

## INFORMATIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE

### 1 Éléments d'assemblage en acier pour le domaine de température entre $-50^{\circ}\text{C}$ et $+150^{\circ}\text{C}$

- 1.1 Matériaux pour éléments d'assemblage
- 1.2 Propriétés mécaniques des vis en acier
  - 1.2.1 Essai de traction
  - 1.2.2 Résistance à la traction  $R_m$  (MPa)
  - 1.2.3 Limite inférieure d'écoulement  $R_e$  (MPa)
  - 1.2.4 Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%  $R_{p0,2}$  (MPa)
  - 1.2.5 Essai de traction sur des vis entières
  - 1.2.6 Classes de qualité
  - 1.2.7 Allongement après rupture A5 (%)
  - 1.2.8 Dureté et essais de dureté
- 1.3 Classes de qualité des vis
  - 1.3.1 Charges d'épreuves
  - 1.3.2 Caractéristiques à températures élevées
- 1.4 Classes de qualité des écrous
- 1.5 Appariement de vis et d'écrous
  - 1.5.1 Remarques concernant les écrous en acier
  - 1.5.2 Résistance à l'arrachement des écrous présentant une hauteur nominale  $\geq 0,5 d$  et  $< 0,8 d$  (selon DIN EN 20898, partie 2)
- 1.6 Propriétés mécaniques des vis sans tête
- 1.7 Marquage et identification des vis et des écrous
- 1.8 Filetage en pouce, tableau des correspondances pouce/mm

### 2 Éléments d'assemblage résistants à la rouille et aux acides

- 2.1 Propriétés mécaniques
  - 2.1.1 Répartition par classes de qualité des vis en acier inoxydable
  - 2.1.2 Contrainte à la limite d'élasticité des vis à filetage partiel
  - 2.1.3 Valeurs indicatives des couples de serrage des vis
- 2.2 Résistance à la corrosion de l'inox A2 et l'A4
  - 2.2.1 Corrosion généralisée ou uniforme
  - 2.2.2 Corrosion par piqûres
  - 2.2.3 Corrosion par contact

- 2.2.4 Corrosion sous contrainte
  - 2.2.5 A2 et A4 en relation avec des milieux corrosifs
  - 2.2.6 Génération de rouille par contamination ferreuse
- 2.3 Marquage et identification des vis et écrous en acier inoxydable

### 3 Informations ISO, normalisation technique – conversion à l'ISO

- 3.1 Référentiels normatifs
  - 3.1.1 Désignations de produit et modifications de produit
- 3.2 Correspondances DIN-ISO – correspondances ISO-DIN
- 3.3 Modifications d'ouvertures de clé DIN-ISO
- 3.4 Conversion de norme DIN/ISO
  - 3.4.1 Conditions techniques de livraison et normes fondamentales
  - 3.4.2 Petites vis métriques
  - 3.4.3 Goupilles et axes
  - 3.4.4 Vis à tôle
  - 3.4.5 Vis à tête hexagonale et écrous hexagonaux
  - 3.4.6 Tiges filetées
- 3.5 Modifications dimensionnelles concernant les vis à tête hexagonale et les écrous hexagonaux

### 4 Fabrication de vis et d'écrous

- 4.1 Procédé de fabrication
  - 4.1.1 Déformation à froid (frappe à froid)
  - 4.1.2 Frappe à chaud
  - 4.1.3 Fabrication par enlèvement de copeaux
- 4.2 Fabrication du filetage
  - 4.2.1 Fibrage
- 4.3 Traitement thermique
  - 4.3.1 Trempe et revenu
  - 4.3.2 Trempe
  - 4.3.3 Revenu
  - 4.3.4 Cémentation
  - 4.3.5 Recuit
  - 4.3.6 Dégazage

## 5 Protection des surfaces

- 5.1 Corrosion
- 5.2 Types de corrosion
- 5.3 Principaux revêtements de surface pour les éléments de fixation
  - 5.3.1 Revêtements non métalliques
  - 5.3.2 Revêtements métalliques
  - 5.3.3 Autres revêtements
- 5.4 Normalisation de systèmes de protection anticorrosion galvaniques
  - 5.4.1 Système de désignation selon DIN EN ISO 4042
  - 5.4.2 Valeurs indicatives des résistances à la corrosion au test du brouillard salin DIN 50021 SS (ISO 9227)
  - 5.4.3 Système de désignation selon DIN 50979
  - 5.4.4 Désignation des revêtements électrolytiques
  - 5.4.5 Passivations
  - 5.4.6 Couches de finition
  - 5.4.7 Épaisseurs minimum de couche et durée de l'essai
- 5.5 Normalisation de systèmes de protection contre la corrosion non électrolytiques
  - 5.5.1 Dépôt de zinc lamellaire
  - 5.5.2 Désignation de systèmes de protection contre la corrosion non électrolytiques, désignations selon DIN EN ISO 10683
- 5.6 Normalisation de la galvanisation à chaud des vis selon DIN EN ISO 10684
  - 5.6.1 Procédé et domaine d'utilisation
  - 5.6.2 Tolérances de filetages et système de désignation
- 5.7 Restriction relative à l'utilisation de substances dangereuses
  - 5.7.1 RoHS
  - 5.7.2 VHU (ELV) – Véhicules Hors d'Usage
- 5.8 Fragilisation par l'hydrogène

## 6 Dimensionnement des vis métriques

- 6.1 Détermination simplifiée de la dimension ou/et des classes de qualité des vis selon VDI 2230
- 6.2 Choix du procédé de serrage et de la mise en oeuvre

- 6.3 Classification du coefficient de frottement avec valeurs indicatives en fonction de différents matériaux/surfaces et niveaux de lubrification lors d'assemblages vissés (selon VDI 2230)
- 6.4 Couples de serrage et forces de précontrainte pour les vis à pas métrique standard partiel selon VDI 2230
- 6.5 Couples de serrage et forces de précontrainte pour les vis de sécurité et les vis à bride, avec écrous
- 6.6 Valeurs indicatives concernant les couples de serrage pour des vis en acier inoxydable austénitique selon DIN EN ISO 3506
- 6.7 Exemple de valeurs indicatives des tableaux de forces de précontrainte et de couples de serrage
- 6.8 Appariement de divers matériaux par rapport à la corrosion de contact
- 6.9 Efforts de cisaillement statiques pour assemblages par goupille élastique
- 6.10 Entraînements intérieurs pour vis
- 6.11 Montage

## 7 Éléments de sécurité

- 7.1 Généralités
- 7.2 Causes de la perte de forces de précontrainte
- 7.3 Modes de fonctionnement
  - 7.3.1 Sécurité contre le desserrage
  - 7.3.2 Sécurité contre le dévissage
  - 7.3.3 Sécurité contre les pertes
- 7.4 Efficacité des éléments d'assemblage
  - 7.4.1 Éléments de sécurité inefficaces
  - 7.4.2 Éléments de sécurité contre les pertes
- 7.5 Mesures constructives pour la sécurité des vis
  - 7.5.1 Desserrage
  - 7.5.2 Dévissage

