245, 254–255, 446

Superalliage
114, 446

Surplat
159, 169, 176, 446

T

Tapure
84, 99, 202, 446

Taraudage
20, 106, 113, 209–212, 220

Ténacité
184, 194, 446

Tension
40, 182, 200, 261–265, 270

Test de dureté
197, 428

Thermoplastique
78, 178, 180, 447

Titane
12, 64, 66–67, 230, 447

Tolérance
138, 210–215, 218, 383–384, 386

Tonneau
230, 231, 444, 447

Top coat
36, 233-236, 240, 447

Torsion
30, 153, 202, 266, 375

Tournage
90, 447

Traçabilité
285, 307, 333–334, 420, 423–424

Traction
30, 126, 138–142, 144–146, 193

Traitement électrolytique
37, 447

Traitement thermique
32–34, 48–55, 129, 160-161, 447

Traitement thermochimique
33–34, 447

Trapézoïdal
208, 218, 447

Trempabilité
32, 50, 69, 447

Trempe
32–34, 49–51, 99, 447

Trivalent
232–233, 259, 447

U

UNC
7, 205–207, 211–214, 447

UNEF
211–212, 214–215

UNF
7, 205–207, 211–212, 214, 447

UNI
39–41, 448

UNI EN
39, 448

UNI EN ISO
39, 448

Usinabilité
69, 74, 448

Usinage
78, 89–91, 386, 448

V

Vibrations
35, 122, 298

Vickers
163, 165, 196–197, 247, 409–412

Vieillissement
54–55, 332–333, 448

Vitesse de corrosion
226, 247, 448

Vrac
230–232, 244–246, 258–260, 272

W

Whitworth
7, 208, 448

Z

Zinc lamellaire
35, 40, 245, 250, 448

Zinc mécanique
35, 448

Zingage
232, 236, 250, 256, 448

Conditions générales de préconisation

1. Préambule
Les préconisations de produits que nous pouvons faire à la demande spécifique du client, pour une application donnée, et les commandes qui en découlent sont soumises sans exception, par ordre de priorité, aux conditions générales de préconisation ci-après et à nos conditions générales de vente. Elles prévalent sur toutes conditions d'achat.

2. Demande du client
Le client rédige sa demande sous forme d'un cahier des charges dont il lui appartient de vérifier l'exhaustivité et la justesse. Il précise notamment l'environnement dans lequel va être monté le produit commandé ainsi que l'utilisation à laquelle il est destiné.
Pour faciliter la transmission des informations, nous pouvons soumettre au client un relevé type d'informations techniques qu'il complétera et au vu duquel nous pourrons établir une préconisation de produits qu'il lui appartiendra de valider.
Dans la même mesure, ce cahier des charges peut être complété, ou modifié, par des données issues de calculs intermédiaires, ou par des compléments d'information, que nous pouvons échanger avec le client et dont il lui appartient au final de vérifier et d'assurer la cohérence avec les données du cahier des charges.
A la demande du client, nous pouvons établir des préconisations de produits sur la base d'informations orales ou non définies de façon exhaustives dans un cahier des charges. A défaut de validation précise et écrite de sa demande par le client, l'adéquation entre la préconisation de produit que nous établirons et l'utilisation de ce produit est de la seule responsabilité du client.

3. Préconisation de produits
C'est sur la base des contraintes et des données définies dans le cahier des charges, dans le relevé d'informations techniques et/ou dans les documents complémentaires éventuellement transmis, qu'est établie notre préconisation de produit. Le client reconnaît le caractère déterminant des informations qu'il nous transmet.
Il est rappelé par ailleurs que le client ou toute autre personne physique ou morale utilisant nos documents, est notamment responsable :
- du choix du produit,
- de la transmission à nos services de sa définition précise,
- de la recherche, de la prise en compte et du respect de l'ensemble des caractéristiques techniques du produit dans le cadre de l'utilisation qui en est faite par le client en fonction de ses besoins,
- de l'adéquation du produit avec les conditions d'utilisation et l'environnement de montage,
- de l'usage et des interprétations qu'il fait des documents qu'il consulte, des résultats qu'il obtient, des conseils et actes qu'il en déduit.

En conséquence notre responsabilité ne pourra en aucun cas être mise en cause au titre de l'un de ces motifs que ce soit dans le cadre de l'utilisation de nos documents d'information ou d'une consultation, d'une offre ou d'une commande.

