

Données complémentaires pour une meilleure approche du chapitre

APPROCHE TECHNICO-ECONOMIQUE

Ch. 8 - Vocabulaire du métier de la fixation

BIBLIOTHEQUE & OUTILS

Ch. 24 - Couples de serrage pour visserie en acier ou inox

Ch. 32 - Tables de conversion des duretés

Ch. 33 - Classification des aciers inoxydables couramment utilisés en boulonnerie-visserie

Ch. 34 - Caractéristiques mécaniques et physiques de la visserie

Ch. 39 - Documents de contrôle selon NF EN 10204 (janvier 2005)

ENVIRONNEMENT & LEGISLATION

Ch. 12 - Usages de la profession et préconisations générales

5

Caractéristiques mécaniques

5.0 Vis, goujons et tiges filetées

Filetages à pas gros et filetage à pas fin (NF EN ISO 898-1 Mai 2013)

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 cisailée 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 ($n^{\circ}2$ à $n^{\circ}4$) 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
$\frac{R_{eL,nom}}{R_{m,nom}}$ ou $\frac{R_{p0,2,nom}}{R_{m,nom}}$ ou $\frac{R_{pf,nom}}{R_{m,nom}}$	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.

Matériau

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		0.13	0.55	0.050	0.060		
5,6 ^c		----	0.55	0.050	0.060		
5,8 ^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 fabricant 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 ambiante²⁾, 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		9.8	10.9	12.9/12.9	
							du 16 mm ^a	d > 16 mm ^b				du 16 mm
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_{e1} ^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	Rapport des contraintes à la charge d'épreuve/limite d'élasticité	nom	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
		S_{pnom}/R_{elmin} OU $S_{pnom}/R_{p0.2min}$	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88
		S_{pnom}/R_{pfmin}										
6	Allongement après rupture sur éprouvette A%	min	22	----	20	----	----	12	12	10	9	8

5.0-3 - (suite)

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	----				
12	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 _j	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 ₈ 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% K_{p0,2}

^e Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, les valeurs K_{pr 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 K_v 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 fabricant 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 mm ²	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 _{s,nom} × 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_{s,nom}, voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction R_m"

^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 mm ²	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 _{s,nom} x S _{p,nom}) 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_{s,nom}, 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 mm ²	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 _{s,nom} 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_{s,nom}, 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 mm ²	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 _{s,nom} × 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_{s,nom}, voir paragraphe "Détermination de la résistance à la traction Rm"

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 $d_s \approx d_2$, 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 (élégie).

La série d'essais FF3 (voir Tableau 5.0-10) est utilisée pour les fixations mentionnées en a) ci-dessus. La série d'essais FF4 (voir Tableau 5.0-11) est utilisée pour les fixations mentionnées en b).

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» spécifiées dans les Tableaux 5.0-8 à 5.0-11.

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, utilisant les méthodes d'essai de la partie «Méthodes d'essai», sont spécifiées dans les Tableaux 5.0-8 à 5.0-13

Les séries d'essais FF1 à FF4 conformes aux Tableaux 5.0-8 à 5.0-11 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 $d_s \approx d_2$ (voir Tableaux 5.0-8);
- **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 $d_s \approx d_2$ (voir Tableaux 5.0-9);
- **FF3** : essais pour la détermination des caractéristiques des vis finies avec $d_s > d_2$ ou $d_s \approx d_2$ 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,
 (Voir Tableaux 5.0-10);

- **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) (voir Tableau 5.0-11).

Les séries d'essais MP1 et MP2 conformes aux Tableaux 5.0-12 et 5.0-13 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 (voir Tableaux 5.0-12).

- **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, $d_s \approx d_2$ ou $d_s > d_2$ (voir Tableaux 5.0-13).

Limites d'application

Les limites d'application des méthodes d'essai relatives au groupe de fixations considéré doivent être conformes aux Tableaux 5.0-8 à 5.0-13.

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» et sélectionnées dans les Tableaux 5.0-8 à 5.0-13. Tout essai particulier spécifié par le client doit faire l'objet d'un accord au moment de la commande.

5.0-8 - Série d'essais FF1 - Vis finies à capacité de charge intégrale

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité			
				4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8		8.8, 9.8, 10.9, 12.9/12.9	
				d < 3 mm ou l < 2,5d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm et l ≥ 2,5d ou b ≥ 2,0d	d < 3 mm ou l < 2,5d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm et l ≥ 2,5d ou b ≥ 2,0d
1	Résistance minimale à la traction $R_{m\min}$	Essai de traction avec cale biaisé Essai de traction	9.1 9.2	NR NR	a a	NR NR	a a
5	Contrainte nominale à la charge d'épreuve S_{pnom}	Essai de charge d'épreuve	9.6	NR		NR	
8	Allongement minimal après rupture $A_{f\min}$	Essai de traction sur produits entiers	9.3	NR	b,d c,d	NR	b,d
9	Solidité de tête	Essai de solidité de la tête $\frac{1,5d \leq l < 3d}{l \geq 3d \quad d \leq 10 \text{ mm}}$	9.8				
10 ou 11 ou 12	Dureté maximale	Essai de dureté	9.9				
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR		
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR		
15	Réduction de dureté après deuxième revenu	Essai de deuxième revenu	9.12	NR	NR	e	e
16	Couple minimal de rupture $M_{B\min}$	Essai de torsion $1,6 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm} \quad b \geq 1d + 2P$	9.13	f	f,g		g
18	Défauts de surface	Contrôle des défauts de surface	9.15				

^a Pour les éléments de fixation avec $d \geq 3 \text{ mm}$, $l \geq 2d$ et $b < 2d$ voir 9.1.5 et 9.2.5

^b Les valeurs pour les classes de qualité 4.6, 5.6, 8.8 et 10.9 sont données à l'Annexe C

^c Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8

^d $l \geq 2.7d$ et $h \geq 2.2d$

^e Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige

^f Pour les classes de qualité 4.6 et 6.8, aucune valeur n'est spécifiée dans l'ISO 898-7

^g Peut être utilisé au lieu de l'essai de traction, cependant, en cas de litige, l'essai de traction s'applique.

 Réalisable : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai». En cas de litige, l'essai doit être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai».

 Réalisable mais effectué uniquement lorsque cela est explicitement spécifié par le client : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai» comme une alternative pour une caractéristique donnée (par exemple essai de torsion lorsque l'essai de traction est possible) ou comme un essai particulier s'il est exigé dans une norme de produit ou par le client au moment de la commande (par exemple essai de résilience).

 NR Non réalisable : l'essai ne peut pas être réalisé en raison de la forme et/ou des dimensions de l'élément de fixation (par exemple longueur à essayer trop courte, absence de tête) ou parce que l'essai ne s'applique qu'à une catégorie particulière d'éléments de fixation (par exemple essai pour éléments de fixation traités thermiquement).

5.0-9 - Série d'essais FF2 - Goujons et tiges filetées finis à capacité de charge intégrale

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité			
				4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8		8.8, 9.8, 10.9, 12.9/12.9	
				d < 3 mm ou l ₁ < 3d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm ou l ₁ ≥ 3d ou b ≥ 2,0d	d < 3 mm ou l ₁ < 3d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm ou l ₁ ≥ 3d ou b ≥ 2,0d
1	Résistance minimale à la traction R _{m min}	Essai de traction	9.2	NR	a	NR	a
5	Contrainte nominale à la charge d'épreuve S _{pnom}	Essai de charge d'épreuve	9.6	NR		NR	
8	Allongement minimal après rupture A _{f min}	Essai de traction sur produits entiers	9.3	NR	b,d	c,d	NR
10 ou 11 ou 12	Dureté	Essai de dureté	9.9				
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR		
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR		
15	Réduction de dureté après deuxième revenu	Essai de deuxième revenu	9.12	NR	NR	e	e
16	Couple minimal de rupture M _{Bmin}	Essai de torsion 1,6 mm ≤ d ≤ 10 mm b ≥ 1d + 2 P	9.13	f	F,g		g
18	Défauts de surface	Contrôle des défauts de surface	9.15				

^a Si la rupture du goujon se produit dans le filetage du côté implantation b_m la dureté minimale s'applique au lieu de R_{m min}. Dans ce cas, il est également possible de déterminer la résistance à la traction R_m en utilisant des éprouvettes usinées conformément à 9.7.

^b l₁ ≥ 3.2 d b ≥ 2.2d

^c Les valeurs pour les classes de qualité 4.6, 5.6, 8.8 et 10.9 sont données à l'Annexe C

^d Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8

^e Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige

5.0-10 - Série d'essais FF3 - Vis finies à capacité réduite du fait de la forme de la tête

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité			
				4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8		8.8, 9.8, 10.9, 12.9/12.9	
				d < 3 mm ou l < 2,5d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm et l ≥ 2,5d ou b ≥ 2,0d	d < 3 mm ou l < 2,5d ou b < 2,0d	d ≥ 3 mm et l ≥ 2,5d ou b ≥ 2,0d
a	Charge minimale de rupture	Essai de traction pour les vis dont la rupture ne se produit pas dans la partie filetée libre du fait de la forme de la tête	9.4	NR	a	NR	a
10 ou 11 ou 12	Dureté	Essai de dureté	9.9				
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR		
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR		
15	Réduction de dureté après deuxième revenu	Essai de deuxième revenu	9.12	NR	NR	b	b
18	Défauts de surface	Contrôle des défauts de surface	9.15				

^a Se reporter à la norme de produit de la vis considérée pour la charge minimale de rupture

^b Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige

 Réalisable : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai». En cas de litige, l'essai doit être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai».

 Réalisable mais effectué uniquement lorsque cela est explicitement spécifié par le client : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai» comme une alternative pour une caractéristique donnée (par exemple essai de torsion lorsque l'essai de traction est possible) ou comme un essai particulier s'il est exigé dans une norme de produit ou par le client au moment de la commande (par exemple essai de résilience).

NR Non réalisable : l'essai ne peut pas être réalisé en raison de la forme et/ou des dimensions de l'élément de fixation (par exemple longueur à essayer trop courte, absence de tête) ou parce que l'essai ne s'applique qu'à une catégorie particulière d'éléments de fixation (par exemple essai pour éléments de fixation traités thermiquement).

5.0-11 - Série d'essais FF4 - Vis, goujons et tiges filetées finis à capacité de charge réduite, par exemple du fait de la tige très réduite (élégie)

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité			
				4.6, 5.6		8.8, 9.8, 10.9, 12.9/12.9	
				d < 3mm ou longueur réduite < 3d _s ou b < d	d ≥ 3mm et longueur réduite ≥ 3d _s ou b ≥ d	d < 3mm ou longueur réduite < 3d _s ou b < d	d ≥ 3mm et longueur réduite ≥ 3d _s ou b ≥ d
1	Résistance minimale à la traction R _{m min}	Essai de traction des vis, goujons et tiges filetées à tige très réduite (élégie)	9.5	NR	a	NR	a
10 ou 11 ou 12	Dureté	Essai de dureté	9.9				
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR		
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR		
15	Réduction de dureté après deuxième revenu	Essai de deuxième revenu	9.12	NR	NR	b	b
18	Défauts de surface	Contrôle des défauts de surface	9.15				

^a R_m se rapporte à la section résistante de la tige très réduite. A_{Js} = $\frac{\pi}{4} d_s^2$

^b Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige.

- Réalisable : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai». En cas de litige, l'essai doit être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai».
- Réalisable mais effectué uniquement lorsque cela est explicitement spécifié par le client : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai» comme une alternative pour une caractéristique donnée (par exemple essai de torsion lorsque l'essai de traction est possible) ou comme un essai particulier s'il est exigé dans une norme de produit ou par le client au moment de la commande (par exemple essai de résilience).
- NR Non réalisable : l'essai ne peut pas être réalisé en raison de la forme et/ou des dimensions de l'élément de fixation (par exemple longueur à essayer trop courte, absence de tête) ou parce que l'essai ne s'applique qu'à une catégorie particulière d'éléments de fixation (par exemple essai pour éléments de fixation traités thermiquement).

5.0-12 - Série d'essais MP1 – Caractéristiques des matériaux déterminés sur éprouvettes usinées

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité				
				4.6, 5.6		8.8, 9.8, 10.9, 12.9/12.9		
				3 ≤ d < 4,5mm et b ≥ d et l ≥ 6,5 d (a)	d ≥ 4,5mm et d _o ≥ 3mm et l ≥ d+26mm (a)	3 ≤ d < 4,5mm et b ≥ d et l ≥ 6,5 d (a)	d ≥ 16mm et d _o ≥ 3mm et b ≥ d et l ≥ d+26mm (a,d,e)	d ≥ 16mm et d _o ≥ 0,75 ds et b ≥ d et l ≥ 5,5d + 8mm (a,f,g)
1	Résistance minimale à la traction R _{m min}	Essai de traction sur éprouvettes usinées	9.7					
2	Limite inférieure minimale d'écoulement ReL _{min}			h	h	NR	NR	NR
3	Limite conventionnelle minimale d'élasticité à 0.2% R _{p0.2 min}			NR ^h	NR ^h			
6	Allongement minimal après rupture A _{m min}							
7	Striction minimale après rupture Z _{min}			NR	NR			
10 ou 11 ou 12	Dureté	Essai de dureté	9.9					
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR			
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR			
17	Résilience minimale K _{v min}	Essai de résilience d ≥ 16mm et l ₁ ou l ₂ ≥ 55mm	9.14	NR	j	NR	x	x
18	Défauts de surface ^k	Contrôle des défauts de surface	9.15					

^a Pour déterminer la longueur totale minimale des goujons, ajouter l_{el} à la formule de longueur

^b Pour les vis de longueur l ≥ 5d afin d'évaluer Z_{min}

^c Pour les goujons et tiges filetées de longueur l ≥ 6d afin d'évaluer Z_{min}

^d Pour les vis de longueur l ≥ d + 20 mm afin d'évaluer Z_{min}

^e Pour les goujons et tiges filetées de longueur l ≥ 2d + 20 mm afin d'évaluer Z_{min}

^f Pour les vis de longueur l ≥ 4d + 8 mm afin d'évaluer Z_{min}

^g Pour les goujons et tiges filetées de longueur l ≥ 5d + 8 mm afin d'évaluer Z_{min}

^h Lorsque la limite inférieure d'écoulement ReL ne peut être déterminée, il est admis de mesurer la limite conventionnelle d'élasticité à R_{p0.2}

ⁱ La partie pleine de la tête peut être incluse

^j Uniquement pour la classe de qualité 5.6.