## 8 Construction métallique

- 8.1 Assemblages avec boulons HV pour la construction métallique
- 8.2 Vis HV, écrous et rondelles
- 8.3 Remarques concernant la construction pour les assemblages HV selon DIN 18800-1 et DIN EN 1993-1-8
  - 8.3.1 Assemblages HV selon DIN 18 800-1 (2008)
  - 8.3.2 Assemblages HV selon DIN EN 1993-1-8

- 8.4 Montage
  - 8.4.1 Montage et contrôle selon DIN 18 800-7
  - 8.4.2 Montage selon DIN EN 1090-2
- 8.5 Remarques particulières lors de l'utilisation de garnitures HV

- 10.8.3 Rivet aveugle multi-épaisseurs
- 10.8.4 Diamètre de douille de rivet
- 10.8.5 Longueur du corps du rivet
- 10.8.6 Tête de fermeture
- 10.8.7 Tête de maintien
- 10.8.8 Zone de rupture théorique

## **9 Vissage direct dans les matières plastiques et les métaux**

- 9.1 Vissage direct dans les matières plastiques
- 9.2 Vissage direct dans les métaux
  - 9.2.1 Vis autoformeuses métriques
  - 9.2.2 Assemblages par vis autoformeuses selon DIN 7500
  - 9.2.3 Vissages directs dans les métaux avec vis autoformeuses selon DIN 7500
- 9.3 Vis à tôle
  - 9.3.1 Assemblages par vis à tôle
  - 9.3.2 Filetage des vis à tôle

## **10 Technique de rivetage**

- 10.1 Types de rivets
  - 10.1.1 Rivet plein
  - 10.1.2 Rivet aveugle
  - 10.1.3 Rivet tubulaire
  - 10.1.4 Rivet à expansion
  - 10.1.5 Rivet semi-tubulaire
  - 10.1.6 Rivet creux en deux parties
  - 10.1.7 Rivet à rupture de tige (aveugle)
- 10.2 Conseils de mise en oeuvre
  - 10.2.1 Assemblage de matériaux durs et de matériaux tendres
  - 10.2.2 Distance au bord
- 10.3 Définitions et caractéristiques mécaniques
- 10.4 Traitement des rivets aveugles
- 10.5 Insert taraudé
  - 10.5.1 Pose d'inserts taraudés
  - 10.5.2 Variantes spécifiques d'inserts taraudés
- 10.6 Goujon à sertir
- 10.7 Résolution de problèmes
  - 10.7.1 La plage de sertissage est trop grande
  - 10.7.2 La plage de sertissage est trop petite
  - 10.7.3 Perçage trop grand
  - 10.7.4 Perçage trop petit
- 10.8 Définitions
  - 10.8.1 Rivet aveugle à fût fermé
  - 10.8.2 Plage de sertissage

# 1. ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE EN ACIER POUR LE DOMAINE DE TEMPÉRATURE ENTRE -50°C ET +150°C

## 1.1 Matériaux pour éléments d'assemblage

Le matériau employé est d'une importance décisive pour la qualité des éléments d'assemblage (vis, écrous et pièces complémentaires). Si des défauts apparaissent dans le matériau employé, l'élément d'assemblage ayant été produit à partir de ce matériau ne peut plus répondre aux sollicitations exigées.

Ces normes déterminent le matériau à employer, l'identification, les propriétés des pièces finies ainsi que leur contrôle et les méthodes d'essai.

Le tableau 1 ci-dessous indique la composition des aciers de chaque classe de qualité.

Les normes les plus importantes pour les vis et les écrous sont :

- DIN EN ISO 898-1, propriétés mécaniques des éléments d'assemblage en acier au carbone et en acier allié, partie 1 : boulons, vis et goujons
- DIN EN 20898, partie 2 (ISO 898 partie 2), propriétés mécaniques des éléments d'assemblage, partie 2 : écrous

Classe de qualité	Matériau et traitement thermique	Limite de composition chimique (analyse sur produit, %) <sup>a</sup>					Température de revenu
		C		P	S	B <sup>b</sup>	° C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
4.6 <sup>c,d</sup> 4.8 <sup>d</sup> 5.6 <sup>c</sup> 5.8 <sup>d</sup> 6.8 <sup>d</sup>	Acier au carbone ou acier au carbone avec éléments d'alliage	-	0,55	0,050	0,060	non spécifiées	-
0,13		0,55	0,050	0,060			
-		0,55	0,050	0,060			
0,15		0,55	0,050	0,060			
0,15 <sup>e</sup>		0,40	0,025	0,025	0,003		
8.8 <sup>f</sup>	Acier au carbone avec éléments d'alliage (p. ex. bore, Mn ou Cr), trempé et revenu	0,15 <sup>e</sup>	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 <sup>g</sup>	0,20	0,55	0,025	0,025		
9.8 <sup>f</sup>	Acier au carbone avec additifs (p. ex. bore, Mn ou Cr), trempé et revenu, ou	0,15 <sup>e</sup>	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 <sup>g</sup>	0,20	0,55	0,025	0,025		
10.9 <sup>f</sup>	Acier au carbone avec additifs (p. ex. bore, Mn ou Cr), trempé et revenu, ou	0,20 <sup>e</sup>	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 <sup>g</sup>	0,20	0,55	0,025	0,025		

Classe de qualité	Matériau et traitement thermique	Limite de composition chimique (analyse sur produit, %) <sup>a</sup>					Température de revenu
		C		P	S	B <sup>b</sup>	° C
		min.	max.	max.	max.	max.	min.
12.9 <sup>f, h, i</sup>	Acier allié, trempé et revenu <sup>g</sup>	0,30	0,50	0,025	0,025	0,003	425
12.9 <sup>f, h, i</sup>	Acier au carbone avec éléments d'alliage (p. ex. bore ou Mn ou Cr ou molybdène), trempé et revenu	0,28	0,50	0,025	0,025	0,003	380

<sup>a</sup> En cas de litige, c'est l'analyse sur produit qui est valable.

<sup>b</sup> La teneur en bore peut atteindre 0,005% à condition que le bore non efficace soit contrôlé par l'adjonction de titane et/ou d'aluminium.

<sup>c</sup> Pour les éléments de fixations forgés 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.

<sup>d</sup> 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%.

<sup>e</sup> 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.

<sup>f</sup> 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.

<sup>g</sup> 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 inférieures 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.

<sup>h</sup> 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.

<sup>i</sup> 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'il soient revêtus ou non.

## 1.2 Propriétés mécaniques des vis en acier

Ce chapitre donne un bref aperçu des méthodes utilisées pour déterminer et définir les propriétés mécaniques des vis. Dans ce contexte, nous nous référons aux valeurs caractéristiques et aux grandeurs nominales les plus usuelles.

