

Données complémentaires
pour une meilleure approche
du chapitre

APPROCHE TECHNICO-ECONOMIQUE

Ch. 8 - Vocabulaire du métier
de la fixation

TECHNIQUE AVANCÉE

Ch. 6 - Profil d'un élément fileté
Ch. 9 - Boulonnerie de
construction métallique

BIBLIOTHEQUE & OUTILS

Ch. 1 - Répertoire des normes
Ch. 2 - Normes boulonnerie
de construction métallique
Ch. 6 - Notation abrégée usuelle
Ch. 12 à 23
Ch. 24 - Couples de serrage pour
visserie en acier ou inox

ENVIRONNEMENT & LEGISLATION

Ch. 1 - Arrêté du 20 Janvier 1995
Ch. 2 - Arrêté du 24 Avril 2006
Ch. 3 - Arrêté du 6 Mars 2008
Ch. 7 - Eurocode 3
Ch. 12 - Usages de la profession
et préconisations générales

4

Choix d'un assemblage boulonné

4.0 Démarche de choix d'un élément d'assemblage

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

1 Pièces à assembler

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

2 Sollicitations mécaniques que devront subir les vis d'assemblage

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

3 Contraintes législatives, réglementaires ou diverses

- Conditions de calcul. Exemple : EUROCODE 3 pour les structures de bâtiment.

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

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

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

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

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

6 Couple de serrage

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

7 Milieu ambiant

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

8 Conditions économiques (cout complet monté)

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

4.2 Règles d'implantation

Désignation normalisée des vis

Symbole de la forme de la tête

Norme de référence

Diamètre nominal d (mm)

Classe de qualité

VIS H ISO 4017 - M 12 - 30 - 8.8

Terme

Symbole du filetage métrique

Longueur l (mm)

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

4.2-1

Assemblage par vis avec tête débordante

Sur trou taraudé débouchant

Sur trou taraudé borgne

- Trou lisse de passage de la vis dans la pièce A : le diamètre d_1 est choisi en fonction du diamètre d de la vis (voir tableau 4.1-3) $d_1 > d$
- Implantation minimale J_m de la vis : longueur de filetage de la vis en prise avec le trou taraudé dans la pièce B.
La longueur j définit la longueur de filetage en prise pour l'assemblage considéré :
- vis : métaux durs : $j \geq d$ / métaux tendres : $j \geq 1,5 d$
- goujons : métaux durs : $j \geq 1,5 d$ / métaux tendres : $j \geq 2 d$
- La longueur p définit la longueur de filetage intérieur : $p = j + 3$ à 4 pas
- La longueur q définit la longueur du trou avant taraudage : $q = j + 8$ à 9 pas

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

4.2-2

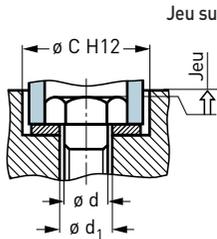
4.2-3

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

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

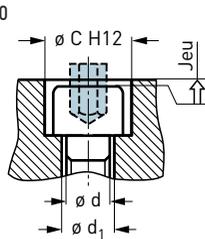
Tête de vis noyée dans un lamage pour ISO / DIN en TH

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



Jeu supérieur à 0

Outil de serrage
non débordant
de la tête

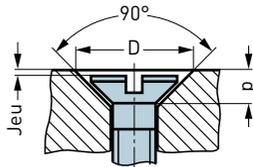


Remarque : les vis à tête fraisée sont noyées dans une fraisure.

Diamètre nominal d	d ₁ H13	ø C H12 / Outil de serrage	
		Non débordant	Débordant
M3	3,4	8	12
M4	4,5	10	16,5
M5	5,5	11	19,5
M6	6,6	13	22
M8	9	18	28,5
M10	11	20	37
M12	13,5	22	42
M14	15	26	47
M16	17,5	30	52