4. Garantie
Nous nous efforçons de délivrer la préconisation la plus adaptée mais ne sommes en aucun cas tenus à une obligation de résultat. Dans l'hypothèse où la préconisation de produit se révélerait de notre seul fait, après examen contradictoire, inadaptée, nous nous engageons à proposer, dans la mesure où cela est possible techniquement et où nos approvisionnements le permettent, le remplacement des produits livrés par d'autres produits techniquement plus adaptés et ce dans les plus courts délais. Cet engagement constitue une limitation contractuelle de responsabilité : il n'y aura pas lieu à autre indemnité ou dédommagement pour frais de main d'œuvre, retard, préjudice causé ou tout autre motif qui pourrait être invoqué. Pour pouvoir bénéficier de ces dispositions, le client nous avisera sans retard et par écrit et fournira tous les justificatifs nécessaires.

5. Limites d'engagement
Il ne nous appartient pas de vérifier la cohérence des assemblages, le respect des contraintes, le bon montage et la bonne utilisation des produits.
Il ne pourra nous être tenu rigueur (aucune pénalité, aucune action de droit, etc.) de ne pouvoir remplir correctement notre mission de préconisation de produits si les informations qui nous sont communiquées sont insuffisantes, incomplètes, fausses ou incohérentes, notamment :
- s'il s'avère a posteriori que l'ambiance de montage, ou de fonctionnement est polluante, oxydante, irradiante ou ionisante,
- si sont révélées a posteriori des contraintes d'accélération, de vitesse, de température, d'effort dont nous n'aurions pas été informés.

Nous sommes dégagés de toute responsabilité et tout remplacement est exclu :
- si le client ou son client dévoie ou ne respecte pas les informations sur la base desquelles sont établies nos préconisations ;
- pour des incidents tenant à des cas fortuits ou de force majeure ainsi que pour ceux qui résulteraient de l'usure normale des produits, de détérioration, de défaut de lubrification, de l'utilisation de lubrifiants non adaptés, ou d'accidents provenant de négligence, défaut de surveillance ou d'entretien ;
- en cas d'utilisation défectueuse ou inappropriée des produits et notamment s'il est révélé :

a. une vitesse, une accélération de fonctionnement ou une température de fonctionnement ne respectant pas les valeurs que nous aurions préconisées à la demande du client,
b. des efforts non quantifiés dans le cahier des charges, tels que ceux engendrés par les déformations des pièces autres que le produit livré :
- les défauts de forme et de dimension des surfaces d'appui du produit,
- les dilatations différentielles des pièces autres que le produit,
- des masses en accélération, des chocs, des vibrations, etc. non quantifiées.

Le client ne doit en aucun cas procéder à une modification des produits livrés sauf à renoncer à la possibilité de remplacement.

Edition CGP-10.2 janvier 2017
(annule et remplace la précédente édition des conditions générales de préconisation).

CLAUSES DE MISE EN GARDE

Ce catalogue et toutes les photographies, textes, dessins ou schémas figurant dans ce catalogue constituent des œuvres originales protégées au titre du droit d'auteur, et sont la propriété pleine et entière de la société EMILE MAURIN, qui bénéficie des droits exclusifs qui s'y rapportent conformément aux dispositions du livre 1er du Code de la propriété intellectuelle. **Toute reproduction ou représentation, totale ou partielle, de ce catalogue, de ses pages, ou de ces photographies, textes, dessins ou schémas est INTERDITE, sauf autorisation préalable écrite et expresse d'EMILE MAURIN.**

Toutes les marques et autres signes distinctifs figurant dans ce catalogue sont la propriété pleine et entière de la société EMILE MAURIN, qui bénéficie des droits exclusifs qui s'y rapportent conformément aux dispositions du livre VII du Code de la propriété intellectuelle. **Toute reproduction, usage, apposition, imitation, modification ou altération de ces marques ou autres signes distinctifs pour des produits ou services identiques ou similaires est INTERDITE, sauf autorisation préalable écrite et expresse d'EMILE MAURIN.**

La société EMILE MAURIN se réserve le droit de poursuivre devant les juridictions françaises, et en application du droit français, tout acte de contrefaçon de ses droits de propriété intellectuelle ou tout acte de concurrence déloyale ou parasitaire qui s'appuierait sur le présent catalogue ou son contenu.

Tous les produits figurant dans ce catalogue peuvent être modifiés, substitués ou abandonnés sans préavis et sans engagement de la responsabilité d'EMILE MAURIN.

Toutes les informations afférentes aux caractéristiques générales, résistances, utilisations ou réalisations des produits, toutes les informations normatives, qualitatives, dimensionnelles, tarifaires, de poids ou de toute autre nature, toutes les reproductions de couleur, tout renseignement en général figurant dans le catalogue sont donnés à titre indicatif, non exhaustif et sans garantie d'EMILE MAURIN. De surcroît ces informations sont données sous réserves d'éventuelles erreurs typographiques, d'impression ou de toute autre nature. L'exportation des informations figurants dans ce catalogue vers les propres documents de nos clients ou de toute autre personne physique ou morale est de la responsabilité de ces derniers. Les informations figurant dans ce catalogue ne peuvent donc en aucun cas être considérées comme des éléments contractuels liant les parties ou pouvant engager la responsabilité d'EMILE MAURIN.