^k A évaluer avant l'usinage des éprouvettes.

 Réalisable : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai». En cas de litige, l'essai doit être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai».

 Réalisable mais effectué uniquement lorsque cela est explicitement spécifié par le client : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai» comme une alternative pour une caractéristique donnée (par exemple essai de torsion lorsque l'essai de traction est possible) ou comme un essai particulier s'il est exigé dans une norme de produit ou par le client au moment de la commande (par exemple essai de résilience).

 NR Non réalisable : l'essai ne peut pas être réalisé en raison de la forme et/ou des dimensions de l'élément de fixation (par exemple longueur à essayer trop courte, absence de tête) ou parce que l'essai ne s'applique qu'à une catégorie particulière d'éléments de fixation (par exemple essai pour éléments de fixation traités thermiquement).

5.0-13 - Série d'essais MP2 - Caractéristiques des matériaux déterminés sur vis, goujons et tiges filetées finis à capacité de charge intégrale

N° voir tableau 5.0-3	Caractéristiques	Méthode d'essai	Para- graphe	Classes de qualité		
				4,6, 5,6	4,8, 5,8, 6,8	8,8, 9,8, 10,9, 12,9/12,9
				d ≥ 3 mm et l ≥ 2.7 da et b ≥ 2.2 d		
1	Résistance minimale à la traction $R_{m\ min}$	Essai de traction sur produits finis	9.2	d	d	d
4	Limite conventionnelle minimale d'élasticité à 0.004 8d $R_{pf\ min}$	Essai de traction sur produits entiers	9.3	b		c
5	Contrainte nominale à la charge d'épreuve $S_{p\ nom}$	Essai de charge d'épreuve sur produits entiers	9.6	d	d	d
8	Allongement minimal après rupture $A_{t\ min}$	Essai de traction sur produits entiers	9.3	e		e
10 ou 11 ou 12	Dureté	Essai de dureté	9.9			
13	Dureté superficielle maximale	Essai de carburation	9.11	NR	NR	
14	Zone de décarburation maximale	Essai de décarburation	9.10	NR	NR	
15	Réduction de dureté après deuxième revenu	Essai de deuxième revenu	9.12	NR	NR	f
18	Défauts de surface	Contrôle des défauts de surface	9.15			

^a Pour goujons et tiges filetées dont l'extrémité côté implantation de filet résiste à une charge de traction plus élevée que côté écrou ou pour les goujons et tiges filetées entièrement filetées de longueur totale $l_1 \geq 3.2 d$

^b Pour les classes de qualité 4.6 et 5.6, la limite conventionnelle d'élasticité à 0.004 Bd R_{pf} n'est pas spécifiée dans le Tableau 5.0-3.

^c Pas de valeur disponible

^d $l \geq 2.5d$ et $b \geq 2.0 d$

^e Les valeurs de A_t sont indiquées à l'Annexe C pour information

^f Cet essai est un essai de référence à utiliser en cas de litige

 Réalisable : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai». En cas de litige, l'essai doit être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai».

 Réalisable mais effectué uniquement lorsque cela est explicitement spécifié par le client : l'essai peut être réalisé conformément au chapitre «Méthodes d'essai» comme une alternative pour une caractéristique donnée (par exemple essai de torsion lorsque l'essai de traction est possible) ou comme un essai particulier s'il est exigé dans une norme de produit ou par le client au moment de la commande (par exemple essai de résilience).

 NR Non réalisable : l'essai ne peut pas être réalisé en raison de la forme et/ou des dimensions de l'élément de fixation (par exemple longueur à essayer trop courte, absence de tête) ou parce que l'essai ne s'applique qu'à une catégorie particulière d'éléments de fixation (par exemple essai pour éléments de fixation traités thermiquement).

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) $d_3 > d_2$ ou $d_3 \approx d_2$;
- longueur nominale $l \geq 2,5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2,0d$;
- boulonnerie de construction métallique avec $b < 2d$;
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- toutes classes de qualité.

5.0-14 - 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 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.

Appareillage

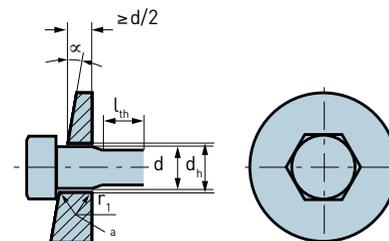
La machine d'essai de traction doit être conforme à l'ISO 7500-1. Les dispositifs d'essais modifiant l'effet de l'angle de la cale biaise, α , spécifié à la Figure 5.0-15 et dans le Tableau 5.0-17 ne doivent pas être utilisés.

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 5.0-14;
- diamètre du trou de passage d_i : conforme au Tableau 5.0-16;
- cale biaise conforme à la Figure 5.015 et aux Tableaux 5.0-16 et 5.0-17.

5.0-15 - Essai de traction avec cale biaise sur vis finies



^a Rayon ou chanfrein à 45°. Voir Tableau 2.

5.0-16 - **Diamètre du trou de passage et rayon de la cale biaisée**
[Dimensions en millimètres]

Diamètre nominal de filetage <i>d</i>	<i>d_h^{ab}</i>		<i>r₁^c</i>	Diamètre nominal de filetage <i>d</i>	<i>d_h^{ab}</i>		<i>r₁^c</i>
	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 *r₁* calculé conformément à la formule suivante :

$$r_1 = r_{\max} + 0,2 \quad \text{où} \quad r_{\max} = \frac{d_{a,\max} - d_s, \min}{2}$$

5.0-17 - **Angle de cale α pour l'essai de traction avec cale biaisée**

Diamètre nominal de filetage <i>d</i> 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
	$\alpha \pm 30'$			
$3 \leq d \leq 20$	10°	6°	6°	4°
$20 < d \leq 39$	6°	4°	4°	4°

Mode opératoire

La fixation doit être soumise à essai en l'état de livraison.

La cale biaisée spécifiée précédemment doit être placée sous la tête de la vis conformément à la Figure 5.0-15. La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge, *l_{th}*, doit être au moins égale à 1*d*.

Pour la boulonnerie de construction métallique ayant une longueur filetée écourtée, l'essai de traction avec cale biaisée peut être effectué avec une longueur filetée libre, *l_{th}*, inférieure à 1*d*.

L'essai de résistance à la traction avec cale biaisée 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 1,7*d* et qui ne satisfont pas à l'essai de résistance à la traction avec cale biaisée, la tête peut être usinée à 1,7*d* et l'essai recommencé avec l'angle de cale biaisée spécifié dans le Tableau 5.0-17.

En outre, pour les vis finies dont le diamètre extérieur de la face d'appui est supérieur à 1,9*d*, l'angle de la cale biaisée 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 $d_s \approx d_2$, 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 $d_s \approx d_2$;
- 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 $l \geq 3,0d$;
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- 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 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.014.

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 5.0-18 a) ou b). Le goujon et la tige filetée soumis à essai doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-18 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 R_m ».

Exigences

Pour les fixations avec $d_s > d_2$, la rupture doit se produire dans la partie filetée libre.

Pour les fixations avec $d_s \approx d_2$, 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.

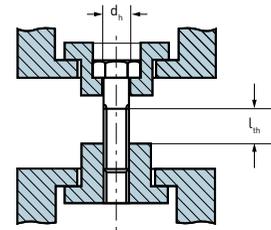


Figure a - Exemple de dispositif d'essai pour vis partiellement filetées

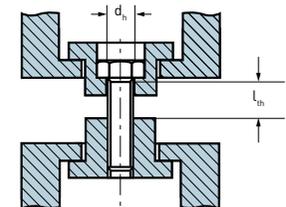


Figure b - Exemple de dispositif d'essai pour vis entièrement filetées

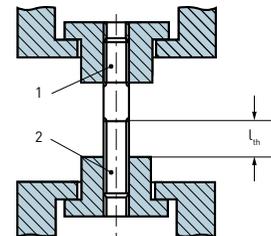


Figure c - Exemple de dispositif d'essai pour goujons

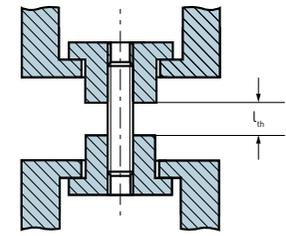


Figure d - Exemple de dispositif d'essai pour tiges filetées

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

5.0-18 - 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, A_f , 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 $d_s \approx d$;
- vis de longueur nominale $l \geq 2,7d$;
- longueur du filetage $b \geq 2,2d$;
- goujons et tiges filetées de longueur totale $l_t \geq 3,2d$;
- 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_n , conforme au Tableau 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté : conforme au Tableau 5.0-14.

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 5.0-18 a) ou b). Les goujons et tiges filetées soumis à essai doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-18 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 5.0-19).

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 5.0-19). L'allongement plastique ΔL_p est déterminé sur l'axe de déplacement du dispositif d'amarrage conformément à la Figure 5.0-19.

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 F_p 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):

$$A_f = \frac{L_p}{1,2d}$$

Exigences

Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, A_f 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 5.0-20).

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 :

$$R_{pf} = \frac{F_{pf}}{A_{s,nom}}$$

- avec
- $A_{s,nom}$ telle que définie en 9.1.6.1.

Exigences

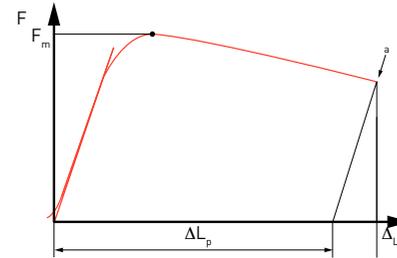
Aucune exigence n'est spécifiée.

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.

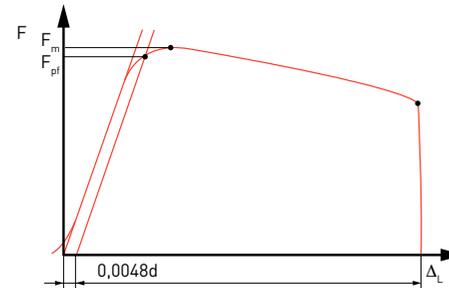
NOTE 2

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.

5.0-19 - Courbe charge-déplacement pour la détermination de l'allongement après rupture, A_f



5.0-20 - 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 $d_s \approx d_2$;
- longueur nominale $l \geq 2,5d$;
- longueur du filetage $b \geq 2,0d$;
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- 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 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur à intérieur fileté conforme au Tableau 1.

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 5.0-18 a) ou b).

La longueur de la partie filetée libre soumise à la charge F_m , 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 - 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 5.0-22);
- longueur du filetage $b \geq 1d$;
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- 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 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-14.

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 5.0-18 a). Le goujon et la tige filetée doivent être montés dans deux adaptateurs filetés conformément à la Figure 5.0-18 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 (élagie), 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 (élagie).
 R_m doit satisfaire aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.0-3.

Essai de charge d'épreuve sur vis, goujons et tiges filetéés 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 5.0-21), 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 filetéés de caractéristiques suivantes :
- vis à tête plus résistante que la section dans la partie filetéée;
 - 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 $d_s \approx d_2$;
 - vis de longueur nominale $l \geq 2,5d$;
 - longueur du filetage $b \geq 2,0d$;
 - goujons et tiges filetéés de longueur totale $l_1 \geq 3,0d$;
 - $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
 - 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 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.014.

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 5.0-21 (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 5.0-21 a) ou b). Pour le goujon et la tige filetéée, deux adaptateurs filetés doivent être utilisés conformément à la Figure 5.0-21 c) ou d). La longueur des filets en prise doit être au moins égale à $1d$.

La partie filetéée 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 $\pm 12,5 \mu\text{m}$ 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 $\pm 12,5 \mu\text{m}$ 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 :
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- longueur du filetage $b \geq 1d$;
- longueur nominale $l \geq 6d_0 + 2r + d$ (conformément à la Figure 5.0-22) pour déterminer A ;
- longueur nominale $l \geq 4d_0 + 2r + d$ (conformément à la Figure 5.0-22) pour déterminer Z ;
- éprouvettes usinées dans des goujons et tiges filetées :
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$;
- longueur du filetage $b \geq 1d$;
- longueur du filetage de l'extrémité du goujon côté implantation $b_m \geq 1d$;
- longueur totale $l_i \geq 6d_0 + 2r + 2d$ (conformément à la Figure 5.0-22) pour déterminer A ;
- longueur totale $l_i \geq 4d_0 + 2r + 2d$ (conformément à la Figure 5.0-22) pour déterminer Z ;

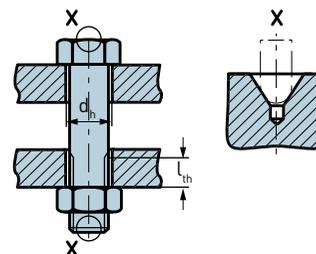


Figure a - Exemple de dispositif d'essai pour les vis partiellement filetées

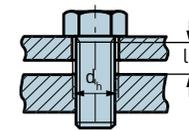


Figure b - Exemple de dispositif d'essai pour les vis entièrement filetées

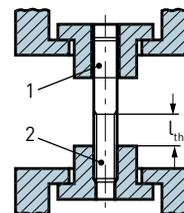


Figure c - Exemple de dispositif d'essai pour les goujons

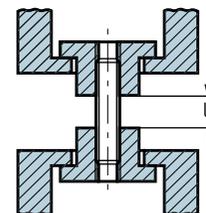


Figure d - Exemple de dispositif d'essai pour les tiges filetées

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.