4.2-4

Tête de vis à métaux noyée dans une fraisure

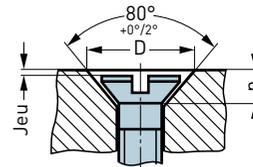


Jeu supérieur à 0

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

4.2-5

Tête de vis à tôle 7982 noyée dans une fraisure



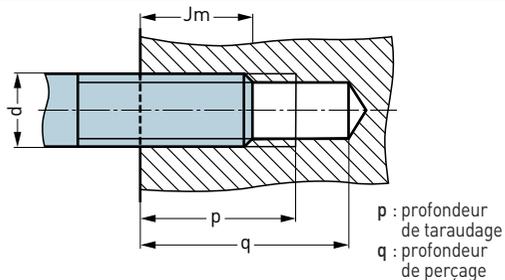
Jeu supérieur à 0

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

4.2-6

4.3 Implantation d'une vis

Détermination de la profondeur de taraudage p et de perçage q



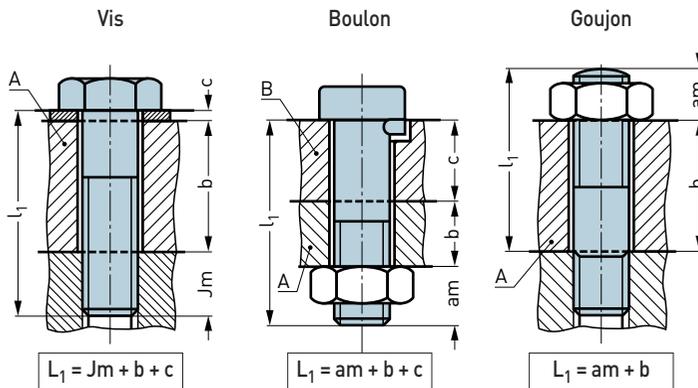
Implantation minimale J_m en fonction de la matière

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

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

4.3-1

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



J_m : implantation minimale (voir 4.2-1)
 b : épaisseur pièce A
 c : épaisseur rondelle

a_m : dépassement minimal
 Avec écrou H : $a_m = d$
 Avec écrous H et Hm : $a_m = 1,7d$
 Avec écrou HK : $a_m = 1,4d$

4.3-2

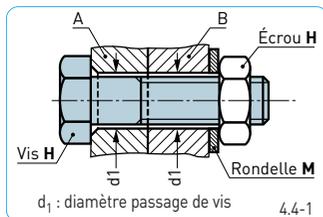
4.4 Les boulons

Présentation

Un boulon est constitué :
 - d'une vis portant le filetage,
 - d'une ou deux rondelles assurant l'appui d'un écrou permettant le serrage (se reporter aux chapitres 4.8 et 4.9).

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

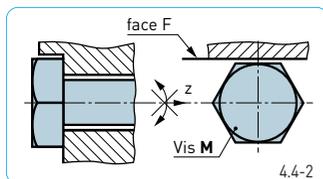
Les boulons sont définis à partir de la forme de la tête de vis.



Boulon à tête hexagonale

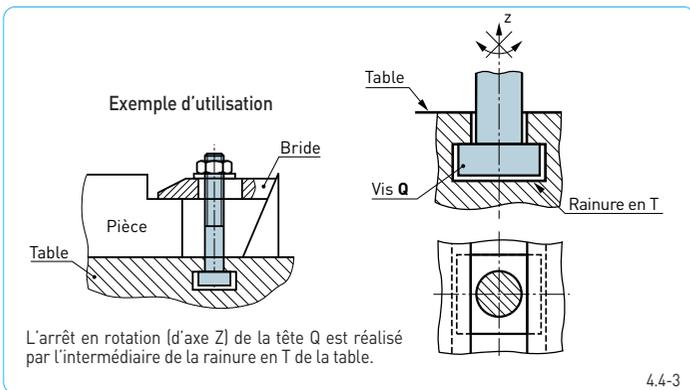
C'est le boulon le plus utilisé en construction mécanique. L'arrêt en rotation (d'axe Z) de la tête H est facilement et économiquement réalisé :

- par une clé si accessibilité,
- par un obstacle comme la face F (figure 4.3-2),
- par une plaquette arrêteur.



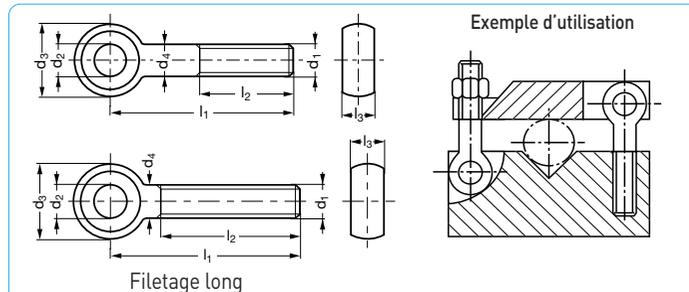
Boulon à tête carré

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



Boulon à œil ou vis d'articulation

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



d_1	d_2 H7	$d_3^{-0.3}$	d_4	l_1			l_2	$l_3^{-0.15}$
M 5	5	12	5	50	75		22	6
M 6	6	14	6	50	75		32	7
M 8	8	18	8	50	75	100	32	9
M 10	10	20	10	50	75	130	40	12
M 12	12	25	12	75	100	130	40	14
M 16	16	32	16	75	100	160	50	17
M 20	18	40	20	100	130		63	22