### 1.2.1 Essai de traction

L'essai de traction permet de déterminer les principales caractéristiques des vis telles que la résistance à la traction  $R_m$ , la limite inférieure d'écoulement  $R_{eL}$ , la limite conventionnelle d'écoulement à 0,2%  $R_{p0,2}$  et l'allongement après rupture A5 (%). Sachant qu'il existe une distinction entre «essai de traction sur éprouvettes usinées» et «essai de traction sur éléments de fixation entiers» (DIN EN ISO 898, partie 1).

### 1.2.2 Résistance à la traction $R_m$ (MPa)

La résistance à la traction  $R_m$  indique à partir de quelle contrainte de traction la vis est susceptible de se rompre. Elle est déterminée à partir de la force maximale et de la section correspondante. Dans le cas de vis pleinement sollicitées, la rupture ne doit se produire qu'au niveau de la tige ou du filetage et non au niveau de la jonction entre la tête et la tige.

Résistance à la traction en cas de rupture au niveau de la tige cylindrique (vis arrachées ou vis entières) :  $R_m = \text{charge maximale de rupture/la section de l'éprouvette usinée} = F/S_0$  [MPa]

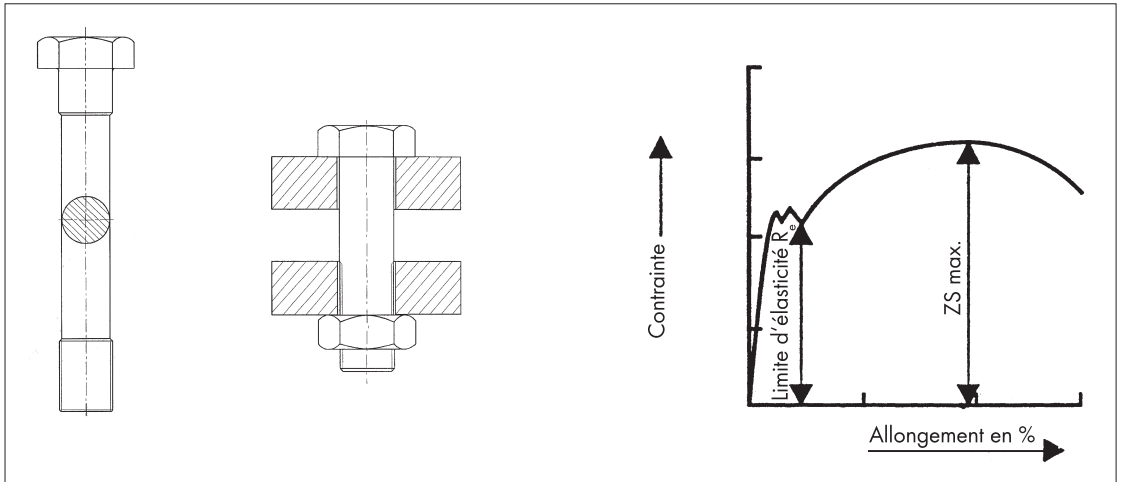
Résistance à la traction en cas de rupture au niveau du filetage :

$R_m = \text{force de traction maximale/superficie de section} = F/As$  [MPa]

$A_s$  section de d'élasticité

### 1.2.3 Limite inférieure d'écoulement $R_e$ (MPa)

Selon DIN EN ISO 898, partie 1, la limite inférieure d'écoulement ne peut être déterminée qu'à partir d'échantillons arrachés. Par limite inférieure d'écoulement, on entend la limite à partir de laquelle un matériau peut être étiré sous traction sans déformation plastique permanente. Elle représente la transition du domaine élastique au domaine plastique. Le comportement qualitatif d'une vis 4.6 (acier ductile) est représenté sur le diagramme contrainte-allongement, figure C.



Essai de traction  
sur éprouvette usinée  
Fig. A

Essai de traction sur  
vis entière  
Fig. B

Diagramme contrainte-allongement d'une vis de la classe  
de résistance 4.6 (qualitatif)  
Fig. C

### 1.2.4 0,2%-Limite conventionnelle d'élasticité $R_{p0,2}$ (MPa)

La limite conventionnelle d'élasticité  $R_{p0,2}$  est déterminée comme limite d'élasticité de remplacement, étant donné que la plupart des aciers de traitement ne présentent pas de transition marquée du domaine élastique au domaine plastique. La limite d'allongement 0,2%  $R_{p0,2}$  correspond à la contrainte pour laquelle un allongement permanent de 0,2% est atteint. Le diagramme contrainte-allongement (Fig. D) représente le comportement qualitatif à la contrainte d'une vis 10.9.

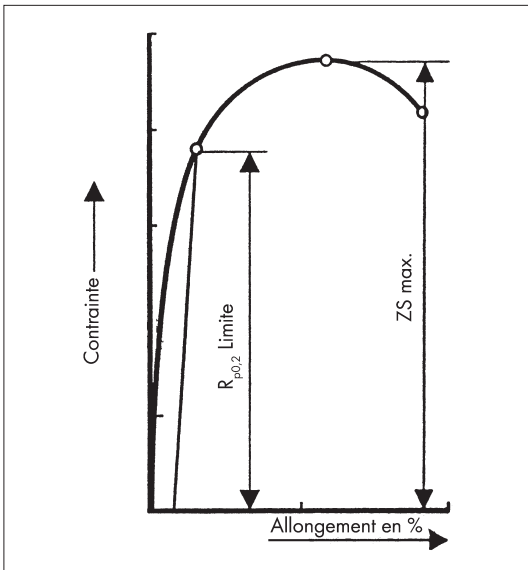


Diagramme contrainte-allongement d'une vis de la classe de résistance 10.9 (qualitatif)

Fig. D

### 1.2.5 Essai de traction sur vis entières

En complément de l'essai de traction réalisé sur des éprouvettes usinées, un essai moins contraignant sur des vis entières est possible. Lors de cet essai, la vis entière est serrée au niveau de la tête et du filetage dans le dispositif d'essai. Contrairement à l'essai sur l'échantillon proportionnel, le rapport longueur/dia-mètre de l'échantillon n'est pas toujours le même, seuls la résistance à la traction  $R_m$ , l'allongement à la rupture  $A_f$  et la limite d'allongement  $0,0048 d R_{pf}$  peuvent être déterminés.

Limite d'allongement  $0,0048 d R_{pf}$  (MPa) selon chapitre 9.3 de la norme ISO 898-1 2009-08.

### 1.2.6 Classes de qualité

Les vis sont identifiées à l'aide de classes de qualité pour permettre de déterminer simplement la résistance à la traction  $R_m$  et la limite inférieure d'écoulement  $R_e$  (ou la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%  $R_{p0,2}$ ).