5.0-21 - 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_1 , conforme au Tableau 5.0-16;
- classe de tolérance de filetage de l'adaptateur ou des adaptateurs à intérieur fileté conforme au Tableau 5.0-14.

Éprouvettes usinées

L'éprouvette doit être usinée à partir de la fixation en l'état de livraison. L'éprouvette conforme à la Figure 5.0-22 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.

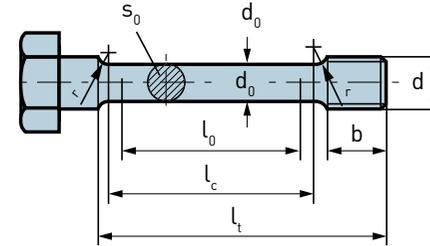
Lors de l'usinage de l'éprouvette pour les fixations trempées et revenues de diamètre nominal $d > 16$ mm, la réduction de section ne doit pas dépasser 25 % du diamètre initial d (environ 44 % de la section initiale). Pour les éprouvettes usinées à partir de goujons et tiges filetées, les deux extrémités 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.

5.0-22 - Éprouvette pour essai de traction



Légende

- d diamètre nominal de filetage
- d_0 diamètre de l'éprouvette ($d_0 < d_{3,min}$, 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 ($L_c + d_0$)
- 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_0 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_0 soit au moins égale à $3d_0$:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \times 100$$

- où
- S_0 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 biaisée 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.

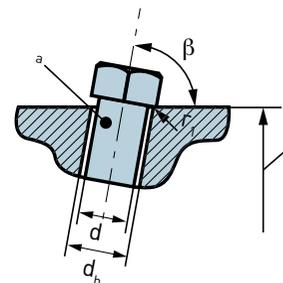
Dispositif d'essai

Le bloc-support de la Figure 5.0-23 doit être conforme aux spécifications suivantes :

- dureté 45 HRC min ;
- diamètre du trou de passage, d_h , et rayon, r_1 , conformes au Tableau 2 ;

- épaisseur $2d$ minimum ;
- angle, β , conforme au Tableau 5.0-24.

5.0-23 - Dispositif d'essai de solidité de la tête



Légende

- d $l \geq 1,5d$.
- b Épaisseur minimale du bloc-support : $2d$.

5.0-24 - 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 5.0-23.

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 $90^\circ - \beta$. Les valeurs de l'angle β sont spécifiées dans le Tableau 5.0-24.

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.

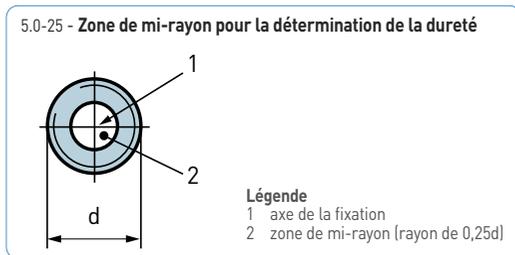
Détermination de la dureté sur une coupe transversale dans la partie filetée

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 5.0-25).



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 (éclé), 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 8) 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 décarburrée, et de déterminer la profondeur de la zone de décarburation totale (voir Figure 5.0-26).

Note : Une perte de teneur en carbone (décarburation) au-delà des limites spécifiées 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 5.0-26).

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 5.0-28).

Méthode par examen microscopique

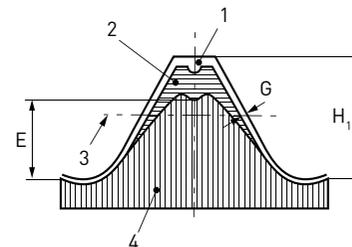
Limites d'application

- Cette méthode s'applique aux fixations de caractéristiques suivantes :
- toutes dimensions;
 - classes de qualité 8.8 à 12.9/12.9.

5.0-26 - 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 décarburrée dans le filetage
- G profondeur de décarburation totale dans le filetage
- H₁ 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 $\times 100$ 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 décarburrée dans le filetage E doit être conforme aux exigences spécifiées

5.0-27 - 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	
Classe de qualité	8.8, 9.8	E min ^b	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
	10.9		0,154	0,184	0,215	0,245	0,307	0,384	0,46	0,537	0,614	0,767		1,074	1,227
	12.9/12.9		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
			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 5.0-27, et il ne doit pas y avoir de décarburation présente dans la zone du métal de base (zone 4) conformément à la Figure 5.0-26.

Il convient d'éviter la présence de décarburation ferritique en zone 2, telle que définie à la Figure 5.0-26. 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.

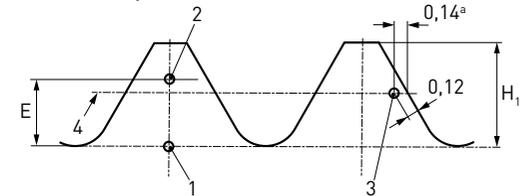
Mode opératoire

Les points de mesure de dureté Vickers doivent être effectués aux points 1 et 2 conformément à la Figure 5.0-28. 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 5.0-27.

5.0-28 - 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
H₁ 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 $P \geq 1,25$ 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 $P \geq 1,25$;
- 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 5.0-28. 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 fileté;
 - diamètre de la partie lisse (tige) $d_s > d_2$ ou $d_s \approx d_2$;
 - longueur du filetage $b \geq 1 d + 2P$;
 - $1,6 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm}$;
 - 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 fileté au moins égale à $1d$. La longueur fileté 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 fileté 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 200 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 filetés;
- $d \geq 16 \text{ mm}$;
- longueur totale des vis (y compris la partie pleine de la tête) $\geq 55 \text{ mm}$;
- goujons et tiges filetés de longueur totale $l_t \geq 55 \text{ mm}$;
- 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 dési-

gnation 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 5.0-29.

5.0-29 - 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 5.0-29, les symboles de marquage horaire conformes au Tableau 5.0-30 peuvent être utilisés.

5.0-30 - 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.

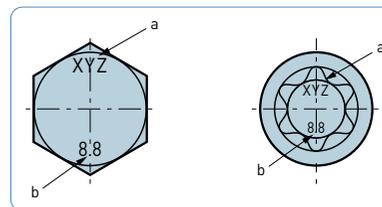
Identification

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 5.0-29.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal $d \geq 5$ 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 5.0-31). 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.



5.0-31
Exemples de marquage de vis à tête hexagonale et de vis à six lobes externes

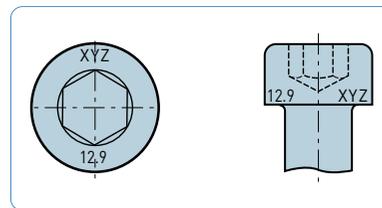
- ^a Marque d'identification du fabricant.
^b Classe de qualité.

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 5.0-29.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal $d \geq 5$ 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 5.0-32).



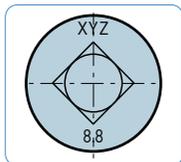
5.0-32
Exemples de marquage de vis à tête cylindrique à six pans creux

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 1.

Le marquage est exigé pour les fixations de toutes les classes de qualité et de diamètre nominal $d \geq 5$ mm.

Le marquage doit être effectué sur la tête, en creux ou en relief (voir Figure 5.0-33).



5.0-33
Exemple de marquage de vis à tête
ronde et collet carré

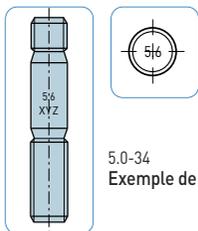
Goujons

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 5.0-29 ou du symbole de marquage alternatif défini dans le Tableau 5.0-35.

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 $d \geq 5$ 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 5.0-34).

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.



5.0-34
Exemple de marquage des goujons

5.0-35 - 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.

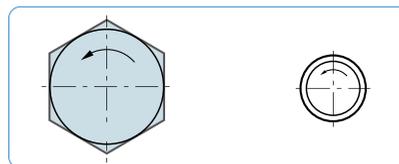
Autres sortes de vis

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.

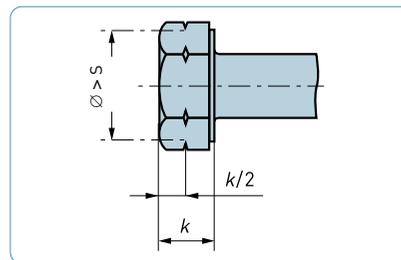
Marquage des vis à filetage à gauche

Les vis à filetage à gauche et de diamètre nominal $d \geq 5$ mm doivent être marquées du symbole spécifié à la Figure 5.0-36, soit sur le dessus de la tête, soit à l'extrémité de la fixation.



5.0-36
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 5.0-37.



s surplat
k hauteur de tête

5.0-37
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 5.0-38.

Les symboles de marquage conformes aux Tableaux 1, 2 ou 3 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 5.0-38 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.

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
Allongement minimal après rupture ^a $A_{t,min}$ ou A_{min}	$A_{t,min}$ 0,37 A_{min} 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 $A_{t,min}$ 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

Symboles de marquage pour les fixations à capacité de charge réduite

Les symboles de marquage doivent être conformes au Tableau 5.0-38.

5.0-38 - 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 5.0-29 ou au Tableau 5.0-38, ainsi que le numéro de lot de fabrication tel que défini dans l'ISO 16426.

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 Af

Classe de qualité	4.6	5.6	8.8	9.8	10.9	12.9/12.9
Af,min	0,37	0,33	0,20	-	0,13	-

5.1 Ecrous de classe de qualité spécifiée

Filetage à pas gros et à pas fin (NF EN ISO 898-2 – Juin 2012)

Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 898 spécifie les caractéristiques mécaniques et physiques des écrous à filetages à pas gros et filetages à pas fin, en acier au carbone et en acier allié, lorsqu'ils sont soumis à essai dans une plage de températures ambiantes de 10 °C à 35 °C.

Les écrous satisfaisant aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 sont évalués dans cette plage de températures ambiantes. Il se peut qu'ils ne conservent pas les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées à des températures plus élevées et/ou plus basses.

Note 1 : Les écrous satisfaisant aux exigences de la présente partie de l'ISO 898 ont été utilisés pour des applications entre -50 °C et +150 °C. Il est de la responsabilité des utilisateurs de consulter un expert en matériaux de fixation pour les températures situées hors de la plage allant de -50 °C à +150 °C et jusqu'à une température maximale de +300 °C afin de déterminer les choix appropriés pour une application donnée.

Note 2 : Des informations sur la sélection et l'application des aciers pour une utilisation à basses et hautes températures sont données par exemple dans l'EN 10269, l'ASTM F2281 et l'ASTM A320/A320M.

La présente partie de l'ISO 898 s'applique aux écrous :

- fabriqués en acier au carbone ou en acier allié;
- à filetage à pas gros $M5 \leq D \leq M39$, et à filetage à pas fin $M8 \times 1 \leq D \leq M39 \times 3$;
- à filetage métrique ISO triangulaire conforme à l'ISO 68-1;
- à combinaisons diamètre/pas conformes à l'ISO 261 et ISO 262;
- de classes de qualité spécifiées, comprenant la charge d'épreuve;
- de différents styles: écrous bas, écrous normaux et écrous hauts;
- de hauteur minimale $m \geq 0,45D$;
- de diamètre extérieur ou de dimensions des surplats minimum $s \geq 1,45D$ (voir aussi Annexe A);
- conçus pour être utilisés avec des vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité conformes à l'ISO 898-1.

Pour les écrous galvanisés à chaud, voir l'ISO 10684.

La présente partie de l'ISO 898 ne spécifie pas d'exigence pour les caractéristiques telles que :

- l'autofreinage (voir l'ISO 2320);
- la relation couple/tension (voir l'ISO 16047 pour la méthode d'essai);

- la soudabilité;
- la résistance à la corrosion.

Système de désignation

Désignation des styles d'écrou

La présente partie de l'ISO 898 spécifie des exigences relatives aux trois styles d'écrous, définis en fonction de leur hauteur :

- style 2 : écrou haut de hauteur minimale $m_{\min} \approx 0,9D$ ou $m_{\min} > 0,9D$; voir le Tableau A.1;
- style 1 : écrou normal de hauteur minimale $m_{\min} \geq 0,8D$; voir le Tableau A.1;
- style 0 : écrou bas de hauteur minimale $0,45D \leq m_{\min} < 0,8D$.

Désignation des classes de qualité

Généralités

Le marquage et l'étiquetage des classes de qualité des écrous doivent être effectués conformément au chapitre « Marquage », uniquement pour les écrous qui sont conformes à l'ensemble des exigences de la présente partie de l'ISO 898.

Écrous normaux (style 1) et écrous hauts (style 2)

Le symbole des classes de qualité pour les écrous normaux (style 1) et les écrous hauts (style 2) est composé d'un nombre. Il correspond au nombre situé à gauche de la classe de qualité maximale appropriée des vis, goujons et tiges filetées avec lesquels ils peuvent être associés.

Écrous bas (style 0)

Le symbole des classes de qualité pour les écrous bas (style 0) est composé de deux nombres, tels que spécifiés ci-après :

- le premier nombre est zéro et indique que la capacité de charge de l'écrou est réduite par rapport à celle d'un écrou normal ou haut et, par conséquent, qu'un arrachement du filetage de l'écrou peut se produire en cas de surcharge;
- le second nombre correspond à 1/100 de la contrainte nominale à la charge d'épreuve, mesurée à l'aide d'un mandrin d'essai traité, en mégapascals.

Plages de diamètres nominaux en fonction du style et de la classe de qualité de l'écrou

Les plages de diamètres nominaux en fonction des styles d'écrous et des classes de qualité sont listées dans le Tableau 5.1-1.