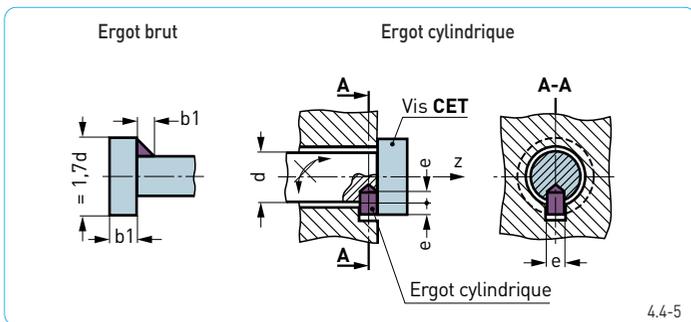
Filetage long

d_1	d_2 E8	$d_3^{-0.4}$	d_4	l_1				l_2	$l_3^{-0.2}$
M 6	6	12	6	50	60	70	80	40	8
M 8	8	16	8	50				40	10
M 8	8	16	8	60	70	80	100	45	10
M 10	10	20	10	50				38	12
M 10	10	20	10	60				46	12
M 10	10	20	10	70	80	100	120	50	12
M 12	12	25	12	50				35	14
M 12	12	25	12	60				42	14
M 12	12	25	12	70				52	14
M 12	12	25	12	80	100	120	130	60	14
M 16	16	32	16	70				49	18
M 16	16	32	16	80				59	18
M 16	16	32	16	100				77	18
M 16	16	32	16	120	140	160		80	18
M 20	20	40	20	100				75	22
M 20	20	40	20	125				95	22
M 20	20	40	20	140	160			100	22
M 24	25	50	24	160	240			120	28

Boulon à tête cylindrique

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

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



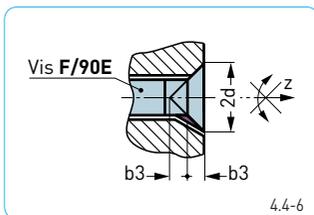
Boulon à tête fraisée

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

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

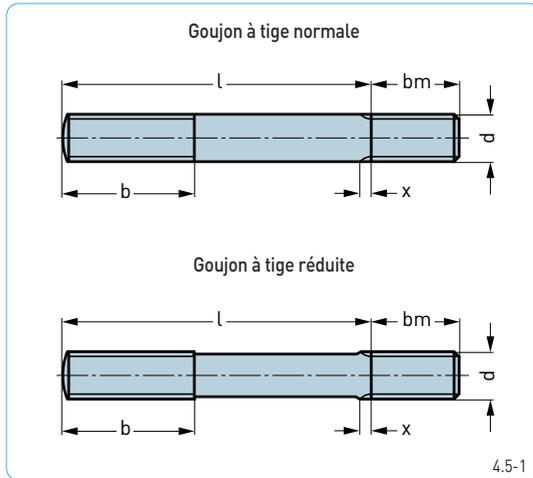
Remarque : ceci s'applique également aux boulons à tête fraisée bombée