Le client ou toute autre personne physique ou morale utilisant nos documents, est notamment responsable :
- du choix du produit,
- de la transmission à nos services de sa définition précise,
- de la recherche, de la prise en compte et du respect de l'ensemble des caractéristiques techniques du produit dans le cadre de l'utilisation qui en est faite par le client en fonction de ses besoins,
- de l'adéquation du produit avec les conditions d'utilisation et l'environnement de montage,
- de l'usage et des interprétations qu'il fait des documents qu'il consulte, des résultats qu'il obtient, des conseils et actes qu'il en déduit.

En conséquence la responsabilité d'EMILE MAURIN ne pourra en aucun cas être mise en cause au titre de l'un de ces motifs, entre autres, que ce soit dans le cadre de l'utilisation de ce catalogue ou d'une consultation, d'une offre ou d'une commande.

Si un client ou toute autre personne physique ou morale souhaite conférer un caractère contractuel à des informations spécifiques, il doit en faire la demande écrite auprès d'EMILE MAURIN. Dans cette hypothèse seule l'acception écrite d'EMILE MAURIN vaut ce que de droit.

Toute transformation ou modification du produit livré de quelque nature qu'elle soit (traitement, revêtement, usinage, ….) effectuée par le client, par ses propres clients, par ses sous traitants, ou par toute autre personne, nous dégage de toute responsabilité concernant ce produit et concernant l'utilisation qui en est faite. S'il est démontré, après examen contradictoire, par le client, par ses propres clients, par ses sous traitants, ou par toute autre personne, que les anomalies ou les vices rendant le produit livré impropre à l'emploi ne sont pas consécutifs aux opérations de transformation ou de modification qu'il a subies, la garantie de remplacement de notre société telle qu'elle est définie dans nos conditions générales de vente, jouera, étant rappelé qu'il s'agit alors d'une limitation contractuelle de responsabilité.

Les conditions générales de vente d'EMILE MAURIN figurent page suivante.

Edition CMG-10.2 janvier 2017 (annule et remplace la précédente édition des clauses de mise en garde).

Etablissements Métallurgiques Emile Maurin, S.A.S. au capital de 5 634 784 € - 344 087 663 RCS LYON - APE 4674A - TVA FR59 344 087 663 - 60 rue du Bourbonnais - BP 9271 - 69264 LYON Cedex 09 - France / www.emile-maurin.fr

Conditions générales de vente

1) APPLICATION : Sauf stipulation contraire spécifiée par nos soins et par écrit, les commandes qui nous sont passées sont soumises sans exception aux conditions générales de vente ci-après qui prévalent sur toutes autres conditions ou document, notamment les conditions générales d'achat de l'acheteur. En conséquence, les présentes conditions générales constituent, conformément à l'article L 441-6 du Code de commerce, le socle unique de la relation commerciale entre les parties. Pour la passation des commandes, un bon de commande est communiqué à l'acheteur et comporte au recto l'intégralité des présentes conditions générales. Ainsi, l'envoi du bon de commande par l'acheteur implique l'adhésion pleine et entière de ce dernier aux présentes conditions générales. La commande est ferme et définitive une fois acceptée par nos soins, par écrit ou par courriel. Conformément à la réglementation en vigueur, nous nous réservons le droit de déroger à certaines clauses des présentes conditions générales de vente, en fonction des négociations menées le cas échéant avec l'acheteur, par l'établissement de conditions de vente particulières.