5.1-1 – Plages de diamètres nominaux en fonction du style et de la classe de qualité de l'écrou

Classe de qualité	Plage de diamètres nominaux, D		
	Écrou normal (style 1)	Écrou haut (style 2)	Écrou bas (style 0)
04	—	—	M5 ≤ D ≤ M39
			M8×1 ≤ D ≤ M39×3
05	—	—	M5 ≤ D ≤ M39
			M8×1 ≤ D ≤ M39×3
5	M5 ≤ D ≤ M39	—	—
	M8×1 ≤ D ≤ M39×3		
6	M5 ≤ D ≤ M39	—	—
	M8×1 ≤ D ≤ M39×3		
8	M5 ≤ D ≤ M39	M5 < D ≤ M39	—
	M8×1 ≤ D ≤ M39×3	M8×1 ≤ D ≤ M39×3	
9	—	M5 ≤ D ≤ M39	—
10	M5 ≤ D ≤ M39	M5 ≤ D ≤ M39	—
	M8×1 ≤ D ≤ M16×1,5	M8×1 ≤ D ≤ M39×3	
12	M5 ≤ D ≤ M39	M5 ≤ D ≤ M39	—
	M5 ≤ D ≤ M16	M8×1 ≤ D ≤ M16×1,5	

Conception des assemblages vis/écrou

L'Annexe A fournit des explications sur les principes de conception des écrous et sur la capacité de charge des assemblages vis/écrous.

Les écrous normaux (style 1) et les écrous hauts (style 2) doivent être associés avec des fixations à filetage extérieur conformément au tableau 5.1-2. Toutefois, un écrou de classe de qualité supérieure peut remplacer un écrou de classe de qualité inférieure.

Par rapport aux écrous de classe de tolérance 6H, une diminution de la résistance à l'arrachement du filetage de l'écrou apparaît lorsque la déviation fondamentale est supérieure à zéro (par exemple pour les écrous galvanisés à chaud : 6AZ, 6AX). 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 l'arrachement du filetage.

Il convient d'assembler les écrous bas servant de contre-écrous avec un écrou normal ou un écrou haut. Dans un assemblage avec un contre-écrou, il convient tout d'abord de serrer l'écrou bas contre les pièces à assembler, puis de serrer l'écrou normal ou haut contre l'écrou bas.

5.1-2 – Combinaison des écrous normaux (style 1) et des écrous hauts (style 2) en fonction des classes de qualité des vis

Classe de qualité de l'écrou	Classe de qualité maximale de la fixation associée (vis, goujon et tige filetée)
5	5.8
6	6.8
8	8.8
9	9.8
10	10.9
12	12.9/12.9

Matériau

Le Tableau 5.1-3 spécifie les matériaux et traitements thermiques correspondant aux différentes classes de qualité des écrous.

Les écrous à pas gros et de classes de qualité 05, 8 [écrous normaux (style 1) avec D > M16], 10 et 12 doivent être trempés et revenus.

Les écrous à pas fin et de classes de qualité 05, 6 (avec D > M16), 8 [écrous normaux (style 1)], 10 et 12 doivent être trempés et revenus.

La composition chimique doit être évaluée conformément aux Normes internationales adéquates.

Note : Il est prévu que les réglementations nationales relatives à la restriction ou à l'interdiction de certains éléments chimiques dans les pays ou régions concernés soient prises en compte.

Caractéristiques mécaniques

Les écrous dont la classe de qualité est spécifiée doivent avoir, à température ambiante, les caractéristiques de résistance à la charge d'épreuve (voir Tableaux 5.1-4 et 5.1-5) et de dureté (voir Tableaux 5.1-6 et 5.1-7) lorsqu'ils sont testés conformément dans le chapitre « Méthode d'essai », quels que soient les essais réalisés au cours de la fabrication ou du contrôle final.

Pour les écrous qui ne sont pas trempés et revenus, les exigences supplémentaires spécifiées dans le chapitre « Méthode d'essai » s'appliquent.

5.1-3 - Aciers

	Classe de qualité		Matériau et traitement thermique de l'écrou	Limites de composition chimique (analyse de coulée %) ^a				
				C max.	Mn min.	P max.	S max.	
Filetage à pas gros	04 ^b		Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15	
	05 ^c		Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
	5 ^b		Acier au carbone ^d	0,58	—	0,06	0,15	
	6 ^b		Acier au carbone ^d	0,58	—	0,06	0,15	
	8	Écrou haut (style 2)	Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15	
	8	Écrou normal (style 1), D ≤ M16	Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15	
	8 ^c	Écrou normal (style 1), D > M16	Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
	9		Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15	
	10 ^c		Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
	12 ^c		Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,45	0,048	0,058	
	Filetage à pas fin	04 ^b		Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15
		05 ^c		Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058
5 ^b			Acier au carbone ^d	0,58	—	0,06	0,15	
6 ^b		D ≤ M16	Acier au carbone ^d	0,58	—	0,06	0,15	
6 ^b		D > M16	Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
8		Écrou haut (style 2)	Acier au carbone ^d	0,58	0,25	0,06	0,15	
8 ^c		Écrou normal (style 1)	Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
10 ^c			Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,3	0,048	0,058	
12 ^c		Acier au carbone, QT ^e	0,58	0,45	0,048	0,058		

QT = Écrous trempés et revenus (Quenched and Tempered).
«—» = Pas de limite spécifiée.

^a En cas de litige, l'analyse sur produit s'applique.

^b Les écrous de ces classes de qualité peuvent être fabriqués à partir d'acier de décolletage par accord entre le client et le fabricant dans ce cas, le soufre, le phosphore et le plomb sont autorisés avec les teneurs maximales suivantes : S : 0.34% P : 0.11% Pb : 0.35%

^c Des éléments d'alliage peuvent être ajoutés à condition que les caractéristiques mécaniques de la présente norme soient respectées.

^d Peut être trempé et revenu à l'initiative du fabricant.

^e Pour les matériaux de ces classes de qualité, la trempabilité doit être suffisante pour garantir une structure d'environ 90% de l'ar tensite à l'état « trempé » avant revenu, au niveau du taraudage de l'écrou tel que spécifié à la figure 5.1-11.

5.1-4 - Valeurs de charge d'épreuve des écrous à pas gros

Filetage D	Pas P	Charge d'épreuve ^a , N Classe de qualité							
		04	05	5	6	8	9	10	12
M5	0,8	5 400	7 100	8 250	9 500	12 140	13 000	14 800	16 300
M6	1	7 640	10 000	11 700	13 500	17 200	18 400	20 900	23 100
M7	1	11 000	14 500	16 800	19 400	24 700	26 400	30 100	33 200
M8	1,25	13 900	18 300	21 600	24 900	31 800	34 400	38 100	42 500
M10	1,5	22 000	29 000	34 200	39 400	50 500	54 500	60 300	67 300
M12	1,75	32 000	42 200	51 400	59 000	74 200	80 100	88 500	100 300
M14	2	43 700	57 500	70 200	80 500	101 200	109 300	120 800	136 900
M16	2	59 700	78 500	95 800	109 900	138 200	149 200	164 900	186 800
M18	2,5	73 000	96 000	121 000	138 200	176 600	176 600	203 500	230 400
M20	2,5	93 100	122 500	154 400	176 400	225 400	225 400	259 700	294 000
M22	2,5	115 100	151 500	190 900	218 200	278 800	278 800	321 200	363 600
M24	3	134 100	176 500	222 400	254 200	324 800	324 800	374 200	423 600
M27	3	174 400	229 500	289 200	330 500	422 300	422 300	486 500	550 800
M30	3,5	213 200	280 500	353 400	403 900	516 100	516 100	594 700	673 200
M33	3,5	263 700	347 000	437 200	499 700	638 500	638 500	735 600	832 800
M36	4	310 500	408 500	514 700	588 200	751 600	751 600	866 000	980 400
M39	4	370 900	488 000	614 900	702 700	897 900	897 900	1 035 000	1 171 000

^a Lors de l'utilisation d'écrous bas, il convient de tenir compte du fait que la charge d'arrachement peut être inférieure à la charge d'épreuve d'un écrou à capacité de charge intégrale (Voir Annexe A).

5.1-5 - Valeurs de charge d'épreuve des écrous à pas fin

Filetage D × P	Charge d'épreuve ^a , N Classe de qualité							
	04	05	5	6	8	10	12	
M8×1	14 900	19 600	27 000	30 200	37 400	43 100	47 000	
M10×1,25	23 300	30 600	44 200	47 100	58 400	67 300	73 400	
M10×1	24 500	32 200	44 500	49 700	61 600	71 000	77 400	
M12×1,5	33 500	44 000	60 800	68 700	84 100	97 800	105 700	
M12×1,25	35 000	46 000	63 500	71 800	88 000	102 200	110 500	
M14×1,5	47 500	62 500	86 300	97 500	119 400	138 800	150 000	
M16×1,5	63 500	83 500	115 200	130 300	159 500	185 400	200 400	
M18×2	77 500	102 000	146 900	177 500	210 100	220 300	—	

5.1-5 – Valeurs de charge d'épreuve des écrous à pas fin

Filetage D x P	Charge d'épreuve ^a , N Classe de qualité						
	04	05	5	6	8	10	12
M18x1,5	81 700	107 500	154 800	187 000	221 500	232 200	—
M20x2	98 000	129 000	185 800	224 500	265 700	278 600	—
M20x1,5	103 400	136 000	195 800	236 600	280 200	293 800	—
M22x2	120 800	159 000	229 000	276 700	327 500	343 400	—
M22x1,5	126 500	166 500	239 800	289 700	343 000	359 600	—
M24x2	145 900	192 000	276 500	334 100	395 500	414 700	—
M27x2	188 500	248 000	351 100	431 500	510 900	535 700	—
M30x2	236 000	310 500	447 100	540 300	639 600	670 700	—
M33x2	289 200	380 500	547 900	662 100	783 800	821 900	—
M36x3	328 700	432 500	622 800	804 400	942 800	934 200	—
M39x3	391 400	515 000	741 600	957 900	1 123 000	1 112 000	—

^a Lors de l'utilisation d'écrous bas, il convient de tenir compte du fait que la charge d'arrachement peut être inférieure à la charge d'épreuve d'un écrou à capacité de charge intégrale (Voir Annexe A).

5.1-6 – Dureté des écrous à pas gros

Filetage D	Classe de qualité															
	04		05		5		6		8		9		10		12	
	Dureté Vickers, HV															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ D ≤ M16	188	302	272	353	130	302	150	302	200	302	188	302	272	353	295c	353
M16 < D ≤ M39					146		170		233a	353b					272	
	Dureté Brinell, HB															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ D ≤ M16	179	287	259	336	124	287	143	287	190	287	179	287	259	336	280c	336
M16 < D ≤ M39					139		162		221a	336b					259	
	Dureté Rockwell, HRC															
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
M5 ≤ D ≤ M16	—	30	26	36	—	30	—	30	—	30	—	30	26	36	29c	36
M16 < D ≤ M39	—								—	36b					26	

L'intégrité de surface doit être conforme à l'ISO 6157-2.

L'essai de dureté Vickers est la méthode de référence

^a Valeur minimale pour les écrous hauts (style2) : 180 HV (171 HB)

^b Valeur maximale pour les écrous hauts (style2) : 302 HV (287 HB 30 HRC)

^c Valeur minimale pour les écrous hauts (style2) : 272 HV (259 HB 26 HRC)

5.1-7 – Dureté des écrous à pas fin

Filetage D × P	Classe de qualité														
	04		05		5		6		8		10		12		
	Dureté Vickers, HV														
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
M8×1 ≤ D ≤ M16×1,5					175		188				353 ^b	295 ^c		295	353
M16×1,5 < D ≤ M39×3	188	302	272	353	190	302	233	302			353	260	353	—	—
	Dureté Brinell, HB														
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
M8×1 ≤ D ≤ M16×1,5					166		179		238 ^a	336 ^b	280 ^c		280	336	
M16×1,5 < D ≤ M39×3	179	287	259	336	181	287	221	287	280	336	247	336	—	—	
	Dureté Rockwell, HRC														
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
M8×1 ≤ D ≤ M16×1,5					—		—		22,2 ^a	36 ^b	29 ^c		29	36	
M16×1,5 < D ≤ M39×3	—	30	26	36	—	30	—	30	29,2	36	24	36	—	—	

L'intégrité de surface doit être conforme à l'ISO 6157-2.

L'essai de dureté Vickers est la méthode de référence

a Valeur minimale pour les écrous hauts (style2) : 195 HV (185 HB)

b Valeur maximale pour les écrous hauts (style2) : 302 HV (287 HB 30 HRC)

c Valeur minimale pour les écrous hauts (style2) : 250 HV (238 HB 22.2 HRC)

Contrôle

Contrôle par le fabricant

La présente partie de l'ISO 898 n'impose pas au fabricant les essais à réaliser sur chaque lot de fabrication. Il relève de la responsabilité du fabricant d'appliquer les méthodes appropriées de son choix, tel que le contrôle en cours de fabrication ou une inspection finale, afin de s'assurer que le lot fabriqué est de fait conforme à toutes les exigences spécifiées. Pour plus d'informations, voir l'ISO 16426.

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

Contrôle par le fournisseur

Le fournisseur contrôle les écrous qu'il livre en utilisant les méthodes de son choix (évaluation périodique du fabricant, contrôle des résultats d'essai du fabricant, essais sur les écrous, etc.), à condition que les caractéristiques mécaniques et physiques spécifiées dans les Tableaux 5.1-4, 5.1-5, 5.1-6, 5.1-7 et 5.1-10 soient conformes. En cas de litige, les méthodes d'essai conformes dans le chapitre « Méthode d'essai » doivent s'appliquer.