#### Exemple :

Vis 8.8

- Détermination de  $R_m$  : multiplier le premier chiffre par 100  $\rightarrow R_m = 8 \times 100 = 800$  Mpa  
le premier chiffre représente 1/100 de la résistance minimum à la traction en Mpa
- Détermination de  $R_e$  ou  $R_{p0,2}$  :

Le premier chiffre multiplié par le deuxième chiffre et le résultat multiplié par 10 donne la limite inférieure d'écoulement  $R_e$  ou limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%  $R_{p0,2}$ .  
 $\rightarrow R_e = (8 \times 8) \times 10 = 640$  MPA.

### 1.2.7 Allongement après rupture A5 (%)

L'allongement à la rupture est une valeur caractéristique importante pour juger de la déformabilité d'un matériau ; lors de la sollicitation, jusqu'à la rupture. Cette valeur est déterminée sur des éprouvettes usinées au niveau d'une zone de tige définie (échantillon proportionnel) (exception : vis résistantes à la rouille et aux acides de groupe d'acier A1-A5). L'allongement plastique est indiqué en pourcentage et se calcule selon la formule suivante :  
 $A5 = (L_u - L_o) / L_o \times 100\%$

$L_o$  : longueur définie avant l'essai de traction  $L_o = 5 \times d_o$   
 $L_u$  : longueur après la rupture  
 $d_o$  : diamètre de tige avant l'essai de traction

#### Exemple d'un échantillon proportionnel

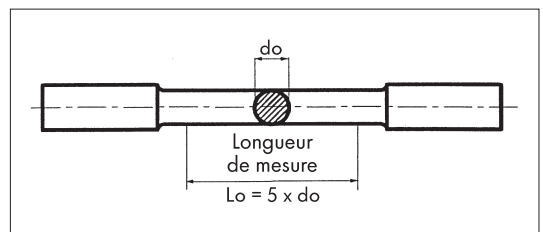


Fig. E

### 1.2.8 Dureté et essais de dureté, définition :

La dureté est la résistance qu'un corps oppose à la pénétration d'un autre corps plus dur.

**Dans la pratique, les essais de dureté les plus courants sont :**

Essai	Dureté Vickers HV DIN EN ISO 6507	Dureté Brinell HB DIN EN ISO 6506	Dureté Rockwell HRC DIN EN ISO 6508
Pénétrateur	Pyramide	Bille	Cône

L'essai selon la méthode Vickers comprend toutes les zones de dureté des vis.

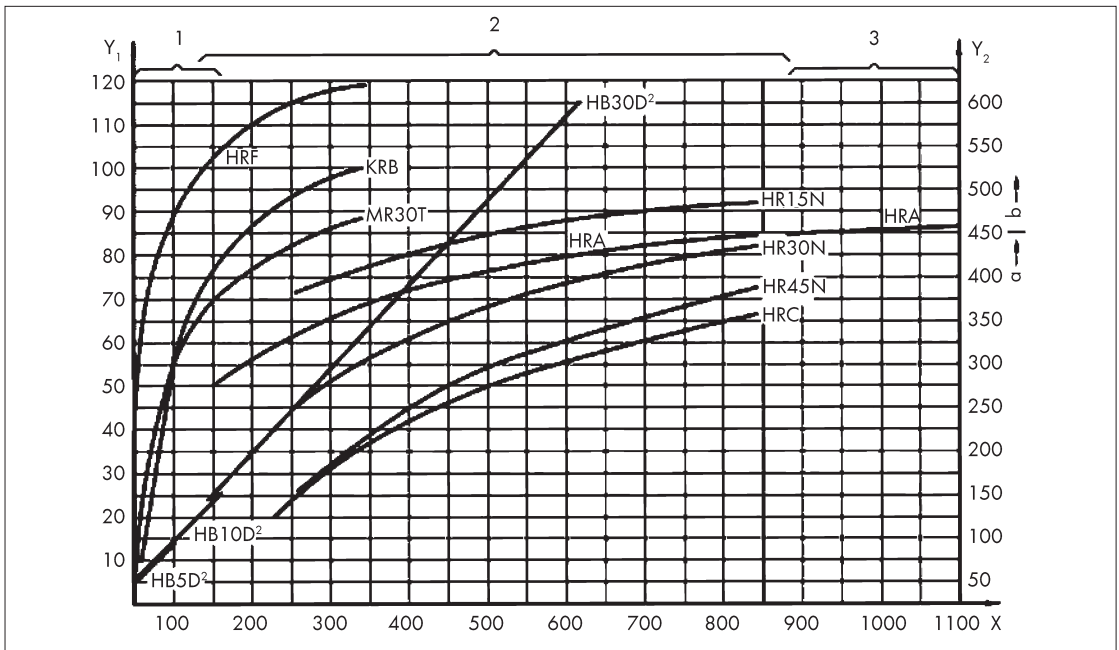
### Comparaison des mesures de dureté

Le graphique (fig. F) s'applique aux aciers et correspond aux tableaux de comparaison des duretés de la norme DIN EN ISO 18265. Ces tableaux sont donnés à titre indicatif, car une comparaison exacte des mesures n'est possible que si les méthodes et les conditions sont identiques.

### 1.3 Classes de qualité des vis

Les classes de qualité permettent de définir les propriétés mécaniques et physiques des vis et des écrous. Pour les vis, il y a 9 classes de qualité (tableau 2) indiquant les propriétés telles que la résistance à la traction, la dureté, la limite d'élasticité, l'allongement après rupture, etc.

### Représentation des différentes échelles de dureté par rapport à l'échelle Vickers



Légende :  
 X dureté Vickers HV 30  
 Y<sub>1</sub> dureté Rockwell  
 Y<sub>2</sub> dureté Brinell

- 1 Domaine de dureté pour les métaux non ferreux
- 2 Domaine de dureté pour les aciers
- 3 Domaine de dureté pour les métaux durs
- a Dureté Brinell, déterminée par bille d'acier (HBS)
- b Dureté Brinell, déterminée par cône pour les métaux durs (HBW)