2) PROTECTION DES DONNEES PERSONNELLES DES PERSONNES PHYSIQUES : Nous mettons en œuvre des traitements de données à caractère personnel. Il s'agit des données que l'acheteur personne physique ou le représentant légal de l'acheteur fournit directement lors de la commande et/ou de la création d'un compte client (civilité, prénom et nom de famille, adresse postale, adresse de courrier électronique, numéro de téléphone, n° SIREN, n° SIRET, etc.). À tout moment, l'acheteur personne physique ou le représentant légal de l'acheteur dispose de la faculté de modifier ces informations en nous adressant une lettre recommandée avec accusé de réception. Le recueil, l'enregistrement, l'utilisation et la conservation des données ont pour finalité : la création et la gestion du compte client de l'acheteur, l'exécution et le suivi de la commande, la gestion des opérations de paiement et de livraison, la gestion de la relation avec l'acheteur, la gestion des communications et le suivi des échanges, la prospection commerciale, la gestion des demandes de droit d'accès, de rectification et d'opposition au traitement des données personnelles des personnes concernées. Les informations personnelles collectées seront conservées aussi longtemps que nécessaire pour la gestion et le suivi de la commande de l'acheteur et la gestion et le suivi d'éventuels litiges qui pourraient survenir après la commande. Les données traitées sont archivées selon les durées de prescription et de conservation légales et notamment fiscales, commerciales et comptables. Pour atteindre les finalités décrites ci-dessus et dans les limites nécessaires à la poursuite de ces finalités, les données de l'acheteur personne physique ou de son représentant légal pourront être transmises aux employés et préposés de notre société habilités à les traiter en raison de leurs fonctions. Les informations recueillies pourront également être transmises à des tiers liés à notre société par contrat pour l'exécution de tâches sous-traitées nécessaires à la gestion et au suivi de la commande, à la gestion du compte client de l'acheteur, à la gestion et au suivi des opérations de paiement et de livraison sans qu'une autorisation de l'acheteur personne physique ou de son représentant légal soit nécessaire. Dans le cadre de l'exécution de leurs prestations, les tiers n'ont qu'un accès limité aux données et ont une obligation contractuelle de les utiliser en conformité avec les dispositions de la législation application en matière de protection des données personnelles. Par ailleurs, d'autres destinataires peuvent avoir accès à tout ou partie des données personnelles selon leur degré d'habilitation et la finalité recherchée, à savoir notamment les services de police et les autorités judiciaires. Conformément aux dispositions légales et règlementaires applicables, en particulier la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés et du règlement européen n°2016/679/UE du 27 avril 2016, l'acheteur personne physique ou son représentant légal bénéficie d'un droit d'accès, de rectification, de portabilité et d'effacement de ses données (sauf si elles sont nécessaires à l'exécution du contrat, ou qu'elles sont nécessaires pour respecter les obligations légales de notre société ou constater ou exercer les droits de notre société) ou encore de limitation du traitement, ainsi que du droit de définir des directives relatives au sort de ses données après décès. Il peut également, pour des motifs légitimes, s'opposer au traitement des données le concernant et bénéficie d'un droit d'opposition à la prospection notamment commerciale. Ces droits peuvent être exercés auprès de notre société de la manière suivante : par courrier postal à l'adresse de notre siège social figurant à la fin de nos conditions générales de vente. La demande devra être accompagnée d'un justificatif d'identité. Il est également possible pour l'acheteur personne physique ou son représentant légal de formuler une réclamation auprès de la CNIL.

3) PRIX : Nos prix sont établis en fonction des conditions économiques en vigueur au jour de notre offre et sont confirmés au moment de l'acceptation de la commande définitive. Nos prix sont des prix nets, hors taxes et hors tous frais accessoires (port, frais de livraison, frais fixes de facturation, contrôles spéciaux, etc.).

4) CLAUSE D'IMPREVISION : Les parties s'engagent à tenter, en cas d'imprévision telle que définie par l'article 1307-5 du Code civil, une renégociation du contrat de bonne foi. Les parties s'interdisent tout refus de renégociation. Sont notamment visés les évènements suivants : variation du cours des matières premières, modification des droits de douanes, modification du cours des changes, évolution des législations. Par dérogation aux dispositions de l'article 1307-5 du Code civil, en cas d'échec de la renégociation, les parties s'accorderont pour résoudre amiablement le contrat. A défaut d'accord, et un mois après un courrier recommandé adressé par la partie la plus diligente à l'autre partie en faisant état, la partie lésée par le changement de circonstances pourra mettre fin au contrat.

5) POIDS ET QUANTITES : Les poids et les quantités indiqués sur nos tarifs ou catalogues sont donnés à titre indicatif et ne peuvent être invoqués pour refuser ou contester la livraison des produits. Les poids et les quantités livrés peuvent varier par rapport aux poids et quantités commandés en fonction des tolérances admises dans la profession.

6) DELAIS DE LIVRAISON : **Les délais d'exécution des commandes sont donnés à titre de simple indication et sans garantie.** En cas de dépassement, nous n'acceptons en aucun cas l'annulation de tout ou partie d'une commande en cours d'exécution ou de consentir un rabais sur le montant de la facture. Les dépassements ne peuvent en aucun cas justifier la résolution de tout ou partie de la vente et donner lieu à retenues, pénalités, compensation ou dommages et intérêts. Si nous étions amenés, à titre exceptionnel, à accepter un délai de livraison impératif, le retard dans la livraison ne pourrait donner lieu à pénalité que si le principe en a été expressément accepté au préalable.