Contrôle par le client

Le client peut contrôler les écrous livrés à l'aide des méthodes d'essai spécifiées dans le chapitre « Méthode d'essai ». En cas de litige, les méthodes d'essai spécifiées dans le chapitre « Méthode d'essai » doivent s'appliquer, sauf indication contraire.

Méthodes d'essai

Essai de charge d'épreuve

Généralités

- L'essai de charge d'épreuve consiste en deux opérations principales, soit :
- application de la charge d'épreuve spécifiée au moyen d'un mandrin d'essai (voir Figures 5.1-8 et 5.1-9);
 - contrôle de l'endommagement éventuel du filetage de l'écrou provoqué par la charge d'épreuve.

Note : Pour l'essai de charge d'épreuve des écrous autofreinés, voir l'ISO 2320 qui définit des procédures d'essai complémentaires.

Limites d'application

Cet essai s'applique aux écrous de diamètres nominaux $M5 \leq D \leq M39$ et pour toutes les classes de qualité.

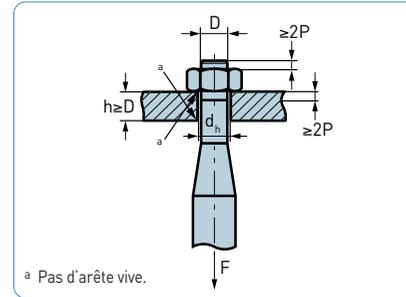
Appareillage

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 auto-alignants.

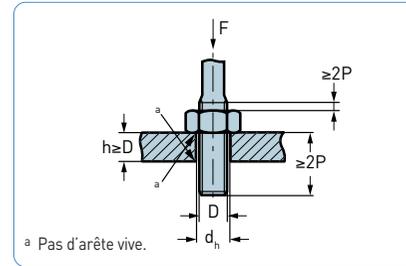
Dispositif d'essai

Le dispositif-support et le mandrin d'essai doivent être conformes aux spécifications suivantes :

1. dureté du dispositif-support : 45 HRC minimum;
2. épaisseur, h , du dispositif-support : $1D$ minimum;
3. diamètre du trou de passage, d_h , du dispositif-support: conforme au Tableau 8;
4. mandrin trempé et revenu: dureté 45 HRC à 50 HRC;
5. classe de tolérance du filetage extérieur du mandrin d'essai: le filetage du mandrin utilisé doit être dans la classe de tolérance 5h6g, et de plus le diamètre extérieur du filetage du mandrin doit être dans le dernier quart de la tolérance du 6g au minimum de matière. Les dimensions du filetage du mandrin d'essai sont données dans les Tableaux B.1 et B.2.



5.1-8
Essai de traction axiale



5.1-9
Essai de compression axiale

5.1-10 - Diamètre du trou de passage du dispositif-support - Dimensions en millimètres

Diamètre nominal D	Diamètre du trou de passage d_h^a		Diamètre nominal D	Diamètre du trou de passage d_h^a		Diamètre nominal D	Diamètre du trou de passage d_h^a	
	min.	max.		min.	max.		min.	max.
M5	5,03	5,115	M14	14,05	14,16	M27	27,065	27,195
M6	6,03	6,115	M16	16,05	16,16	M30	30,065	30,195
M7	7,04	7,13	M18	18,05	18,16	M33	33,08	33,24
M8	8,04	8,13	M20	20,065	20,195	M36	36,08	36,24
M10	10,04	10,13	M22	22,065	22,195	M39	39,08	39,24
M12	12,05	12,16	M24	24,065	24,195	—	—	—

^a $d_h = D$ avec une tolérance D11 (Voir ISO 286-2).

Mode opératoire

L'écrou doit être soumis à essai en l'état de livraison.

L'écrou doit être monté sur le mandrin d'essai conformément à la Figure 5.1-8 ou à la Figure 5.1-9.

L'essai de traction axiale ou l'essai de compression axiale doit être réalisé conformément à l'ISO 6892-1. 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 spécifiée dans le Tableau 5.1-4 pour les écrous à pas gros et dans le Tableau 5.1-5 pour les écrous à pas fin doit être appliquée et doit être maintenue pendant 15 s, avant d'être relâchée.

Le dépassement de la valeur de la charge d'épreuve est à minimiser.

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.

Les filets du mandrin d'essai doivent être contrôlés après chaque écrou essayé. Si les filets du mandrin d'essai ont été endommagés pendant l'essai, le résultat de l'essai ne doit pas être validé et un nouvel essai doit être réalisé avec un mandrin conforme.

Résultats d'essai

Si une fracture de l'écrou ou un arrachement du filetage se produit, cela doit être noté.

Le fait que l'écrou ait été retiré uniquement à la main ou avec l'aide d'une clé sur un demi-tour maximum doit être noté.

Exigence

L'écrou doit résister à la charge d'épreuve spécifiée dans le Tableau 5.1-4 ou 5.1-5 sans arrachement des filets de l'écrou ou rupture de l'écrou.

L'écrou doit pouvoir être dévissé à la main après relâchement de la charge d'épreuve (et, si nécessaire, après un demi-tour maximum avec une clé).

En cas de litige, l'essai de traction axiale effectué conformément à la Figure 5.1-8 doit être la méthode de référence.

Essai de dureté**Limites d'application**

Cet essai s'applique aux écrous de toutes dimensions et de toutes classes de qualité.

Modes opératoires d'essai**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.

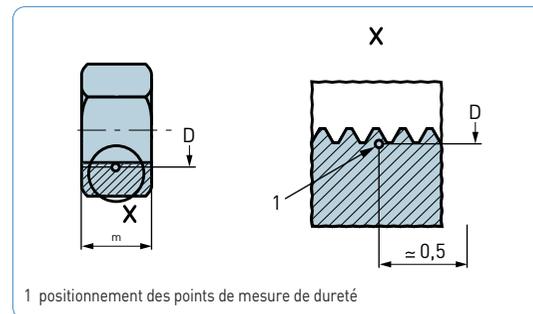
Détermination de la dureté sur une surface

Pour les contrôles de routine, l'essai de dureté doit être réalisé sur une surface d'appui de l'écrou, après enlèvement de tout revêtement et après une préparation adéquate de l'écrou.

La valeur de dureté doit être la moyenne de trois points de mesure espacés d'environ 120° .

Détermination de la dureté sur une section longitudinale

L'essai de dureté doit être effectué sur une section longitudinale passant par l'axe de l'écrou. Les points de mesure doivent être situés à une hauteur d'environ 0,5m et aussi près que possible du diamètre extérieur du filetage de l'écrou (voir Figure 5.1-11).



5.1-11 – Positionnement des points de mesure de dureté à approximativement mi-hauteur d'écrou

Exigences**Écrous trempés et revenus**

La dureté en surface doit satisfaire aux exigences spécifiées 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.

En cas de litige :

1. pour la dureté en surface, l'essai de dureté Vickers avec une charge de 98 N (HV 10) doit être la méthode de référence, et la dureté doit être conforme aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.1-6 ou 5.1-7;
2. pour la dureté à cœur, l'essai de dureté Vickers doit être la méthode de référence, et la dureté doit être conforme aux exigences spécifiées dans le Tableau 5.1-6 ou 5.1-7.

Écrous non trempés et revenus

Les écrous qui ne sont pas trempés et revenus ne doivent pas avoir une dureté supérieure à l'exigence de dureté maximale spécifiée dans le Tableau 5.1-6 ou 5.1-7. En cas de litige, l'essai de dureté Vickers doit être la méthode de référence.

Si l'exigence de dureté minimale n'est pas satisfaite lorsque l'essai est effectué, cela ne doit pas être un motif de rejet à condition que les exigences de charge d'épreuve soient satisfaites.

Contrôle de l'intégrité de surface

Le contrôle des défauts de surface doit être effectué de la façon spécifiée dans l'ISO 6157-2.

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.

Marquage

Généralités

Les écrous ne doivent être désignés conformément au système de désignation

spécifié au chapitre « Désignation des classes de qualité » et ne doivent être marqués conformément à ce chapitre que si toutes les exigences pertinentes de la présente partie de l'ISO 898 sont satisfaites.

Il convient que la variante de marquage spécifiée dans le Tableau 5.1-12 soit laissée à l'appréciation du fabricant.

Marque d'identification du fabricant

La marque d'identification du fabricant doit être apposée pendant le processus de fabrication sur tous les écrous marqués du symbole de la classe de qualité. Le marquage d'identification du fabricant est également recommandé sur les écrous qui ne sont pas marqués d'un symbole indiquant la classe de qualité.

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 898, un distributeur qui distribue des écrous marqués avec sa propre marque d'identification doit être considéré comme le fabricant.

Marquage et identification des fixations à capacité de charge intégrale

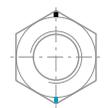
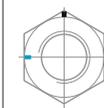
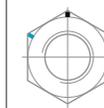
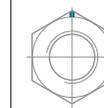
Généralités

Le symbole de marquage doit être réalisé comme spécifié dans ce chapitre pendant le processus de fabrication sur tous les écrous fabriqués conformément aux exigences de la présente partie de l'ISO 898.

Écrous normaux (style 1) et écrous hauts (style 2)

Les symboles de marquage des classes de qualité des écrous normaux (style 1) et des écrous hauts (style 2) sont spécifiés dans le Tableau 5.1-12, deuxième ligne. Pour des écrous de petite dimension ou dont la forme ne permet pas ce marquage, les symboles de marquage alternatif par marquage horaire conformément au Tableau 5.1-12, troisième ligne, doivent être utilisés.

5.1-12 – Symboles de marquage des classes de qualité des écrous normaux (style 1) et des écrous hauts (style 2)

Symbole de désignation de la classe de qualité	5	6	8	9	10	12
Symbole de marquage	5	6	8	9	10	12
Symbole de marquage alternatif par marquage horaire ^a						

^a La position midi (repère de référence) doit être indiquée soit par la marque d'identification du fabricant, soit par un point.

Écrous bas (style 0)

Les symboles de marquage des classes de qualité des écrous bas (style 0) sont spécifiés dans le Tableau 5.1-13.

5.1-13 – Symboles de marquage des classes de qualité des écrous bas (style 0)

Classe de qualité	4	5
Symbole de marquage	4	5

Le marquage horaire alternatif spécifié dans le Tableau 5.1-12 ne doit pas être utilisé pour les écrous bas.

Identification

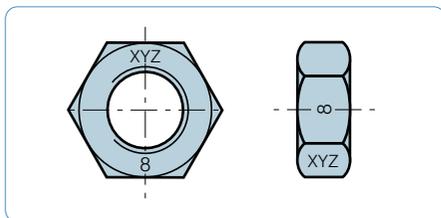
Écrous hexagonaux

Les écrous hexagonaux (y compris les écrous à embase, les écrous autofreinés, etc.) doivent comporter la marque d'identification du fabricant et le symbole de marquage de la classe de qualité spécifié dans le Tableau 5.1-12. Des exemples sont donnés aux Figures 5.1-14 et 5.1-15.

Le marquage est obligatoire pour les écrous de toutes les classes de qualité.

Le marquage doit être effectué en creux sur un côté ou une face d'appui, ou en relief sur le chanfrein. Les marques en relief ne doivent pas dépasser de la face d'appui de l'écrou.

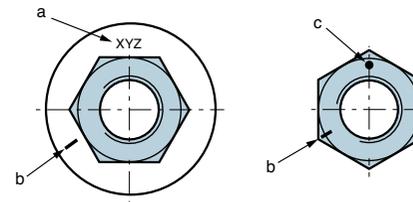
Pour les écrous à embase, le marquage doit être réalisé sur l'embase lorsque le procédé de fabrication ne permet pas d'apposer le marquage sur le dessus de l'écrou.



5.1-14 Exemples de marquage avec le symbole de marquage

5.1-15 – Exemples de marquage horaire (alternative de marquage)

- a Marque d'identification du fabricant.
- b Classe de qualité.
- c Le point peut être remplacé par la marque d'identification du fabricant.



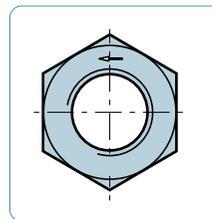
Autres types d'écrous

Si le client l'exige, des systèmes de marquage tels que ceux spécifiés au chapitre « Identification / Ecrus hexagonaux » doivent être utilisés pour d'autres types d'écrous.

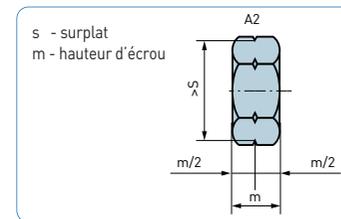
Marquage du filetage à gauche

Les écrous avec filetage à gauche doivent être marqués comme spécifié à la Figure 5.1-6 sur une face d'appui de l'écrou, en creux.

La variante de marquage pour filetage à gauche telle que spécifiée à la figure 5.1-17 peut également être utilisée pour les écrous hexagonaux.



5.1-16 Marquage du filetage à gauche



5.1-17 - Variante de marquage pour filetage à gauche

Marquage des emballages

Tous les emballages de tous les types d'écrous, quelles que soient leurs dimensions, doivent être marqués (par exemple, par étiquetage). Le marquage doit inclure la marque d'identification du fabricant et/ou du distributeur et le symbole de la classe de qualité conformément au Tableau 5.1-12 et 5.1-13 ainsi que le numéro de lot de fabrication tel que défini dans l'ISO 16426.

Annexe a - (informative)

A.1 - Principes de base de conception des écrous

Un assemblage vissé est principalement constitué de deux pièces qui sont assemblées en utilisant d'une part une pièce à filetage extérieur (vis ou goujon) et d'autre part une pièce taraudée ou un écrou.

Un assemblage vissé optimisé constitué d'une vis, d'un goujon ou d'une tige filetée de classe de qualité spécifiée conformément à l'ISO 898-1 et assemblé avec un écrou normal ou haut de classe de qualité associée conformément à la présente partie de l'ISO 898 est apte à supporter une précharge maximale en utilisant les pleines capacités de résistance de la vis. En cas de surserrage, la rupture se produit dans la partie filetée libre de la vis (sollicitée en traction), ce qui met en évidence un problème de serrage.