$F90/E$ ou ET

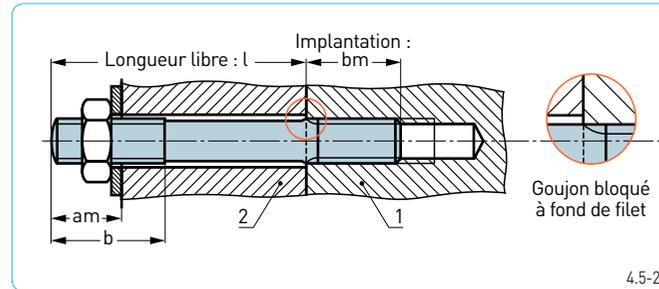


4.5 Les goujons NFE 25-135

Représentation d'un goujon



Implantation d'un goujon



Implantation bm en fonction de la matière

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

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

4.6 Les vis de pression

Vis sans tête à empreinte 6 pans creux HC

Vis sans tête à bout plat

Exemple d'utilisation

Serrage modéré de la pièce 1 sur 2

Support fixe 1

2

Vis HC M10 - 20 ISO 4026 / DIN 913

4.6-1

Vis sans tête à bout cuvette

Vis HC M 10-20 ISO 4029 / DIN 916

4.6-4

Vis sans tête à bout conique

Exemple d'utilisation

Localisation et serrage de l'arbre 1 sur l'alésage fixe 2 sur l'axe z

1

2

z

Vis HC M10-20 ISO 4027 / DIN 914

4.6-2

Vis de pression à tête réduite

Embout technopolymère

Bout sphérique

Embout laiton

90° Bout pointeau

4.6-5

Vis sans tête à bout téton

Exemple d'utilisation

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

1

2

z

Tenon dans gorge circulaire sur 1

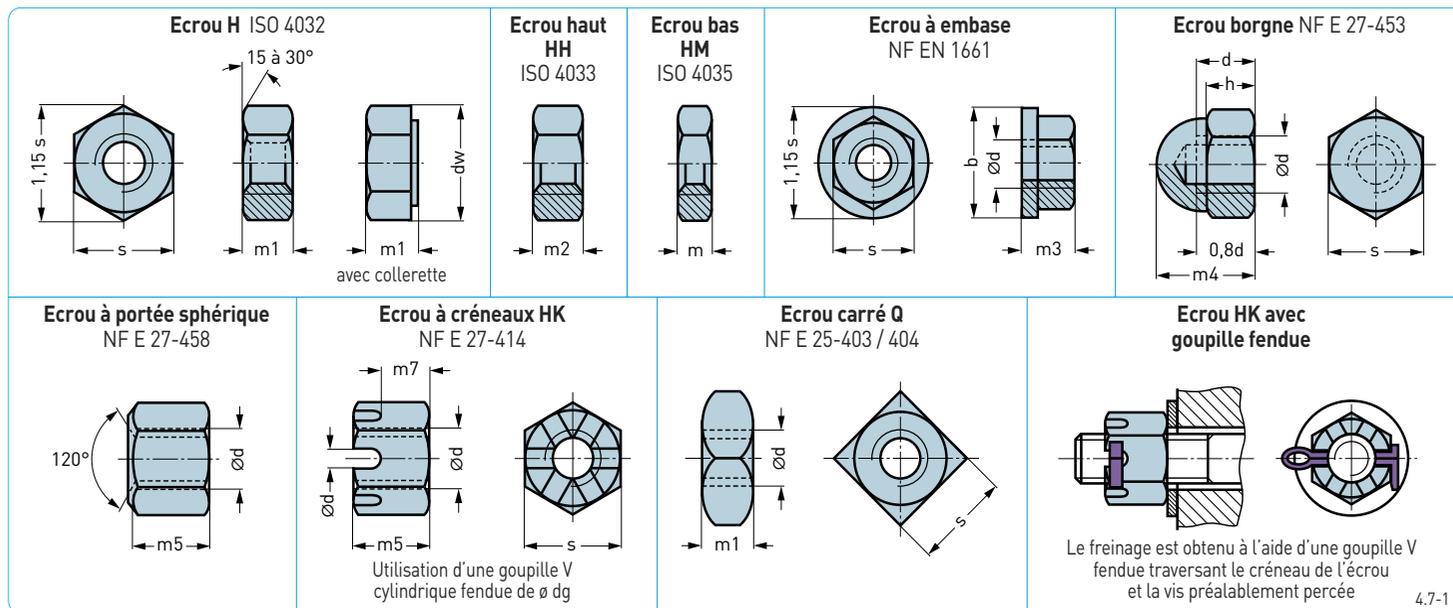
Vis HC M10-20 ISOI 4028 / DIN 915

4.6-3

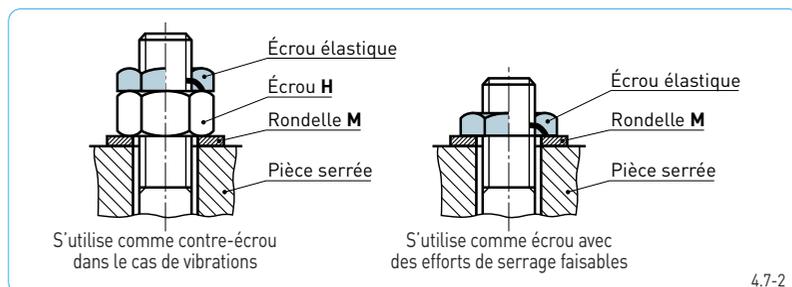
Attention : dans cet exemple, il s'agit d'une vis d'arrêt et non d'une vis de pression. La liaison de 1 par rapport à 2 est une liaison pivot et non une liaison complète.