7) APPROVISIONNEMENT : Une fois la commande ferme et définitive, l'acheteur est engagé pour la totalité des produits qu'il a commandés, y compris si des cadences de livraison ont été convenues. Les produits spécifiques sont définis comme les produits dont la commercialisation est spécifique (produits sur plan, produits consommés par l'acheteur uniquement, produits avec revêtement, etc.) aux besoins de l'acheteur. En cas de non rotation du stock de ces produits alors même que des programmes d'approvisionnement, de commande ou de livraison auraient été mis en place en accord avec l'acheteur, ce dernier s'engage à accepter la livraison du reliquat de stock de produits concernés qu'il réglera aux conditions habituelles.

8) DOCUMENTS : Toutes les informations afférentes aux caractéristiques générales, résistances, utilisations ou réalisations des produits, toutes les informations normatives, qualitatives, dimensionnelles, tarifaires ou de toute autre nature, tous les dessins, tout renseignement en général figurant dans nos catalogues, CD ROM, sites Internet, bons de livraison, confirmation de commandes ou tout autre support sont donnés à titre indicatif, non exhaustif et sans garantie de notre part, ceci sauf clause expresse de réception. De surcroît ces informations sont données sous réserve d'éventuelles erreurs typographiques, d'impression ou de toute autre nature. L'intégration des informations figurant dans nos documents, dans les propres documents de nos clients ou de toute autre personne physique ou morale, est de la responsabilité de ces derniers. Si un acheteur ou toute autre personne physique ou morale souhaite conférer un caractère contractuel à des informations spécifiques il doit nous en faire la demande écrite et seule vaut alors notre acception écrite et préalable à toute utilisation. Toutes les informations que nous diffusons et tous les produits que nous vendons sont susceptibles de modification, de substitution ou d'abandon sans préavis et sans engagement de notre responsabilité.

9) UTILISATION DES PRODUITS : Nous ne sommes pas tenus d'une obligation de conseil à l'égard de l'acheteur quant à l'adaptation du produit à ses besoins. L'acheteur ou toute autre personne physique ou morale nous consultant et/ou nous commandant des produits, est notamment responsable du choix du produit, de la transmission à nos services de sa définition précise, de la recherche, de la prise en compte et du respect de l'ensemble des caractéristiques techniques du produit dans le cadre de l'utilisation qui en est faite par l'acheteur en fonction de ses besoins, de l'adéquation du produit avec les conditions d'utilisation et l'environnement de montage et de l'usage et des interprétations qu'il fait des documents qu'il consulte, des résultats qu'il obtient, des conseils et actes qu'il en déduit. En conséquence notre responsabilité ne pourra en aucun cas être mise en cause au titre de l'un de ces motifs, entre autres, que ce soit dans le cadre de l'utilisation de nos documents d'information ou d'une consultation, d'une offre ou d'une commande.

10) LIVRAISON - TRANSFERT DES RISQUES : Sauf stipulation contraire, la livraison des produits est réalisée par leur remise directe soit à l'acheteur, soit au transporteur ou au prestataire désigné par lui ou à défaut choisi par nous et ce au départ de nos magasins ou de ceux de nos prestataires, sous-traitants ou fournisseurs. En cas d'impossibilité de livrer ou en l'absence d'instructions sur la destination, la livraison est considérée comme effectuée par un simple avis de mise à disposition, les produits étant alors facturés et entreposés, aux frais, risques et périls de l'acheteur. Le transfert des risques à l'acheteur est réalisé au moment de la livraison telle que définie ci-dessus, nonobstant le droit de réserve de propriété. Quel que soit le mode de transport employé, terrestre, maritime, fluvial, aérien ou de toute autre nature, alors même que les prix auraient été établis et les produits expédiés franco destination, ces derniers voyagent aux risques et périls du destinataire auquel il appartient, en cas de manquants, de retards ou d'avaries survenues au cours du transport, de stipuler des réserves motivées sur le bordereau de transport et d'exercer tous les recours contre les transporteurs conformément aux articles L 133-3 et L 133-4 du Code de commerce. Les produits ne sont assurés que sur instructions expresses de l'acheteur et à ses frais.

11) RETOURS : Tout retour de marchandises ne sera accepté qu'après réclamation préalable de l'acheteur et accord écrit de notre part. L'acheteur est informé du fait que nous n'accepterons les retours de produits qu'à titre exceptionnel. Nous nous réservons le droit d'opposer notre refus, sans avoir à motiver notre décision. En cas d'acceptation de notre part, les marchandises

devront être retournées dans leur emballage d'origine ou dans un emballage identique à celui de l'expédition en port payé. L'emballage devra comporter l'étiquette d'origine des produits. Décote : ces retours donneront lieu à une décote de 20% minimum pour remise en stock lorsque les marchandises peuvent être revendues en l'état. Dans le cas contraire, il sera nécessaire de procéder à un examen des marchandises afin d'établir le montant de la décote supplémentaire pour reconditionnement et remise en état du produit.