Le mode de défaillance d'un assemblage vis/écrou sous tension correspond à la valeur la plus faible des trois charges suivantes :

- charge d'arrachement du filetage de l'écrou;
- charge d'arrachement du filetage de la vis, du goujon ou de la tige filetée;
- charge de rupture de la vis, goujon ou tige filetée (la rupture de la vis est le mode de défaillance prévu des assemblages vis/écrou en cas de surcharge).

Ces trois charges dépendent principalement :

- pour l'écrou, de la dureté, de la hauteur, de la hauteur effective de filet complet, du diamètre, du pas et de la classe de tolérance de filetage;
- pour la vis, de la dureté, du diamètre, du pas et de la classe de tolérance de filetage.

De plus, ces trois charges sont interdépendantes. Par exemple, une augmentation de la dureté de la vis peut induire une augmentation de la charge d'arrachement du filetage de l'écrou. La dureté détermine aussi la tenue fonctionnelle de l'écrou, et c'est pourquoi une dureté maximale est spécifiée pour chaque classe de qualité.

La base analytique pour le calcul des différentes charges d'arrachement a été établie dans une publication d'Alexander^[14]. Des essais expérimentaux approfondis ont démontré la théorie d'Alexander par des résultats pratiques. Des études récentes, incluant des calculs aux éléments finis, ont également permis de confirmer cette théorie^[15].

Les trois styles d'écrou se distinguent par leur hauteur. Cela donne au fabricant, pour certaines classes de qualité, la possibilité de choisir soit un procédé de fabrication avec trempe et revenu et utilisant moins de matériau pour obtenir les caractéristiques requises, soit un procédé utilisant plus de matériau mais sans traitement thermique supplémentaire.

Tableau Table A.1 - Hauteurs minimales des écrous hexagonaux

Filetage D	Surplat s mm	Hauteur minimale de l'écrou hexagonal			
		Écrou normal (style 1)		Écrou haut (style 2)	
		m_{\min} mm	m_{\min}/D	m_{\min} mm	m_{\min}/D
M5	8	4,40	0,88	4,80	0,96
M6	10	4,90	0,82	5,40	0,90
M7	11	6,14	0,88	6,84	0,98
M8	13	6,44	0,81	7,14	0,90
M10	16	8,04	0,80	8,94	0,89
M12	18	10,37	0,86	11,57	0,96
M14	21	12,10	0,86	13,40	0,96

Pour des informations techniques détaillées sur les principes de conception des écrous, voir l'ISO/TR 16224.

Tableau Table A.1 – Hauteurs minimales des écrous hexagonaux

Filetage D	Surplat s mm	Hauteur minimale de l'écrou hexagonal			
		Écrou normal (style 1)		Écrou haut (style 2)	
		m_{\min} mm	m_{\min}/D	m_{\min} mm	m_{\min}/D
M16	24	14,10	0,88	15,70	0,98
M18	27	15,10	0,84	16,90	0,94
M20	30	16,90	0,85	19,00	0,95
M22	34	18,10	0,82	20,50	0,93
M24	36	20,20	0,84	22,60	0,94
M27	41	22,50	0,83	25,40	0,94
M30	46	24,30	0,81	27,30	0,91
M33	50	27,40	0,83	30,90	0,94
M36	55	29,40	0,82	33,10	0,92
M39	60	31,80	0,82	35,90	0,92

Tableau Table A.2 – Dureté Vickers minimale proposée pour les écrous normaux (style 1) avec $D < M5$

Filetage D	Dureté Vickers minimale des écrous HV				
	Classe de qualité				
	5	6	8	10	12
M3	151	178	233	284	347
M3,5	157	184	240	294	357
M4	147	174	228	277	337

A.2 - Écrous de diamètres $D < M5$ et $D > M39$

Les caractéristiques mécaniques des assemblages vis/écrou ont été optimisées pour les fixations de M5 à M39 inclus, sur la base des dimensions des écrous hexagonaux spécifiées dans l'ISO 4032 (écrous normaux, style 1) et de l'ISO 4033 (écrous hauts, style 2). En règle générale, les assemblages vis/écrou de petit diamètre nécessitent une dureté d'écrou et/ou un rapport de hauteur d'écrou, m/D , moins élevés, du fait du rapport P/D plus élevé.

Les écrous de diamètre $D < 5$ mm spécifiés dans l'ISO 4032 ont une hauteur minimale d'écrou, m_{\min} , inférieure à $0,8D$, ce qui est trop faible pour respecter ce principe de conception. Cela signifie que ce type d'écrou doit avoir une valeur de dureté plus élevée pour éviter le mode de défaillance par arrachement des filets de l'écrou (voir Tableau A.2).

Les écrous de diamètre $D > M39$ spécifiés dans l'ISO 4032 ont une hauteur minimale d'écrou, m_{\min} , inférieure à $0,8D$, ce qui est trop faible pour respecter ce principe de conception. Par conséquent, les caractéristiques mécaniques de ces écrous ne sont pas définies dans la présente partie de l'ISO 898 et les classes de qualité ne sont pas spécifiées dans l'ISO 4032 (les caractéristiques mécaniques sont à définir par accord entre le client et le fournisseur).

Annexe b - (informative)

Dimension du mandrin d'essai

Table B.1 – Dimensions du filetage du mandrin d'essai pour la charge d'épreuve
Filetage à pas gros

Ecrou Filetage D	Mandrin (filetage à pas gros)			
	Diamètre extérieur de filetage du mandrin <small>(quart inférieur de la classe de tolérance 6 g)</small>		Diamètre à flanc de filetage du mandrin <small>(classe tolérance 5h)</small>	
	max.	min.	max.	min.
M3	2,901	2,874	2,675	2,615
M3.5	3,385	3,354	3,110	3,043
M4	3,873	3,838	3,545	3,474
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

Table B.2 – Dimensions du filetage du mandrin d'essai pour la charge d'épreuve
Filetage à pas fin

Ecrou Filetage D x P	Mandrin (filetage à pas fin)			
	Diamètre extérieur de filetage du mandrin <small>(quart inférieur de la classe de tolérance 6 g)</small>		Diamètre à flanc de filetage du mandrin <small>(classe tolérance 5h)</small>	
	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

5.2 Vis et goujons en acier inoxydable (NF EN ISO 3506-1 – Janvier 2010)

Avertissement : la norme ISO 3506-1 est actuellement en cours de révision. Elle devrait introduire de nouvelles nuances d'acier et une évolution des obligations en matière de marquage et d'étiquetage, Par ailleurs, les méthodes et procédures de test se rapprocheraient de celles des produits en acier (ISO 898-1)

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.

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

5.2-1

Groupe	Nuance	Classe de qualité	Limite de diamètre de filetage	Résistance à la traction	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%	Allongement après rupture
				$R_{m\ min}^{(1)}$ N/mm ²	$R_{p\ 0,2\ min}^{(2)}$ N/mm ²	$A_{\ min}^{(2)}$ mm ²
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 5.2-1.

Couple de rupture minimal $M_{B\ min}$ des vis en acier austénitique M1,6 à M16 (filetage à pas gros)

5.2-2

Filetage	Couple de rupture $M_{B\ min}$ (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

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 5.2-3 et 5.2-4 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.

5.2-3

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.

5.2-4

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 5.2-5.

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 5.2-6 pour la classe de qualité considérée.

5.2-5

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.

5.2-6

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 5.2-7.

5.2-7

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

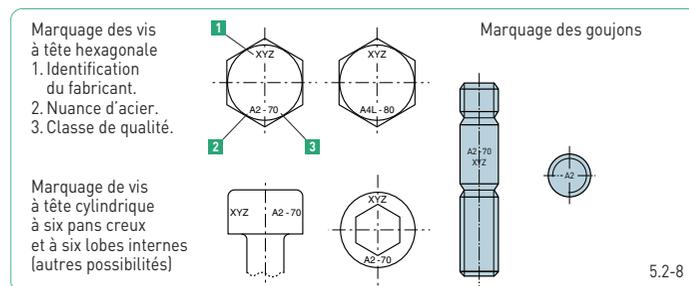
Vis et goujons (figure 5.2-8)

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 $d \geq 5$ 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 $d \geq 6$ 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.



5.2-8

5.3 Ecrous en acier inoxydable (NF EN ISO 3506-2 - Janvier 2010)

Avertissement : la norme ISO 3506-2 est actuellement en cours de révision. Elle devrait introduire de nouvelles nuances d'acier et une évolution des obligations en matière de marquage et d'étiquetage, Par ailleurs, les méthodes et procédures de test se rapprocheraient de celles des produits en acier (ISO 898-2)

Nota : le marquage est d'une série d'entailles au 1/3 de la hauteur pour de l'acier de nuance A2 et de deux séries au 1/3 et 2/3 de la hauteur pour de l'acier de nuance A4.

Domaine d'application

- Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux écrous :
- de diamètre de filetage (d) jusqu'à 39 mm inclus,
 - à filetage métrique ISO triangulaire,
 - de forme quelconque,
 - avec des cotes sur plats telles que spécifiées dans la norme ISO 272,
 - dont la hauteur nominale est égale ou supérieure à 0,5d.
- Elles ne s'appliquent pas aux écrous possédant des caractéristiques spéciales telles que la capacité de freinage ou la soudabilité.

Caractéristiques mécaniques des écrous en acier austénitique

5.3-1

Groupe	Nuance	Classe de qualité		Limite de diamètre de filetage	Résistance à la charge d'épreuve $S_{p\ min}$ (Nm)	
		Ecrou style 1 (m ≥ 0,8d)	Ecrou bas (0,5d ≤ m ≤ 0,8d)		Ecrou style 1 (m ≥ 0,8d)	Ecrou bas (0,5d ≤ m ≤ 0,8d)
Austénitique	A1	50	025	≤ 39	500	250
	A2 A3	70	035	≤ 24 ⁽¹⁾	700	350
	A4 A5	80	040	≤ 24 ⁽¹⁾	800	400

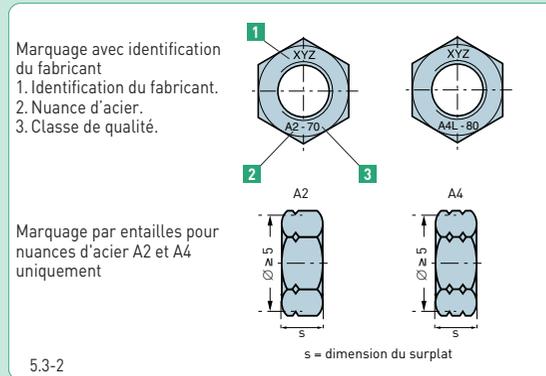
1. Les caractéristiques mécaniques des éléments de fixation dont le diamètre nominal de filetage d est supérieur ou égal à 24 mm doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et être marqués de la nuance d'acier et classe de qualité selon le tableau 5.3-1

Marquage (figure 5.3-2)

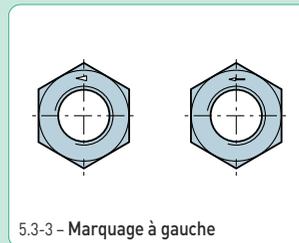
Le marquage est obligatoire sur les écrous de diamètre nominal de filetage $d \geq 5$ mm. Il doit inclure la nuance et la classe de qualité de l'acier. Le marquage d'une seule face de l'écrou est acceptable et doit être en creux uniquement lorsqu'il est appliqué sur la face de contact de l'écrou. Le marquage est également toléré sur le coté de l'écrou. Lorsque le marquage est constitué d'entailles, sans indication de la classe de qualité, c'est la classe de qualité 50 ou 025 qui s'applique.

Marquage à gauche (figure 5.3-3)

Les écrous avec filetage à gauche doivent être marqués en creux sur une face d'appui de l'écrou par une flèche ou par une saignée sur les angles du six pans à mi-hauteur.



5.3-2



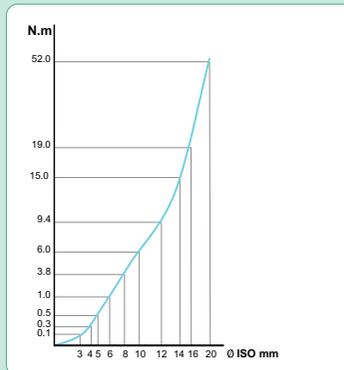
5.4 Fixations en matériau thermoplastique

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.