4.7 Les écrous

Écrous hexagonaux

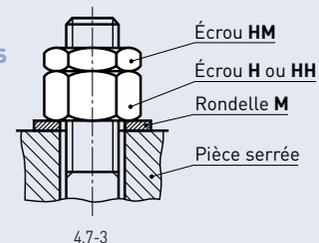


Écrous élastiques en tôle NFE 27-460

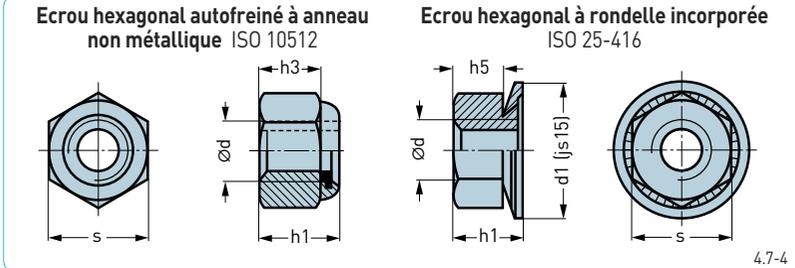


Utilisation de deux écrous

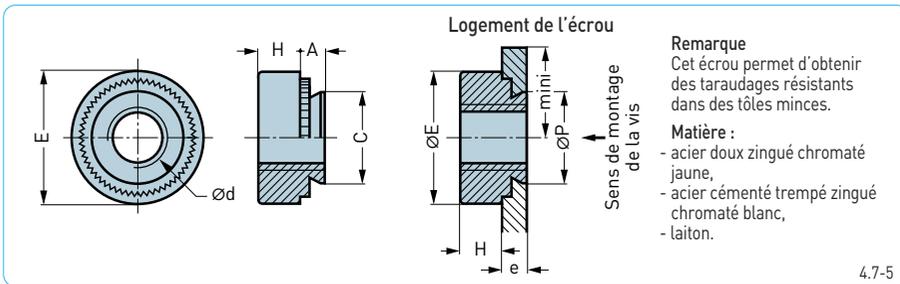
Évite le desserrage de l'ensemble



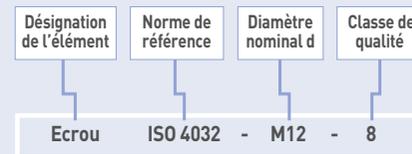
Ecrous autofreinés



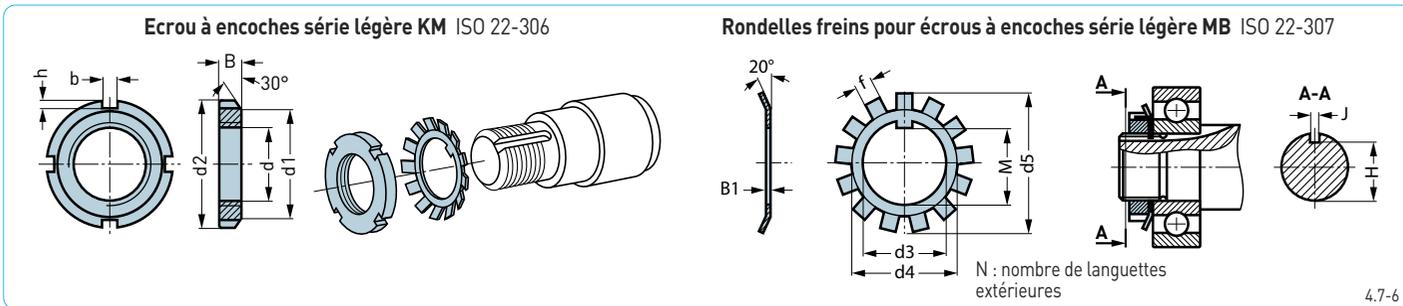
Ecrous à sertir pour tôle



Désignation



Ecrous et rondelles à encoches



4.8 Les inserts et filets rapportés

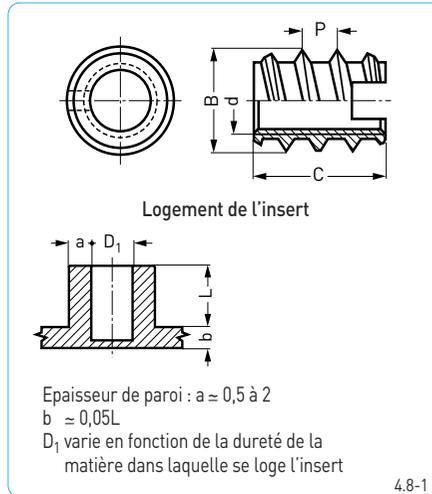
Les inserts

Autotaraudeurs

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

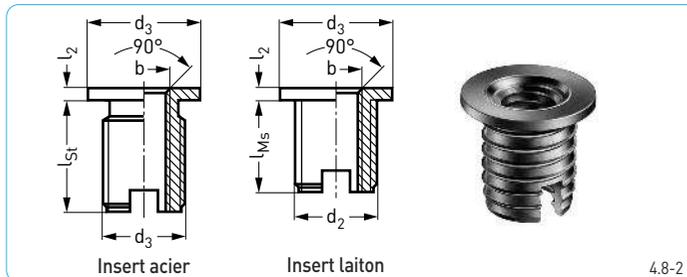
Matière :

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



Insert à collerette

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



Les filets rapportés

Techniques de renforcement des taraudages

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

Propriétés

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

Domaines d'application

- Pose dans l'alliage léger, réparation de taraudage.
- Aéronautique, spatial.
- Nucléaire, automobile.
- Diminution de la contrainte de torsion T_0 dans la vis.

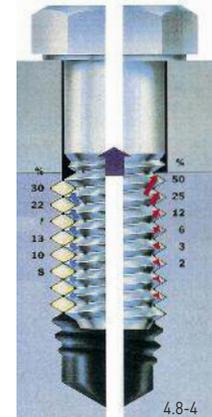
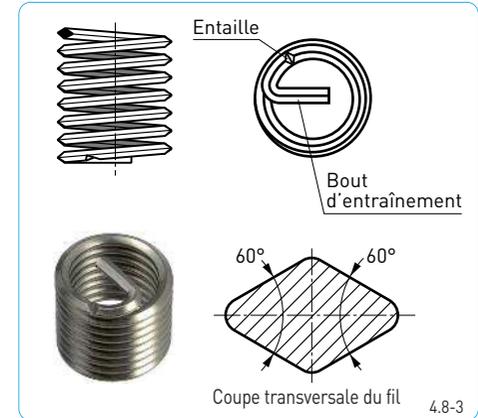
Le filet rapporté est réalisé en acier inoxydable :