12) FRAGILISATION PAR L'HYDROGENE - OXYDATION - RESERVES : Les traitements électrolytiques pour tous les matériaux de dureté supérieure à 320 Hv peuvent entraîner une fragilisation du produit due à la présence d'hydrogène. **Attention : quelles que soient les précautions prises, la présence d'hydrogène, qui ne peut être totalement éliminée, entraîne toujours un risque de rupture différée dû à cette fragilisation et l'élimination complète de ce risque ne peut être garantie.** Il appartient à l'acheteur de déterminer si l'utilisation du produit nécessite une élimination totale du risque. Dans l'hypothèse où cette élimination est requise, l'acheteur doit utiliser ou recommander à l'utilisateur final un mode de revêtement et de préparation adapté. Pour tous les produits qui pourront être soumis par leur environnement à des phénomènes d'oxydation accélérée, l'acheteur est responsable de la détermination et du choix du produit et des conséquences de ce choix. En toute hypothèse, nous ne pourrons être tenus responsables en cas d'oxydation des produits sauf s'il est démontré le vice caché du produit.

13) GARANTIE - CLAUSE LIMITATIVE DE RESPONSABILITE : Nous sommes seulement tenus à la garantie légale des vices cachés et de non-conformité des produits à la commande. Il appartient à l'acheteur et/ou un tiers d'utiliser et d'installer les produits selon les règles de l'art, dans le respect des normes et préconisations techniques, qu'il déclare connaître. La garantie légale n'est pas due en cas d'utilisation non conforme des produits par l'acheteur et/ou le tiers. Nous ne pouvons être tenus pour responsable d'un défaut de montage, d'installation ou d'une modification du produit réalisé par l'acheteur et/ou un tiers, non plus que d'un défaut d'entretien ou d'utilisation, de la conséquence de la vétusté, ou de l'usure normale. Aucune réclamation n'est possible si l'acheteur et/ou un tiers a tenté de remédier à une éventuelle non-conformité ou vice du produit sans notre accord. De même, la présente garantie est exclue en cas de mauvaise utilisation, mise en œuvre, négligence ou défaut d'entretien des produits de la part de l'acheteur et/ou un tiers, en cas d'usure normale du produit ou de force majeure, en cas d'utilisation des produits de manière non conforme aux normes d'utilisation, ou en cas d'utilisation non conforme à la destination pour laquelle les produits ont été fabriqués. Aucune reprise de produits ne peut être exigée par l'acheteur et/ou un tiers. Il appartient à l'acheteur et/ou tout tiers de fournir tout élément justifiant la traçabilité des produits mis en cause et la réalité des vices ou non conformités constatés. L'acheteur et/ou le tiers nous laissent toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices et pour y porter remède. Nous avons la possibilité de vérifier les produits sur place ou de demander leur retour. Sous peine de déchéance du droit à la garantie tel que précédemment défini, les réclamations relatives à nos produits devront être formulées par lettre recommandée avec accusé de réception adressée à notre siège social. Aucune réclamation ne sera admise après l'emploi des produits livrés ou passé le délai de 8 jours calendaires après leur réception, pour les non-conformités ou vices apparents. A ce titre il appartient au réceptionnaire de vérifier immédiatement, à réception des produits, qu'ils ne présentent aucun de ces défauts. Dans les autres cas de défectuosité du produit livré le délai de réclamation est de 8 jours calendaires à compter de la découverte de la défectuosité. En aucun cas le retour des produits ne peut être décidé unilatéralement par l'acheteur. Tout produit retourné sans notre accord écrit est tenu à la disposition de l'acheteur et ne donne pas lieu à l'établissement d'un avoir ni à la résolution de la vente. Les frais et risques de retour des produits présumés viciés ou non conformes sont à la charge de l'acheteur. Après accord des parties sur la réalité des vices ou défauts de conformité, (signalé conformément à la procédure ci-dessus) nous pourrons procéder à notre seul choix : soit à la fourniture de produits de remplacement dans la limite des approvisionnements, soit à la fourniture de produits semblables, soit à la réparation ou à la mise en conformité des produits, éventuellement chez l'acheteur et/ou un tiers, soit à l'établissement d'un avoir. Aucune autre demande à quelque titre que ce soit n'est acceptée. En cas de préjudice direct et certain subi par l'acheteur et/ou un tiers en raison de notre fait et résultant de tout vice et/ou défaut de conformité, notre responsabilité ne pourra excéder les montants garantis figurant dans la police d'assurance souscrite auprès de la compagnie d'assurance CHUBB sous les références FRCASA44470 à savoir : responsabilité civile produits 10 000 000 € par sinistre et par année d'assurance dont dommages immatériels non-consécutifs y compris frais de retrait et frais de dépose/repose engagés par les tiers 5 000 000 € par sinistre et par année d'assurance, frais de retrait engagés par nos soins 3 000 000 € par sinistre et par année d'assurance, frais de dépose/repose engagés par nos soins 3 000 000 € par sinistre et par année d'assurance. En toute hypothèse, ces plafonds constituent une limitation contractuelle de responsabilité excluant expressément toute autre action de droit sur le fondement des mêmes motifs.