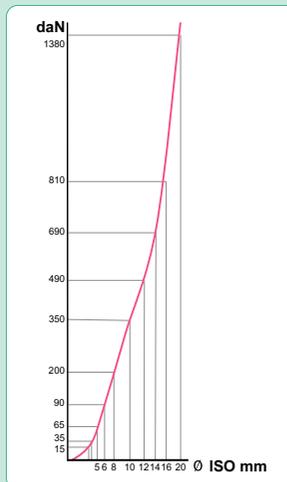
Propriétés	PA	PA-FV	PP	POM	PE-HD	PVDF	
Mécaniques							
Densité	g/cm ³	1,14	1,29 à 1,36	0,90 à 0,92	1,40 à 1,43	0,95	1,76
Reprise d'humidité	%	2,60	1,80	0,03 à 0,1	0,25 à 0,28	0,01 à 0,1	0,04
Module d'élasticité	MPa	1100 à 2000	5000 à 5300	1000 à 1300	3000	1100 à 1400	2300 à 3000
Allongement	%	4,5 à 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

PA : polyamide / PA-FV : polyamide chargé de fibre de verre / PP : polypropylène / POM : polyacétal (Delrin®)
PE-HD : polyéthylène / PVDF : fluorure de polyvinylidène (polyvinylidenfluorid)

5.4-1 Courbe de couple de serrage PA 6-6



5.4-2 Courbe de résistance à la traction PA 6-6



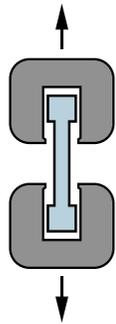
Résistance aux liquides (source : fabricants de matière première)

● Bonne résistance ● Résistance limitée ● Application déconseillée

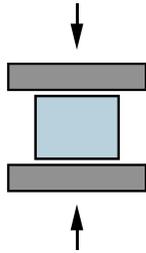
Matière	Liquide																	Reprise d'humidité selon ASTM D 570 (%)								
	Eau froide	Eau chaude	Acide dilué	Acide concentré	Acide oxydé	Acides fluorhydriques	Potasse diluée	Potasse concentrée	Bases inorganiques	Halogène sec	Hydrocarbures	Hydrocarbures chlorés	Alcools	Ester	Cétone	Ether	Aldéhyde		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 I.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,7 à 0,9
PUR v.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,1 à 0,2
PUR e.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	0,7 à 0,9

5.5 Essais mécaniques

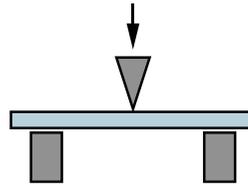
5.50 Synoptique des principaux essais mécaniques



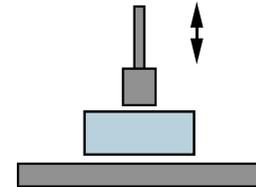
TRACTION 5.50-1



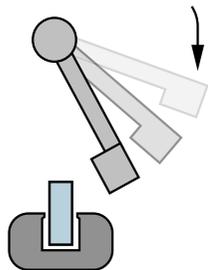
COMPRESSION 5.50-2



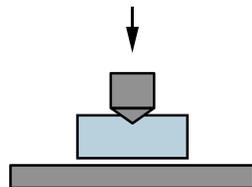
FLEXION 5.50-3



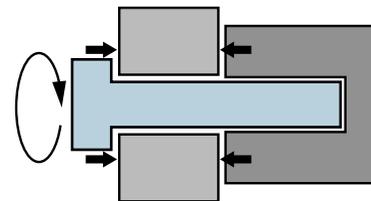
FATIGUE 5.50-4



RESILIENCE 5.50-5



DURETE 5.50-6



COUPLE-TENSION 5.50-7

5.51 Essais de traction NFE EN 10002-1

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.

$$\sigma = \frac{\text{Force appliquée à l'éprouvette (F)}}{\text{Section initiale de l'éprouvette dans la zone centrale (S)}}$$

$$\epsilon = \frac{\text{Différence de longueur de l'éprouvette (\Delta l)}}{\text{Section initiale de l'éprouvette dans la zone d'allongement (l_0)}}$$

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 schématisée, on en déduit une courbe $\sigma = f(\epsilon)$ (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 ,
- l'allongement à la rupture $A\%$,
- le module d'élasticité E , ou module de Young $E = \sigma/\epsilon$, 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 $\epsilon = 0$). 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 $\epsilon \neq 0$). 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 ambiguïté, 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 :

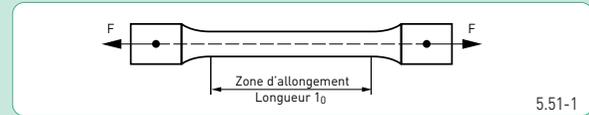
- par des essais de résilience, caractérisant la tenue aux chocs (choc Charpy, choc Izod, essais Brinell, essais Rockwell),
- par des essais de traction, avec des vitesses de mise en charge faibles.

Essai de traction sur vis entière

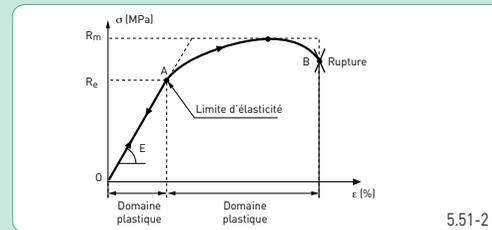
La norme 898-1 dans son évolution reconnaît et priorise les essais sur vis entière.

«Cet essai simple est à privilégier car il permet d'obtenir, en un seul essai et dans des conditions volontairement sévère, une image globale de l'aptitude de la fixation à sa fonction» soit :

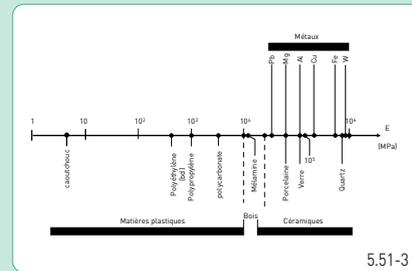
- la résistance à la traction sur vis finie R_m ,
- la ductilité dans la zone de raccordement sous tête (dépendant essentiellement du matériau et du traitement thermique ou écrouissage),
- le bon fibrage dans la zone de raccordement.



5.51-1



5.51-2



5.51-3



5.51-4 Appareil d'essai de traction

5.52 Essais de compression et cisaillement

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.

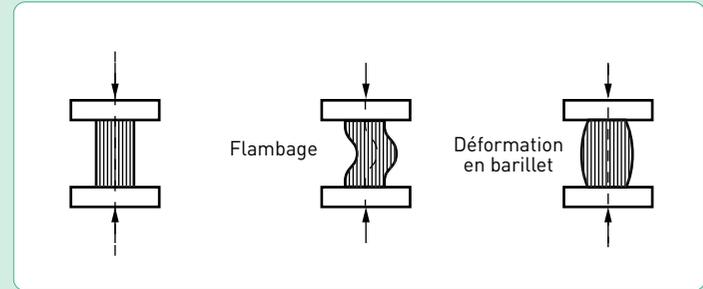
Mais il est souvent plus profitable de réaliser un essai de traction pour obtenir des résultats caractérisant de façon rigoureuse le matériau. En effet, deux difficultés majeures apparaissent lors de l'essai :

- 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.

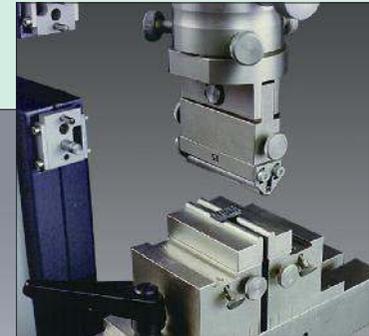
Essai de cisaillement

Un essai de cisaillement en matière de fixation ne peut être représentatif que réalisé en conditions réelles de montage de l'assemblage. Aucune norme ne définit de valeur pour ce type d'essai.



5.52-1 Déformation de l'éprouvette lors d'un essai de compression

5.52-2 Appareil de test de compression



5.52-3 Appareil de test de cisaillement

5.53 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

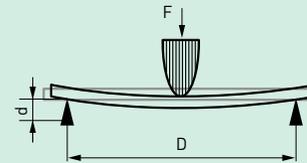
$$E = \frac{D^3}{4bh^3} \times \frac{F}{d}$$

$$\sigma = \frac{3FD}{2bh^2}$$

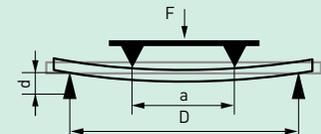
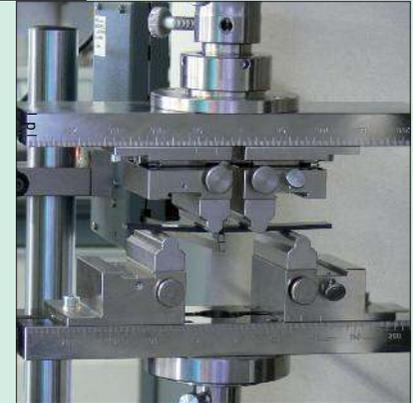
4 points

$$E = \frac{3D^3(L-D)}{bh^3} \times \frac{F}{d}$$

$$\sigma = \frac{3F(D-a)}{2bh^2}$$



5.53-1 Flexion 3 points



5.53-2 Flexion 4 points

5.54 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 5.54-1),
- 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 5.54-2).

Ainsi, un essai de fatigue se rencontre sous un grand nombre de variantes (figure 5.54-3).

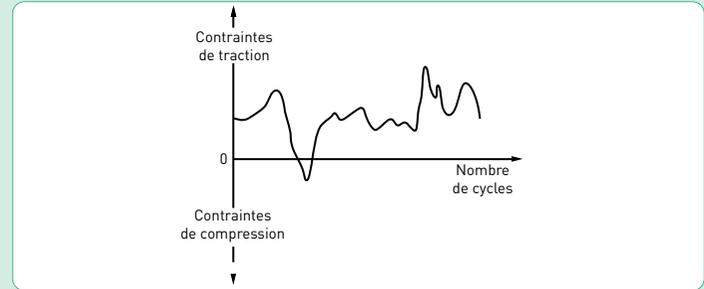
On note cependant que ce cycle est généralement fonction des contraintes σ imposées au matériau, et non pas des déformations s . Les contraintes sont plus faciles à contrôler (figure 5.54-4).

Résultats

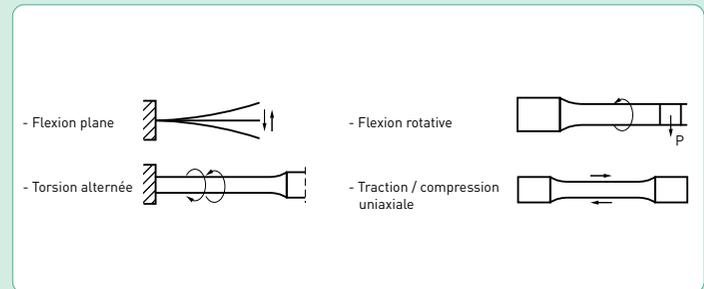
Les résultats sont matérialisés par les courbes de Wöhler (figure 5.54-4). Pour obtenir ces courbes, des éprouvettes sont soumises à des efforts en flexion rotative, avec divers niveaux d'amplitude de contrainte. Le nombre de cycles requis pour entraîner la rupture de ces éprouvettes est recherché.

La rupture par fatigue est un phénomène statistique : les courbes 5.54-5 correspondent à une probabilité de 50% de rupture, pour un niveau donné d'amplitude de contrainte.

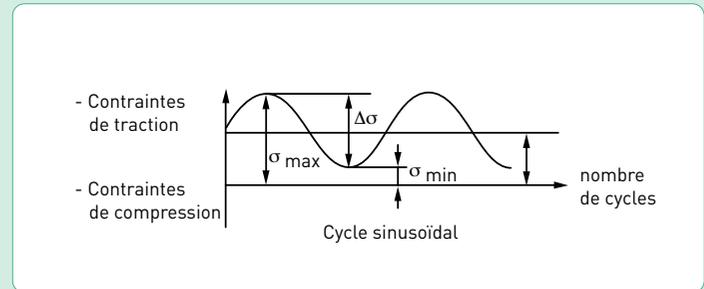
Pour une analyse complète, il faut donc souvent multiplier les essais de fatigue, à chaque niveau de contrainte, afin de déterminer les courbes d'équiprobabilité de rupture.



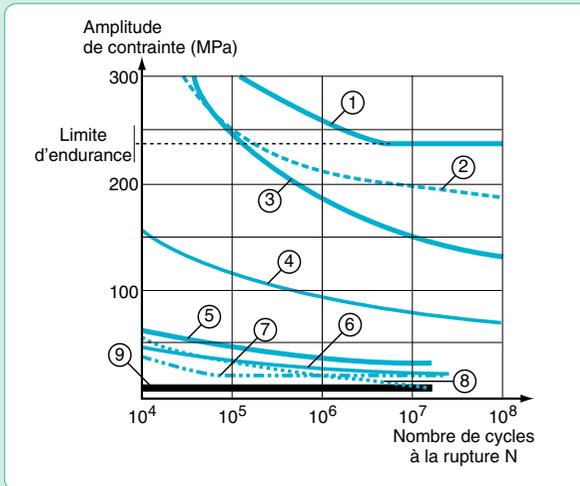
5.54-1 Exemple de courbe de fatigue en situation réelle



5.54-2 Types de sollicitation pour essais de fatigue



5.54-3 Exemple de courbe d'essai de fatigue

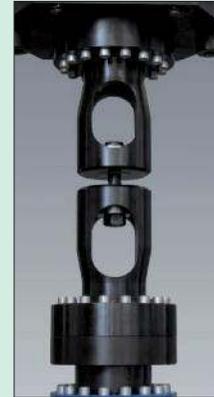
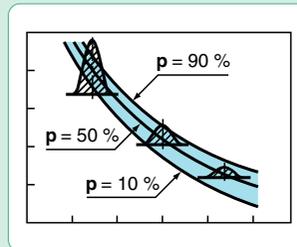


5.54-4 Courbes de Wöhler

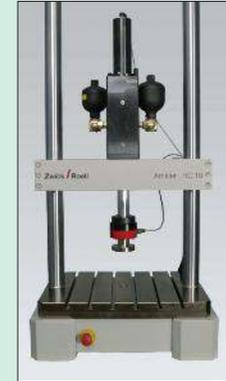
1- acier doux. 2- Al 7075 - T6*. 3- Al 2024 - T6*. 4- Aluminium.
5- Epoxyde; 6- Bois (pin). 7- PMMA. 8- Nylon. 9- Verre.

* Alliage d'aluminium norme ASTM / Etats-Unis

5.54-5 Courbes de probabilité de rupture



5.54-6 Machine de test sur vis



5.54-7 Machine de test uni-axiale



5.54-8 Echantillons après un test de fatigue

5.55 Essais de résilience - Essais de flexion par chocs NF EN 10045-1

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 :

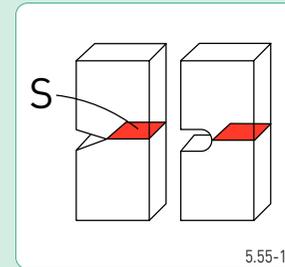
- les basses températures,
- les vitesses croissantes d'application des charges,
- les efforts anormaux (effort excentrés agissant dans des directions hors axe de symétrie).