- résistance à la traction R_m : 1400 N/mm^2 ;
- dureté Vickers HV : $425 \text{ HV } 0.2$;
- profondeur de rugosité R_z : $2,5 \mu\text{m}$;
- coefficient de frottement réduit $\mu \leq 0,14$ avec vis en acier, huilé ;

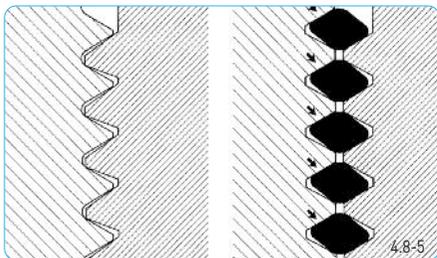
Répartition régulière des contraintes

La grande élasticité du filet favorise une répartition régulière des charges et de la contrainte. Celle-ci forme un joint entre la vis et le filet.

Les erreurs de pas ou d'angle s'équilibrent sur l'ensemble des flancs du filet.



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



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

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

La technique de la spire déformée assure un freinage important qui s'oppose à tout risque de dévissage intempêtif de la vis (chocs thermiques ou vibratoires). Un ajout supplémentaire pour assurer l'anti-dévissage comme les rondelles, les goupilles, les fils-freins n'est plus nécessaire. Ainsi, cela réduit les coûts et facilite le montage.

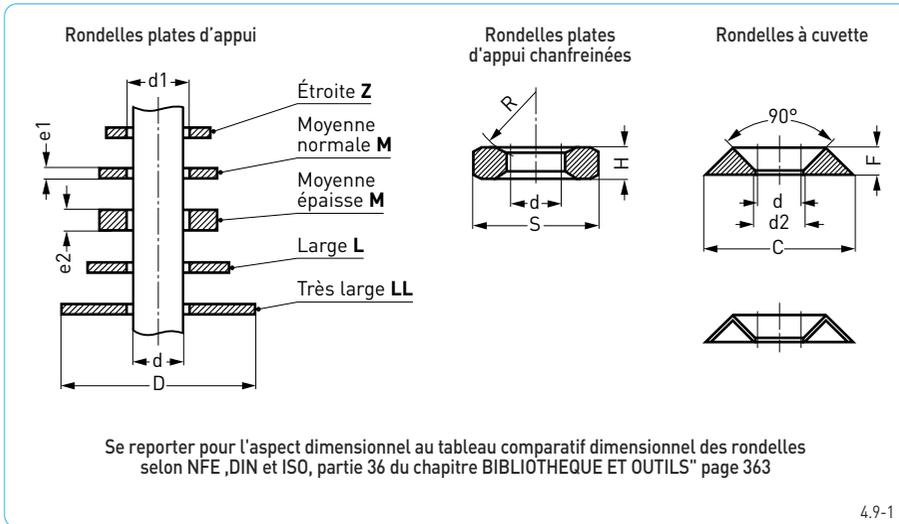
Aide au choix

4.8-7

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

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

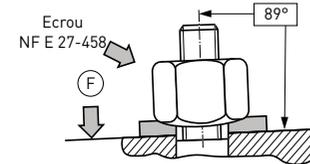
4.9 Les rondelles d'appui et rondelles-frein



Exemples d'utilisation

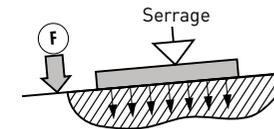
Rondelles à portée sphérique

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

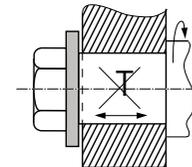


Rondelles plates

Elles permettent une répartition correcte des pressions de serrage et évitent le marquage de la surface d'appui F.



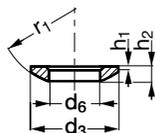
Elles peuvent constituer un arrêt en translation peu coûteux (matérialisé par une liaison pivot).



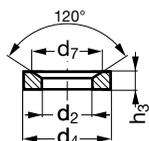
4.9-2

Rondelles à portée sphérique DIN 6319

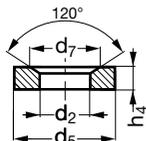
Rondelle convexe (Forme C)



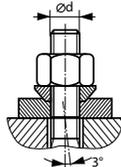
Rondelle concave (Forme D)



Rondelle concave large (Forme G)



Exemple de montage avec un écrou hexagonal

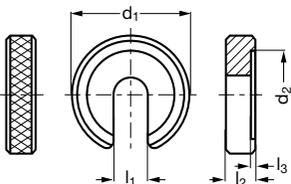


d	d ₂	d ₃ et d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	r ₁
6	7,1	12	17	6,4	11	0,7	2,3	2,8	4	9
8	9,6	17	24	8,4	14,5	0,6	3,2	3,5	5	12
10	12	21	30	10,5	18,5	0,8	4	4,2	5	15
12	14,2	24	36	13	20	1,1	4,6	5	6	17
16	19	30	44	17	26	1,3	5,3	6,2	7	22
20	23,2	36	50	21	31	2	6,3	7,5	8	27