Fig. F : Extrait de DIN EN ISO 18265



## Caractéristiques mécaniques et physiques des vis

N°	Caractéristique mécanique ou physique	Classe de qualité											
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9/ 12.9		
							d ≤ 16 mm <sup>a</sup>	d > 16 mm <sup>b</sup>					
1	Résistance à la traction, $R_m$ , MPa	nom. <sup>c</sup>	400		500		600		800		900	1.000	1.200
		min.	400	420	500	520	600	800	830	900	1.040	1.220	
2	Limite inférieure d'écoulement, $R_{el}^d$ , MPa	nom. <sup>c</sup>	240	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
		min.	240	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2%, $R_{p0,2}$ , MPa	nom. <sup>c</sup>	-	-	-	-	-	640	640	720	900	1.080	
		min.	-	-	-	-	-	640	660	720	940	1.100	
4	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,004 8 d sur produits entiers, $R_{p0,01}$ , MPa	nom. <sup>c</sup>	-	320	-	400	480	-	-	-	-	-	-
		min.	-	340 <sup>e</sup>	-	420 <sup>e</sup>	480 <sup>e</sup>	-	-	-	-	-	-
5	Contrainte à la charge d'épreuve, $S_p^f$ , MPa	nom.	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	
		Rapport des contraintes à la charge d'épreuve/limite d'élasticité $S_{p, nom} / R_{el, min}$ ou $S_{p, nom} / R_{p0,2, min}$ ou $S_{p, nom} / R_{p0,01, min}$	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88	
6	Allongement après rupture sur éprouvette, $A$ , %	min.	22	-	20	-	-	12	12	10	9	8	
7	Striction après rupture sur éprouvette, $Z$ , %	min.	-	-	-	-	-	52	-	48	48	44	
8	Allongement après rupture sur produit entier, $A_t$ (voir également annexe C)	min.	-	0,24	-	0,22	0,20	-	-	-	-	-	
9	Solidité de tête	Pas de rupture											
10	Dureté Vickers, HV $F \geq 98$ N	min.	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	
		max.	220 <sup>g</sup>	-	-	-	250	320	335	360	380	435	
11	Dureté Brinell, HBW $F = 30 D^2$	min.	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	
		max.	209 <sup>g</sup>	-	-	-	238	304	318	342	361	414	
12	Dureté Rockwell, HRB	min.	67	71	79	82	89	-	-	-	-	-	
		max.	95,0 <sup>g</sup>	-	-	-	99,5	-	-	-	-	-	
	Dureté Rockwell, HRC	min.	-	-	-	-	-	22	23	28	32	39	
		max.	-	-	-	-	-	32	34	37	39	44	
13	Dureté superficielle, HV 0,3	max.	-	-	-	-	h	-	-	h <sub>i</sub>	h <sub>j</sub>		
14	Hauteur de la zone non décarburée dans le filetage, $E$ , mm	min.	-	-	-	-	-	1/2H <sub>1</sub>	-	-	2/3H <sub>1</sub>	3/4H <sub>1</sub>	
		max.	-	-	-	-	-	0,015	-	-	-	-	
15	Réduction de dureté après le revenu, HV	max.	-	-	-	-	20	-	-	-	-		
16	Couple de rupture, $M_b$ , Nm	min.	-	-	-	-	conformément à l'ISO 898-7						
17	Résilience, $K_{Iv}^{k, l}$ , J	min.	-	-	27	-	27	27	27	27	27	m	
18	Défaut de surface conformément à	ISO 6157-1 <sup>n</sup>										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  $d \geq M12$ .

c Les valeurs nominales ne sont spécifiées que pour les besoins du système de désignation des classes de qualité. Voir article 5.

d Lorsque la limite inférieure d'écoulement  $R_{el}$  ne peut être déterminée, il est admis de mesurer la limite conventionnelle d'élasticité 0,2%  $R_{p0,2}$ .

e Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, les valeurs  $R_{p0,01}$  min sont à l'étude. Ce 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 et 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 coeur, la détermination de la dureté superficielle et de la dureté à coeur 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 9.14.

l S'applique à  $d \geq 16$  mm.

m La valeur de  $K_{Iv}$  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.

Tabl. 2 : Extrait de DIN EN ISO 898-1, caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetées

### 1.3.1 Charges d'épreuve

Lors de l'essai de traction, la charge d'épreuve selon les tableaux 3 et 4 est appliquée longitudinalement sur la vis et maintenue 15 secondes. L'essai est considéré comme concluant lorsque la longueur de la vis après l'essai correspond à la longueur avant l'essai. Une tolérance de  $\pm 12,5 \mu\text{m}$  est toutefois admise. Les tableaux ci-après constituent une aide importante pour l'utilisateur dans le choix des vis.

#### Filetages métriques ISO à pas gros

Filetage <sup>a,d</sup>	Section résistante nominale $A_s, \text{nom}^b$ $\text{mm}^2$	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'épreuves, $F_p (A_{s, \text{nom}} \times S_p), \text{N}$								
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 <sup>c</sup>	11.400	10.200 <sup>c</sup>	13.900	16.100	21.200 <sup>c</sup>	23.800	30.400 <sup>c</sup>	35.500
M10	58	13.000 <sup>c</sup>	18.000	16.200 <sup>c</sup>	22.000	25.500	33.700 <sup>c</sup>	37.700	48.100 <sup>c</sup>	56.300
M12	84,3	19.000	26.100	23.600	32.000	37.100	48.900 <sup>d</sup>	54.800	70.000	81.800
M14	115	25.900	35.600	32.200	43.700	50.600	66.700 <sup>d</sup>	74.800	95.500	112.000
M16	157	35.300	48.700	44.000	59.700	69.100	91.000 <sup>d</sup>	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  $A_{s, \text{nom}}$ , voir 9.1.6.1.

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 10684:2044 s'appliquent.

d Pour les boulons destinés à la construction métallique, les valeurs suivantes s'appliquent: 50700 N (pour M 12), 68800 N (pour M 14) et 94500 N (pour M 16).

Tabl. 3 : Extrait de DIN EN ISO 898-1, Charges d'épreuve – Filetages métriques ISO à pas gros

## Filetages métriques ISO à pas fin

Filetage d x P	Section résistante nominale A <sub>s</sub> <sup>a</sup> , nom <sup>b</sup> mm <sup>2</sup>	Classe de qualité								
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9/ 12.9
		Charges d'épreuve, F <sub>p</sub> (A <sub>s, nom</sub> × S <sub>p</sub> ), 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	18.100	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<sub>s, nom</sub>, voir 9.1.6.1.

Tabl. 4 : Extrait de DIN EN ISO 898-1, Charges d'épreuve – Filetage métrique ISO à pas fin

### 1.3.2 Caractéristiques à températures élevées

Les valeurs indiquées ne sont données qu'à titre indicatif pour la réduction des limites élastiques des vis testées à température élevée. Elles ne sont pas destinées pour le contrôle de réception des vis.

Classe de qualité	Température				
	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 250 °C	+ 300 °C
	Limite inférieure d'écoulement R <sub>el</sub> ou limite conventionnelle d'élasticité à 0.2%, R <sub>p0,2</sub> MPa				
5.6	300	250	210	190	160
8.8	640	590	540	510	480
10.9	940	875	790	745	705
12.9	1.100	1.020	925	875	825

Tabl. 5 : Extrait de DIN EN ISO 898-1 1999-11, Limite d'élasticité à température élevée

### 1.4 Classes de qualité des écrous

Pour les écrous, la charge d'épreuve calculée à partir de la contrainte d'épreuve est indiquée (04 à 12), étant donné qu'on peut renoncer aux indications de la limite élastique. Une vis peut être soumise à la traction (observer appariement 1.5) jusqu'aux forces d'essai mentionnées individuellement dans le tableau 6.