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.

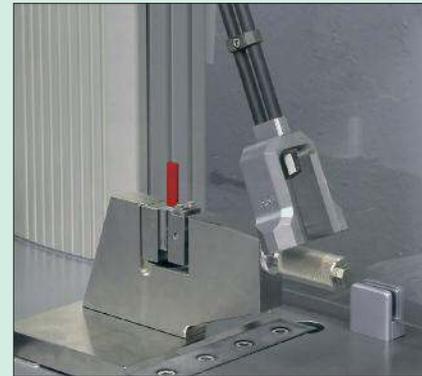
Essais sur barreaux, choc Charpy, choc Izod

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.

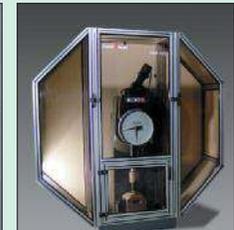
L'énergie absorbée est obtenue en comparant la différence d'énergie potentielle entre le départ du pendule et la fin de l'essai. La machine est munie d'index permettant de connaître la hauteur du pendule au départ ainsi que la position la plus haute que le pendule atteindra après la rupture de l'éprouvette.



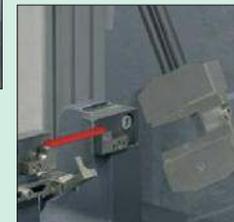
5.55-1



5.55-2 Essai Izod



5.55-3 Mouton 300/400J



5.55-4 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 :

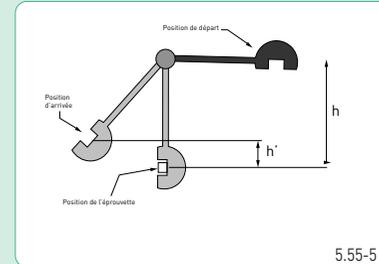
- Charpy U : flexion 3 points, avec entaille en U, résilience notée KCU,
- Charpy V : flexion 3 points, avec entaille en V, résilience notée KCV,
- Izod : éprouvette encastrée, entaille affleurante, en V, résilience Izod.

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.



5.55-5

5.55-5 Représentation du mouton-pendule et des hauteurs à prendre en compte pour le calcul de l'énergie absorbée

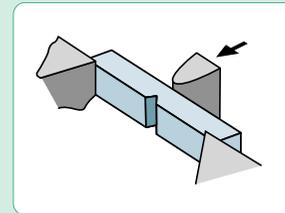
$$K = m.g.h - m.g.h'$$

m : masse du mouton-pendule

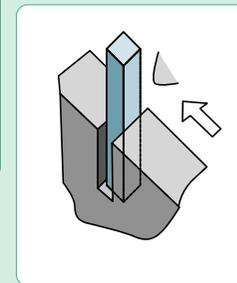
g : accélération de la pesanteur (environ 9,81 m.s⁻²)

h : hauteur du mouton-pendule à sa position de départ

h' : hauteur du mouton-pendule à sa position d'arrivée



5.55-6 Charpy



5.55-7 Izod

5.56 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 F_0 et une surcharge F_1 . 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'écaillage 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.

$$HV = \frac{2F \sin 136/2}{g \cdot d^2} = \frac{0,189F}{d^2}$$

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 cimentés.

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 cimentés, aciers nitrurés...

Il est important d'obtenir, lors de l'essai, d_1 et d_2 de même ordre de grandeur.

Essais Brinell

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.

$$HB = \frac{F \text{ (N)}}{S \text{ (mm}^2\text{)}}$$

F : force appliquée (N)

S : surface de l'empreinte (mm²)

Autre formule, si la surface d'empreinte se calcule en fonction de la profondeur h ou du diamètre d :

$$HB = \frac{2F}{g \cdot \pi \cdot D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{0,102F}{S_{dh}}$$

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 : $HB \approx 3R_m$

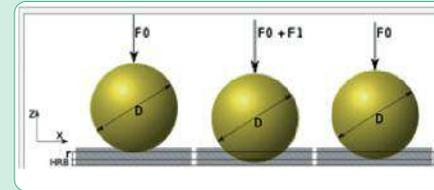
Essais Knoop

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.

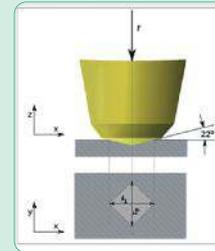
La dureté Knoop HK s'exprime comme la dureté Vickers par le rapport de la force appliquée F à la surface projetée A de l'empreinte.

Cette méthode permet de résoudre de nombreux problèmes tels que la mesure de la dureté des couches minces (décarburation, traitements superficiels comme que la carbonituration), l'évaluation de l'écroissage local, l'exploration d'alliages à phases multiples.

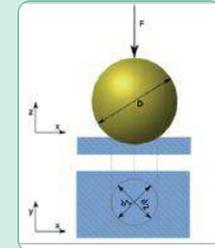
Grandeur mesurée : dureté Knoop HK.



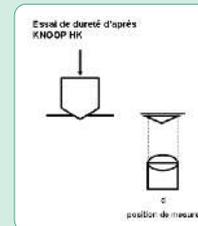
5.56-1 Essai Rockwell



5.56-2 Essai Vickers



5.56-3 Essai Vickers



5.56-4 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.

$$HK = 14229 \cdot \frac{F}{d^2}$$

F : force d'un essai (kgf)

d : diagonales de l'empreinte (mm)

Tableau d'ensemble : essais de dureté des métaux

5.56-5

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 béryllium, 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

5.56-6

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

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, \varnothing 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, \varnothing 3,1750 mm (1/8 pouce)		588,4 N	70 à 100 HRE		
Echelle F	HRF	Bille \varnothing 1,5875 mm			60 à 100 HRF		
Echelle G	HRG	Bille, \varnothing 1,5875 mm (1/6 pouce)		1471 N	30 à 94 HRG		
Echelle H	HRH	Bille, \varnothing 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			147,1 N	67 à 93 HR 15T		
30 T	HR 30T	Bille, \varnothing 1,5875 mm (1/16 pouce)	29,42 N	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 \leq 0,2	Pyramide diamant	-	0,098 à 1,961	Dureté Vickers HV		DIN ISO 4516
Petite charge	HV 0,2 à \leq 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	-	\leq 9,807 N	Dureté Knoop HK	ISO 4545 DIN ISO 4516	
Brinell	HBW	Bille, \varnothing 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, \varnothing 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, \leq 650 HBT		
Dureté de rebond	HL	Sphérique Rayon 1,5 à 2,5 mm	-	E = 3,0 mJ 90,0 mJ	Dureté de rebond		

5.57 Essais de couple/tension

Généralités

Dans les assemblages vissés, la relation qui lie le couple de serrage et la tension qui en résulte dans la vis est tributaire des frottements. Ceux-ci se localisent entre les filets de la vis et ceux de l'écrou ou du taraudage d'une part, ET entre la face d'appui et la fixation entraînée en rotation (vis ou écrou selon le procédé de serrage).

Un assemblage optimisé nécessite la maîtrise des frottements ainsi que l'emploi d'outils de serrage précis afin de respecter la plage de tension visée.

Un essai de couple/tension est réalisé :

- soit pour déterminer les caractéristiques réelles de l'assemblage, à condition de disposer des pièces et fixations à assembler,
- soit pour vérifier les caractéristiques d'une fixation dans des conditions de référence normalisée
 - NF EN ISO 16047 + NF E 25-039 dans le cas général
 - NF EN 14399-2 pour les boulons de construction métallique
 - Normes internes ou cahier des charges des utilisateurs : constructeurs et équipementiers automobile, aéronautique etc...

Cet essai est effectué sur un banc de serrage et nécessite l'utilisation d'algorithmes de calcul spécialisés.

Coefficient de frottement μ

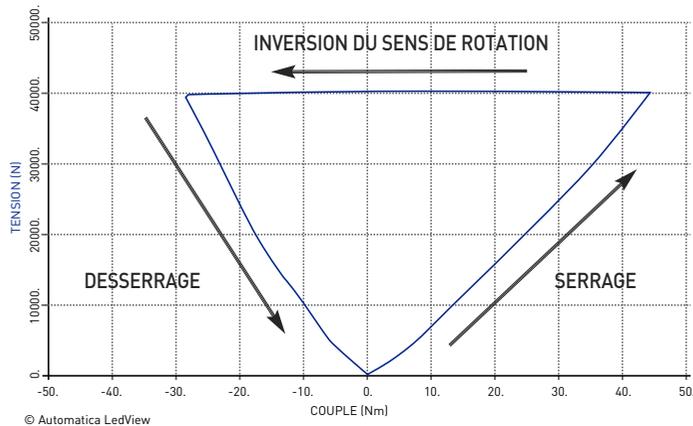
Il est habituellement utilisé pour la construction mécanique, l'automobile, le ferroviaire. μ est un nombre sans dimension, calculé à partir de grandeurs physiques mesurées, qui permet de résumer la relation couple/tension simplement et indépendamment des caractéristiques géométriques de l'assemblage. 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)

$$C = F \times (0,16 \times P + \mu \times (0,577 \times d^2 \times r_m))$$



5.57-1 Exemple de banc de serrage



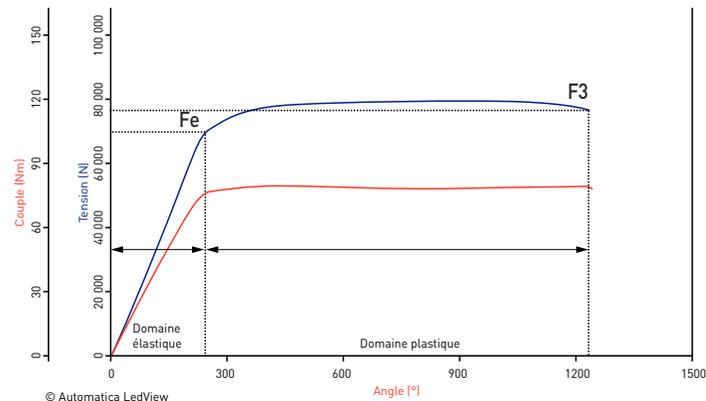
5.57-2 Visualisation d'une courbe d'essai couple/tension

Si les caractéristiques de l'équipement d'essai le permettent, il est possible de répartir le frottement total μ_{tot} en frottement sous la fixation entraînée 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

$$C = K \times d \times F$$



5.57-3 Exemple de courbe de serrage dans le domaine plastique

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 maîtrise 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

TYOLOGIE

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 :

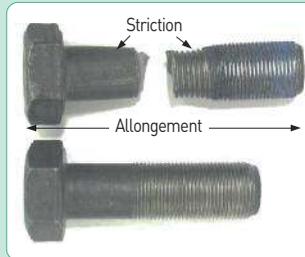
- des amorces périphériques multiples avec lignes de crêtes ou radiales,
- des lignes frontales ou lignes d'arrêt,
- deux zones identifiables : une zone de propagation en fatigue et une zone de rupture finale brutale.

Flexion plane et flexion plane alternée (photo 5.6-5)

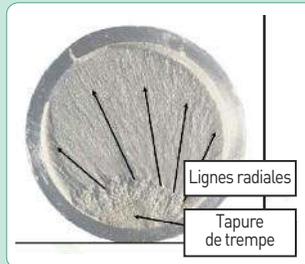
Dans le cas de flexion plane, l'amorçage se situe en un seul point.

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)



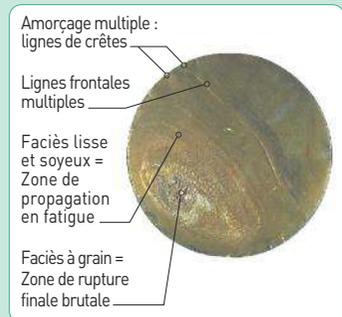
5.6-2 Rupture brutale semi-fragile : localisation de l'origine de la rupture



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 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 !

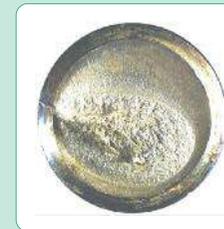
Quelques recommandations :

- 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

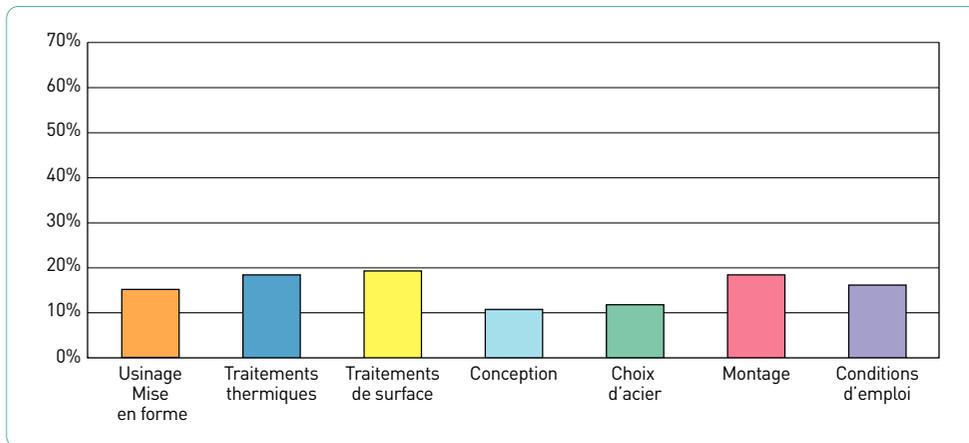


5.6-6 Rupture due à une fragilisation par l'hydrogène



5.6-7 Rupture sur piqûres de corrosion

5.6-8 Statistique des causes de rupture brutale



5.6-9 Statistique des causes de rupture par fatigue