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

4.9-3

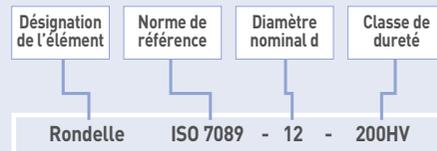
Rondelles fendues amovibles NF E 27-617



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

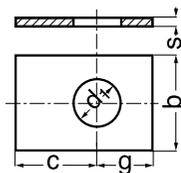
4.9-4

Désignation



Plaquettes arrêtoir NF E 27-614

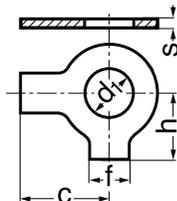
Rectangulaire



Rectangulaire

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

A ailerons



A ailerons

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

4.9-5

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

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

4.9-6 Tableau synoptique des fonctions des rondelles pour assemblages précontraints

Très bonne Bonne Moyenne Passable Nulle

Types de rondelles	Norme de référence	Classes de qualité de la vis pour un assemblage rationnel	Fonctions							Observations
			Protection contre les meurtrissures	Diminution de la pression moyenne	répartition de la force de serrage	Trous de passage élargis	Opposition au dévissage	Opposition au desserrage	Liaison électrique de masse	
Plates	ISO 7089 ISO 7090 ISO 7091	8.8								Fonction essentielle de protection contre les meurtrissures
	ISO 7092 ISO 7093 ISO 7094	10.9								
Grower sans bec	NF E 27-613 NF E 27-622 NF E 27-623	≤ 10.9								Souvent utilisées, par habitude, dans les assemblages non optimisés
Grower avec bec	NF E 27-613 NF E 27-622 NF E 27-623	≤ 10.9								
A dents chevauchantes extérieures forme concave	NF E 27-624 NF E 27-625	≤ 8.8								Exclusivement utilisées avec des vis tête fraisée
A dents chevauchantes planes	NF E 27-620	≤ 8.8								Fixation de petites pièces : accessoires automobiles, cycles, électroménager
Ondulées à deux ondes	NF E 27-620	≤ 8.8								Serrage de matériaux tendres
Coniques à dents intérieures	NF E 27-512	8.8								Fixation des tôles minces en carrosserie automobile et électroménager
A double denture	NF E 27-626	≤ 8.8								Utilisées sur les glissières des moteurs électriques, alternateur
Coniques striées	NF E 27-511	6.8								Permettent de maintenir la tension dans les assemblages optimisés
		8.8								
Coniques lisses	NF E 27-510	8.0 12.9								Recommandées pour les assemblages des vis très courtes (risque de tassement)
Coniques striées à picots	non normalisée	≤ 8.8								Assurent dans de bonnes conditions la liaison électrique des masses
Plates trempées épaisses	non normalisée	10.9 12.9								Assemblage des pièces de très bonne géométrie

4.10 Les rondelles ressorts

Rondelles ressorts coniques statiques (dites Belleville)

Éléments de calcul

Rondelle montée seule

Charge et flèche correspondant à la rondelle

Rondelles montées empilées dans le même sens

Addition des charges
Flèche unitaire divisée par le nombre de rondelles

Rondelles montées empilées en sens contraire

Charge correspondant à une rondelle
Addition des flèches

Montage mixte

Addition des charges
Addition des flèches

4.10-1

Guidage des rondelles

Guidage de l'empilage alterné

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

- une broche de guidage (guidage intérieur, voir figure 4.9-2a) ;
- un manchon de guidage (guidage extérieur, voir fig 4.9-2b) ;
- ou par des mesures autocentrées : guidage par billes (voir fig 4.9-2c) ou par des segments en fil métallique écroui.

Guidage et jeu conseillé

Quand les rondelles ressorts sont empilées en colonnes, il faut alors qu'elles soient guidées sur le bord intérieur ou extérieur.

Dans le cas d'un guidage intérieur, l'axe de guidage devrait avoir une surface lisse avec une dureté de 52 HCR.

Pour le jeu entre l'élément de guidage et le ressort, on conseille les valeurs indiquées dans le tableau 4.9-4.

Les ressorts devraient travailler dans la mesure du possible entre $s = 0,1 \cdot h_0$ et $s = 0,75 \cdot h_0$.

4.9-4

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

a b

c

Détail Z

Coupe A-A

4.10-2

a b

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

4.10-3

Dimensions et valeurs des charges

4.10-5 Caractéristiques dimensionnelles

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

1. La tolérance b se rapporte à la dimension d₂.

2. L'emploi du diamètre d = 14 doit être évité si possible.

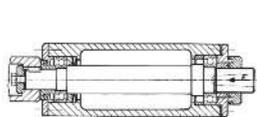
4.10-6 Caractéristiques d'épreuves

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

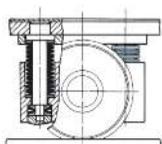
1. La charge d'épreuve de la rondelle équivaut à celle de la vis de même diamètre nominal en classe 8.8.