La classe de qualité d'un écrou est déterminée par la contrainte d'épreuve appliquée sur un mandrin d'essai trempé, divisée par 100.

#### Exemple :

M6, contrainte d'épreuve 600 MPa  
600/100 = 6, classe de qualité 6

## Charges d'épreuve pour filetages métriques ISO à pas gros (écrous)

Filetage	Pas de filetage	Section résistante nominale du mandrin $A_s$	Classe de qualité										
			04	05	4	5	6	8	9	10	12		
			Charge d'épreuve ( $A_s \times S_p$ ), N										
mm	mm <sup>2</sup>	-	-	Type 1	Type 1	Type 1	Type 1	Type 2	Type 2	Type 1	Type 1	Type 2	
M3	0,5	5,03	1.910	2.500	-	2.600	3.000	4.000	-	4.500	5.200	5.700	5.800
M3,5	0,6	6,78	2.580	3.400	-	3.550	4.050	5.400	-	6.100	7.050	7.700	7.800
M4	0,7	8,78	3.340	4.400	-	4.550	5.250	7.000	-	7.900	9.150	10.000	10.100
M5	0,8	14,2	5.400	7.100	-	8.250	9.500	12.140	-	13.000	14.800	16.200	16.300
M6	1	20,1	7.640	10.000	-	11.700	13.500	17.200	-	18.400	20.900	22.900	23.100
M7	1	28,9	11.000	14.500	-	16.800	19.400	24.700	-	26.400	30.100	32.900	33.200
M8	1,25	36,6	13.900	18.300	-	21.600	24.900	31.800	-	34.400	38.100	41.700	42.500
M10	1,5	58,0	22.000	29.000	-	34.200	39.400	50.500	-	54.500	60.300	66.100	67.300
M12	1,75	84,3	32.000	42.200	-	51.400	59.000	74.200	-	80.100	88.500	98.600	100.300
M14	2	115	43.700	57.500	-	70.200	80.500	101.200	-	109.300	120.800	134.600	136.900
M16	2	157	59.700	78.500	-	95.800	109.900	138.200	-	149.200	164.900	183.700	186.800
M18	2,5	192	73.000	96.000	97.900	121.000	138.200	176.600	170.900	176.600	203.500	-	230.400
M20	2,5	245	93.100	122.500	125.000	154.400	176.400	225.400	218.100	225.400	259.700	-	294.000
M22	2,5	303	115.100	151.500	154.500	190.900	218.200	278.800	269.700	278.800	321.200	-	363.600
M24	3	353	134.100	176.500	180.000	222.400	254.200	324.800	314.200	324.800	374.200	-	423.600
M27	3	459	174.400	229.500	234.100	289.200	330.550	422.300	408.500	422.300	486.500	-	550.800
M30	3,5	561	213.200	280.500	286.100	353.400	403.900	516.100	499.300	516.100	594.700	-	673.200
M33	3,5	694	263.700	347.000	353.900	437.200	499.700	638.500	617.700	638.500	735.600	-	832.800
M36	4	817	310.500	408.500	416.700	514.700	588.200	751.600	727.100	751.600	866.000	-	980.400
M39	4	976	370.900	488.000	497.800	614.900	702.700	897.900	868.600	897.900	1.035.000	-	1.171.000

Tabl. 6 : Extrait de la norme DIN EN 20898-2, Forces d'essai pour filetages métriques à pas gros ISO (écrous)

La charge d'épreuve  $F_p$  est calculée à partir de la contrainte d'épreuve  $S_p$  (DIN EN 20898, partie 2) et la section résistante nominale  $A_s$  selon la formule suivante :

$$F_p = A_s \times S_p$$

La section résistante nominale se calcule selon la formule :

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

Significations :

$d_2$  désigne le diamètre sur flanc de base du filetage extérieur (dimension nominale)  $d_3$  désigne le diamètre du noyau du filetage extérieur (dimension nominale)

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$$

où

$d_1$  désigne le diamètre intérieur de base du filetage extérieur

H = hauteur du triangle générateur

Afin d'éviter le risque d'arrachement des filets lors du serrage au moyen de techniques de montage modernes, les vis et les écrous doivent être combinés selon la règle ci-dessus. Par ailleurs, un tel assemblage peut être soumis aux limites maximales de sollicitation.

### Remarque :

En général, il est possible d'utiliser des écrous d'une classe de qualité supérieure à la place d'écrous d'une classe de qualité inférieure. Ceci est conseillé pour les appariements vis/écrous dont les sollicitations dépassent la limite d'élasticité ou la contrainte d'épreuve (vis à tige réduite).

## 1.5 Appariement de vis et d'écrous

### Règle :

Pour une vis de la classe de qualité 8.8, il faut également un écrou de la classe de qualité 8.

## Appariement de vis et d'écrous (hauteurs nominales $\geq 0,8 D$ )

Classe de qualité de l'écrou	Vis conjuguée			Écrou		
				Type 1	Type 2	
	Classe de qualité	Gamme de diamètres		Gamme de diamètres		
4	3.6	4.6	4.8	> M16	> M16	-
5	3.6	4.6	4.8	$\leq$ M16	$\leq$ M39	-
	5.6	5.8		$\leq$ M39		
6	6.8			$\leq$ M39	$\leq$ M39	-
8	8.8			$\leq$ M39	$\leq$ M39	> M16 $\leq$ M39
9	9.8			$\leq$ M16	-	$\leq$ M16
10	10.9			$\leq$ M39	$\leq$ M39	-
12	12.9			$\leq$ M39	$\leq$ M16	$\leq$ M39

Tabl. 7 : Extrait de la norme DIN EN 20898, partie 2

### 1.5.1 Remarques concernant les écrous en acier

Une vis de classe de qualité 8.8 s'associe à un écrou de la classe de qualité 8 ou supérieure. Un tel assemblage permet de solliciter la vis jusqu'à la limite d'élasticité.

Ceci n'est pas le cas lors de l'utilisation d'écrous de résistance réduite (par exemple classe de qualité 04,05 ; écrous avec indication de dureté 14H, 22H). Les forces d'épreuve correspondant à ces écrous sont indiquées dans la norme DIN EN 20898-2.

Classe de qualité de l'écrou	Contrainte d'épreuve de l'écrou	Contrainte minimale dans le corps de la vis au moment de l'arrachement en N/mm <sup>2</sup> , pour des vis des classes de qualité :			
	N/mm <sup>2</sup>	6.8	8.8	10.9	12.9
04	380	260	300	330	350
05	500	290	370	410	480

Tabl. 8: Extrait de la norme DIN EN 20898, partie 2

Les écrous selon DIN 934, identifiés par |4|, |5|, |6|, |8|, |9|, |10|, |12|, présentent également une capacité réduite de résistance aux sollicitations. Une vis de classe de qualité 8.8 associée à un écrou selon DIN 934 (hauteur nominale d'environ 0,8 xd), ne résiste pas avec certitude jusqu'à la limite d'élasticité de la vis. Pour les distinguer, ces écrous sont marqués à l'aide d'un trait placé avant et après le chiffre (ex. |8| au lieu de 8).