14) PAIEMENT : Sauf stipulation contraire, nos factures sont payables comptant au siège social le jour de la date d'expédition de la marchandise. Tout changement dans la situation financière ou économique de l'acheteur peut entraîner à tout moment une réduction du plafond d'encours et une adaptation des conditions de paiement. Aucun escompte n'est pratiqué pour paiement anticipé. En cas d'octroi d'un délai de paiement, le paiement sera fait par lettre de change relevé non soumise à acceptation. En cas de paiement par billet à ordre, s'il ne nous est pas parvenu dans les 30 jours qui suivent l'envoi de la facture, nous pouvons émettre une lettre de change relevé non soumise à acceptation que l'acheteur est tenu d'accepter selon les conditions prévues à l'article L 511-15 du Code de commerce.

15) DEFAUT DE PAIEMENT : Tout retard de paiement nous autorise à suspendre les expéditions et entraînera l'exigibilité immédiate de la totalité des sommes dues par l'acheteur à quelque titre que ce soit, de plein droit et sans accomplissement d'aucune formalité judiciaire. Sous réserve de toute action de droit concernant les sommes dues, tout retard de paiement ou tout report d'échéance est passible de plein droit sans qu'un rappel soit nécessaire d'intérêts de retard calculés à compter de l'échéance initiale au taux de 16%, taux qui ne pourra jamais être inférieur à 3 (trois) fois le taux d'intérêt légal. L'acheteur ne peut jamais, sous quelque prétexte que ce soit, retenir tout ou partie des sommes dues, ni opérer une compensation et s'interdit donc toute pratique illicite de débit ou d'avoir d'office. En conséquence, toute déduction du règlement des factures que nous n'avons pas expressément acceptée, constituera un incident de paiement justifiant la suspension des livraisons et la déchéance du terme de toutes les créances. Par ailleurs, en cas de retard de paiement, l'acheteur sera de plein droit débiteur à notre égard, outre des pénalités de retard déjà prévue ci-dessus, d'une indemnité forfaitaire pour frais de recouvrement de 40 €. Des frais complémentaires pourront être réclamés sur justification.

16) RESILIATION - MANQUEMENT AUX CONDITIONS GENERALES : En cas de manquement par l'acheteur aux obligations des présentes conditions générales ou du contrat et notamment en cas de retard de paiement, nous pourrons notamment soit suspendre toutes les commandes en cours, sans préjudice de toute autre voie de droit soit résilier de plein droit la commande en cause et tout ou partie des commandes en cours, qu'elles soient livrées ou en cours de livraison, et que leur paiement soit échu ou non, sans accomplissement d'aucune formalité judiciaire et sans préjudice des dommages et intérêts auxquels nous pourrions prétendre. La décision de résiliation sera notifiée par lettre recommandée avec accusé de réception. Tout acompte versé par l'acheteur nous restera acquis, sans préjudice de toutes autres actions que nous serions en droit d'intenter de ce fait à l'encontre de l'acheteur. L'acheteur devra restituer par retour les produits objets des contrats résiliés. A défaut, il pourra y être contraint en référé.

17) CLAUSE D'EXONERATION - FORCE MAJEURE : En cas de survenance d'un événement hors de notre contrôle empêchant ou retardant l'exécution de la livraison et notamment en cas de force majeure, de manque de matières premières, de difficultés imprévues dans la production, de limitation ou d'arrêt de la production, de difficultés avec les sous-traitants ou fournisseurs, de grèves, de perturbations économiques ou politiques par un événement tel que la guerre, la guerre civile, l'embargo ou encore de difficultés de transport, notre responsabilité ne pourra pas être engagée. Les délais de livraison seront allongés en conséquence. Si l'empêchement est définitif ou perdure au-delà d'un mois, nous serons en droit de résilier de plein droit le contrat, sans accomplissement d'aucune formalité judiciaire, par simple lettre recommandée avec accusé de réception.