2. La flèche est égale, conventionnellement, à la différence entre la hauteur h et l'épaisseur réelles de la rondelle.

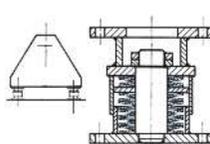
Exemples de montages



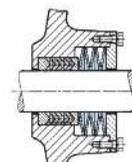
Montage de roulements à billes sur broche de fraisage



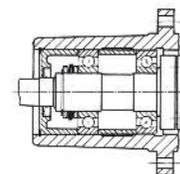
Suspension de véhicule
Rondelles ressorts montées en sens contraire



Amortisseurs de vibrations
Rondelles ressorts coniques en montage mixte



Maintien en compression des joints
Rondelles ressorts montées en sens contraire



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

4.10-7

Rondelles ressorts dynamiques DIN 2093

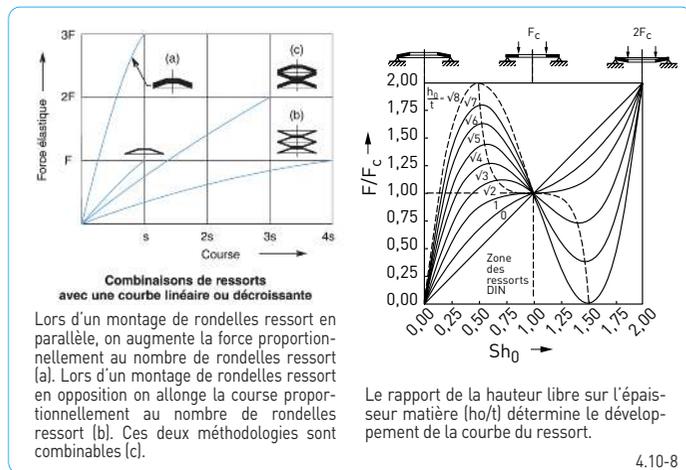
Les rondelles ressorts sont des anneaux de forme conique aplatis sur lesquels la charge s'exerce axialement. Selon leur application, les rondelles ressorts sont soit statiques, soit dynamiques et sont dénommées par, dans l'ordre :

- le diamètre extérieur D_e ,
- le diamètre intérieur D_i ,
- l'épaisseur matière t ,
- la hauteur libre L_0

Les rondelles ressorts se caractérisent par les propriétés suivantes :

- une force importante pour une faible course,
- un encombrement plus faible que tout autre type de ressort,
- des éléments empilables différemment permettent des courbes caractéristiques variées.

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



Vue d'ensemble des produits

Les rondelles ressorts conventionnelles

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

Empilage de rondelles ressorts

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

Avantages :

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

Exemples d'applications

Empilage de rondelles ressorts

Installations techniques, centrales électriques, constructions mécaniques.

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

Compensation de jeu

Installations techniques, construction mécanique.

Les rondelles ressorts servent à compenser les jeux des tolérances de l'ensemble des composants.

Freins à compression

Installations techniques, constructions mécaniques et automobiles.

Par baisse de la pression de service, les rondelles ressorts développent l'effort de freinage nécessaire.

Rondelles ressorts

Classification selon DIN 2093 (tableau 4.9-10)

Les rondelles ressorts sont normalisées selon la DIN 2092 (rondelles ressorts : calcul) et la DIN 2093 (rondelles ressorts ; dimensions, exigences de qualité).

La DIN 2093 les divise en 3 groupes :

- groupe 1 : épaisseur t inférieure à 1,25mm,
- groupe 2 : épaisseur t entre 1,25 et 6 mm,
- groupe 3 : épaisseur t entre 6 et 14 mm.

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

Matière de rondelles ressort

Pour les applications courantes l'acier ressort 51 CrV4 (n° 1.8159) est utilisé pour la fabrication des rondelles ressorts. L'utilisation des rondelles ressorts en basse ou haute, voire très haute température, ou bien en atmosphère corrosive peut également être envisagé sous réserve de spécification de matière selon le tableau 4.9-9.

Protection anticorrosive des rondelles ressorts

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

- phosphatation zinc + cire,
- zingage galvanique + chromatisation,
- zingage mécanique + passivation 196 HBS,
- revêtement Delta-Tone / Delta-Seal,
- revêtement Geomet 500 A/B 700 HBS,
- nickelage chimique.

4.10-9

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

Choix des rondelles ressort selon DIN 2093

4.10-10

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

- Groupe 1
- Groupe 2
rondelles ressorts avec surface d'appui et épaisseur réduite
- Groupe 3
- De : diamètre extérieur
- Di : diamètre intérieur
- t : épaisseur matière
- Rondelles ressorts norme usine Mubea