### 1.5.2 Résistance à l'arrachement des écrous présentant une hauteur nominale $\geq 0,5 d$ et $< 0,8 d$ (selon DIN EN 20898, partie 2)

Lors de l'association d'écrous avec des vis de classe de qualité supérieure, il faut s'attendre à un arrachement du filetage de l'écrou.

La valeur indicative de résistance à l'arrachement donnée se rapporte à la classe de qualité indiquée.

### 1.6 Propriétés mécaniques des vis sans tête (selon DIN EN ISO 898, partie 5)

Les propriétés mécaniques s'appliquent aux vis sans tête et **pièces** filetées similaires **non soumises à la sollicitation par traction** produites en acier allié et non allié.

Propriété mécanique		Classe de qualité <sup>1)</sup>			
		14H	22 H	33 H	45H
Dureté Vickers HV	min.	140	220	330	450
	max.	290	300	440	560
Dureté Brinell HB, F = 30 D <sup>2</sup>	min.	133	209	314	428
	max.	276	285	418	532
Dureté Rockwell HRB	min.	75	95		
	max.	105			
Dureté Rockwell HRC	min.		30	33	45
	max.			44	53
Dureté en surface HV 0,3			320	450	580

<sup>1)</sup> Les classes de qualité 14H, 22H et 33H ne s'appliquent pas aux vis sans tête à six pans creux.

Tabl. 9: Extrait de la norme DIN EN ISO 898-5

### 1.7 Marquage des vis et écrous.

#### Identification des éléments de fixation à capacité de charge intégrale

##### Vis à tête hexagonale :

Les vis à tête hexagonales de  $d \geq 5$  mm doivent être marquées de la marque d'identification du fabricant et de la classe de qualité.

Le marquage de la vis doit être réalisé à l'endroit où la forme de la vis le permet.

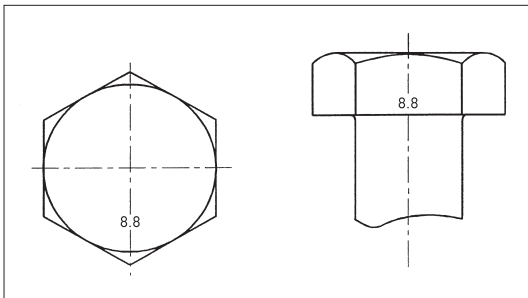


Fig. G: Exemple d'identification de vis à tête hexagonale

##### Vis à tête cylindrique à six pans creux :

Les vis à tête cylindrique à six pans creux de classe de qualité  $\geq 8.8$  et de  $d \geq 5$  mm doivent être marquées de la marque d'identification du fabricant et de la classe de qualité.

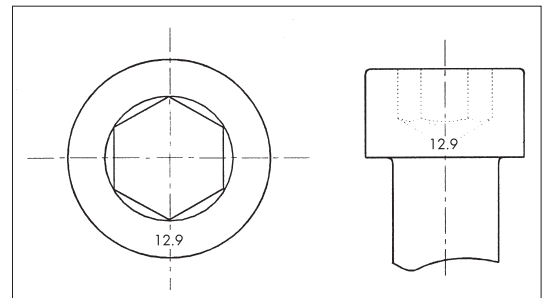


Fig. H: Exemple d'identification de vis à tête cylindrique à six pans creux

## Marquage des écrous

<b>Classe de qualité</b>	04	05	4	5	6	8	9	10	12
<b>Identification</b>	04	05	4	5	6	8	9	10	12

Tabl. 10 : Extrait de la DIN EN 20898-2

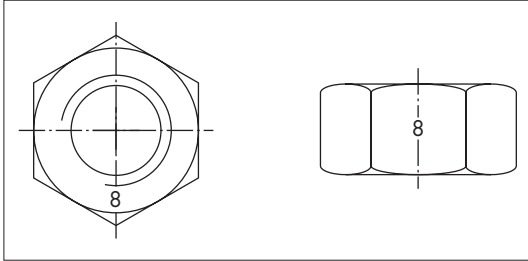


Fig. 1: Exemple d'identification avec le chiffre de la classe de qualité

Les écrous hexagonaux de  $d \geq M5$  doivent être marqués de la marque d'identification du fabricant et de la classe de qualité. Les écrous hexagonaux doivent être marqués en creux sur la surface d'appui, sur un surplatt ou en relief sur le chanfrein. Le marquage en relief ne doit pas dépasser la surface d'appui de l'écrou. Une alternative au marquage par le chiffre de la classe de qualité est l'identification basée sur le système horaire. (pour plus d'informations, voir DIN EN 20898, partie 2).

## 1.8 Filetage en pouce, tableau des correspondances pouce/mm

<b>Pouce</b>	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1.1/4"
<b>mm</b>	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	31,8

<b>Pouce</b>	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"	4"	
<b>mm</b>	38,1	44,5	50,8	57,1	63,5	69,9	76,2	88,9	102,0	

## Nombre de filets au pouce (1") UNC/UNF

<b>Pouce</b>	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	
<b>UNC, nombre de filets/pouce</b>	20	18	16	14	13	11	10	
<b>UNF, nombre de filets/pouce</b>	28	24	24	20	20	18	16	

Tabl. 11: Filetage UNC/UNF, nombre de filets

## Identification des vis à capacité de charge réduite

Dans le cas de vis à capacité de charge réduite, l'identification habituelle de la classe de résistance, par exemple 8.8, est précédée d'un «0». Le point figurant entre les chiffres peut être supprimé, ainsi les variantes «08.8» et «088» sont possibles. Cette identification est possible pour toutes les classes de résistance.