18) CLAUSE DE RESERVE DE PROPRIETE : **Le transfert de propriété des produits livrés à l'acheteur n'interviendra qu'après le paiement intégral du prix, en principal, intérêts et accessoires et tant que toute autre créance que nous détenons sur l'acheteur à quelque titre que ce soit n'aura pas été réglée. L'inexécution par l'acheteur de ses obligations de paiement ou plus généralement tout événement de nature à créer un doute sérieux sur la bonne solvabilité de l'acheteur, nous permettra d'exiger de plein droit la restitution des produits détenus par l'acheteur. Nous avons le droit de reprendre les produits à tout moment chez l'acheteur, et à cet effet, nous sommes d'ores et déjà autorisés, ainsi que nos employés et agents, à pénétrer dans les locaux de l'acheteur. Ne constitue pas un paiement, au sens de la présente clause, la remise de traite ou autre titre créant une obligation de payer.** Nos produits pourront être revendus, transformés ou montés avant le règlement définitif dans le cadre normal de l'activité de notre clientèle, à condition que les créances nées de la revente ou de la transformation par l'acheteur nous soient directement cédées et ceci tant que nos factures demeurent impayées à l'échéance. Le droit de revente, de transformation ou de montage prendra automatiquement fin dans le cas où l'acheteur serait en défaut de paiement ou ferait l'objet d'une procédure de redressement ou de liquidation judiciaire. Cette dernière disposition est définie comme une obligation de ne pas faire. L'acheteur s'engage en outre à nous communiquer sans retard les identités complètes des sous-acquéreurs et tous renseignements utiles afin que nous puissions être en mesure de faire valoir nos droits.

19) CLAUSE ATTRIBUTIVE DE JURIDICTION ET DROIT APPLICABLE : EN CAS DE CONTESTATION QUANT A L'INTERPRETATION OU L'EXECUTION DES PRESENTES CONDITIONS GENERALES DE VENTE (ET CECI QUELS QUE SOIENT LE LIEU DU MARCHE, LE LIEU DE LA LIVRAISON ET LE LIEU DE PAIEMENT), IL EST CONVENU QUE LES TRIBUNAUX DE LYON SERONT, DANS TOUS LES CAS, SEULS COMPETENTS POUR EN CONNAITRE, A L'EXCLUSION DE TOUT AUTRE, ET MEME S'IL Y A PLURALITE DE DEFENDEURS OU APPEL EN GARANTIE. LE DROIT APPLICABLE AUX PRESENTES CONDITIONS GENERALES ET A TOUTES NOS OPERATIONS DE VENTE EST LE DROIT FRANÇAIS.

Edition CGV-10.4 novembre 2020
(annule et remplace la précédente édition des conditions générales de vente).

Etablissements Métallurgiques Emile Maurin, S.A.S. au capital de 5 634 784 € - 344 087 663 RCS LYON - APE 4674A - TVA FR59 344 087 663 - 60 rue du Bourbonnais - BP 9271 - 69264 LYON Cedex 09 - France / www.emile-maurin.fr

Les informations techniques, illustrations et photographies sont données à titre indicatif sans caractère contractuel. Certaines peuvent varier en fonction des tolérances admises dans la profession et des normes applicables. Les instructions d'utilisation, de montage et de maintenance constituent de simples recommandations. Elles peuvent également varier en fonction des conditions d'utilisation du produit, de l'environnement de montage et des besoins de l'acheteur dont ce dernier est seul responsable de la définition.

MAURIN®

6 pôles de spécialistes

EMILE MAURIN®
ELEMENTS STANDARD MECANIQUES

Composants mécaniques

MAURIN FIXATION

Fixation

EMILE MAURIN®
PRODUITS METALLURGIQUES

Produits métallurgiques

MICHAUD CHAILLY®
ELEMENTS DE TRANSMISSION

Transmission mécanique

EMILE MAURIN®
INTERNATIONAL

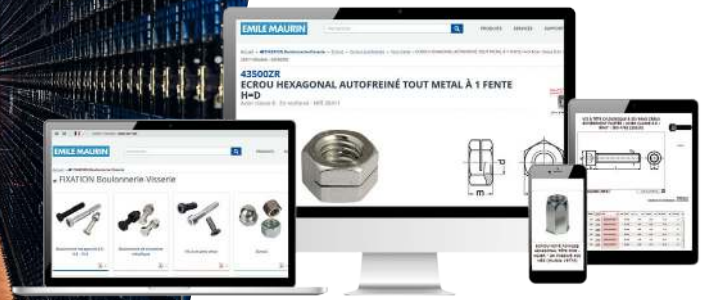
Export

Béné inox®
RACCORDS, ROBINETTERIE VISSERIE INOXYDABLE

Robinetterie industrielle inox

maurin.fr

Depuis 1871, expertises



et innovations

Achevé d’imprimer en U.E. par Meilleures Impressions - France
Edition 5 - Janvier 2025

OUVRAGE GRATUIT - NE PEUT ETRE VENDU

MAURIN FIXATION

69009 LYON (FRANCE)
Tél. (33) 04 72 85 85 85 / Fax (33) 04 78 83 21 78

fixation.emile-maurin.fr

Crédits photos couverture : © Maurin - © Zia Liu/Shutterstock