## 2. ÉLÉMENTS D'ASSEMBLAGE RÉSISTANTS À LA ROUILLE ET AUX ACIDES

### 2.1 Propriétés mécaniques

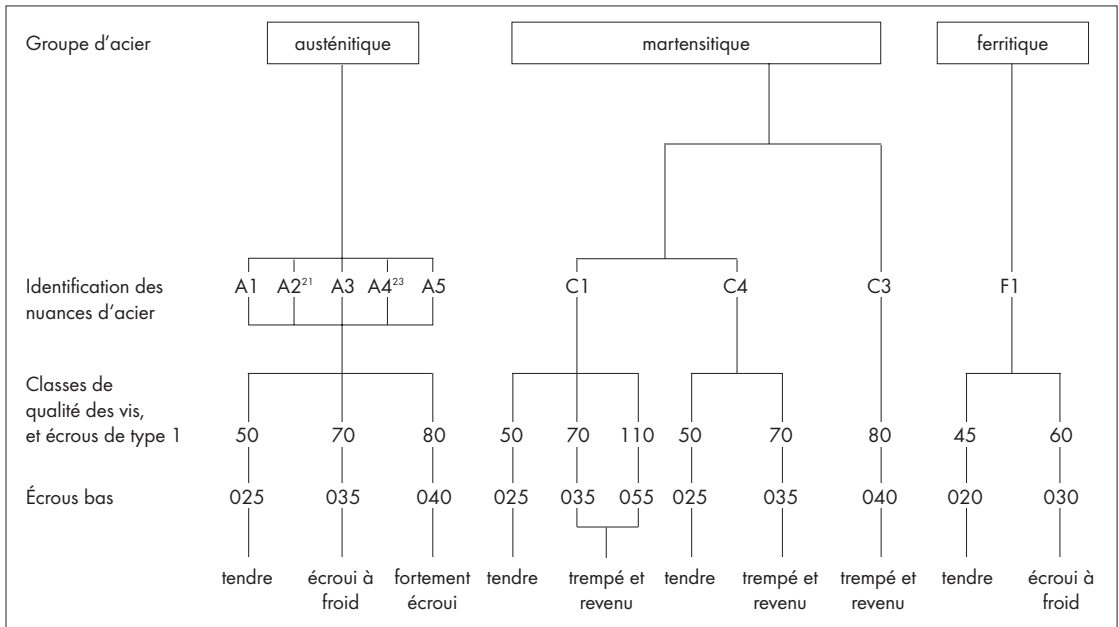
La norme DIN EN ISO 3506 s'applique aux vis et aux écrous en acier inoxydable. Il existe un grand nombre d'aciers inoxydables qui sont répartis en trois groupes: les aciers austénitiques, les aciers ferritiques et les aciers martensitiques, les aciers austénitiques étant les plus répandus.

Les groupes d'aciers et les classes de qualité sont caractérisés par une suite de quatre lettres et chiffres.

### Exemple :

A2-70

- A Acier austénitique
- 2 Type d'éléments d'alliage au sein du groupe A
- 70 Résistance minimum à la traction 700 MPa, écroui à froid



Système de désignation pour les éléments de fixation en acier inoxydable (selon ISO 3506)

Nuance d'acier	Composition chimique en % (valeurs maximales en l'absence d'autre indication)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
A1	0,12	1	6,5	0,2	0,15-0,35	16-19	0,7	5-10	1,75-2,25
A2	0,1	1	2	0,05	0,03	15-20	-	8-19	4
A3	0,08	1	2	0,045	0,03	17-19	-	9-12	1
A4	0,08	1	2	0,045	0,03	16-18,5	2-3	10-15	4
A5	0,08	1	2	0,045	0,03	16-18,5	2-3	10,5-14	1

A3 et A5 sont stabilisés contre la corrosion intergranulaire grâce à l'adjonction de titane, de niobium ou de tantale.

Composition chimique des aciers inoxydables austénitiques (selon ISO 3506)



## Les principales nuances d'aciers inoxydables et leur composition

	Désignation de la matière	N° de lamatière	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	Cr %	Mo %	Ni %	Autre %
A1	X 8 Cr Ni S 18-9	1.4305	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 + 19,0	-	8 + 10	S 0,15 + 0,35
A2	X 5 Cr Ni 1810	1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 + 20,0	-	8,5 + 10	-
	X 2 Cr Ni 1811	1.4306	≤ 0,03	1,0	2,0	17,0 + 20,0	-	10 + 12,5	-
	X 8 Cr Ni Ti 19/10	1.4303	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 + 20,0	-	10,5 + 12	-
A3	X 6 Cr Ni Ti 1811	1.4541	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 + 19,0	-	9,0 + 11,5	Ti ≥ 5 X % C
A4	X 5 Cr Ni Mo 1712	1.4401	≤ 0,07	1,0	2,0	16,5 + 18,5	2,0 + 2,5	10,5 + 13,5	-
	X 2 Cr Ni Mo 1712	1.4404	≤ 0,03	1,0	2,0	16,5 + 18,5	2,0 + 2,5	11 + 14	-
A5	X 6 Cr Ni Mo Ti 1712	1.4571	≤ 0,10	1,0	2,0	16,5 + 18,5	2,0 + 2,5	10,5 + 13,5	Ti ≥ 5 X % C

Tabl. 15 : Nuances d'aciers inoxydables courantes et leur composition chimique

### Nuance d'acier A1

La nuance d'acier A1 est particulièrement adaptée aux opérations de décolletage. En raison de leur haute teneur en soufre, ces aciers présentent une résistance à la corrosion moindre, en comparaison des aciers contenant peu de soufre.

### Nuance d'acier A2

La nuance A2 est l'acier inoxydable le plus couramment employé. Elle est utilisée pour les équipements et appareils de cuisine ainsi que pour l'industrie chimique. Ces aciers ne sont pas appropriés pour l'utilisation dans les milieux chlorés et acides non oxydants, p. ex. dans les piscines ou en milieu marin.

### Nuance d'acier A3

La nuance A3 est un acier inoxydable stabilisé grâce à l'adjonction de titane, éventuellement de niobium, et de tantale. Ces derniers présentent les mêmes propriétés que les aciers A2 (stabilisés contre la corrosion intergranulaire, p. ex. après une opération de soudage).

### Nuance d'acier A4

La nuance A4 est un «acier résistant aux acides», alliée au molybdène et qui présente une résistance nettement améliorée à la corrosion. L'A4 est utilisé en grande quantité dans l'industrie de la cellulose, car cet acier a été conçu pour des acides sulfuriques en ébullition (d'où la désignation «résistant aux acides»). Elle est également appropriée dans une certaine mesure pour les environnements chlorés. Par ailleurs, l'A4 est fréquemment

utilisé dans l'industrie alimentaire et dans les chantiers de construction navale.

### Nuance d'acier A5

La nuance d'acier A5 est un «acier stabilisé résistant aux acides» possédant les mêmes caractéristiques que la nuance A4 (voir également A3).

### 2.1.1 Répartition par classe de qualité des vis en acier inoxydable

La norme DIN EN ISO 3506 regroupe les nuances d'acier recommandées pour les éléments d'assemblage. L'acier austénitique A2 est le plus couramment utilisé. Dans le cas de sollicitations corrosives plus élevées, ce sont en revanche les aciers chrome-nickel de la nuance d'acier A4 qui sont utilisés. Les valeurs mécaniques du tableau 17 sont à considérer comme base pour la détermination des assemblages comportant des vis en acier austénitique.

## Propriétés mécaniques des nuances d'acier austénitique

Groupe de composition	Nuances d'acier	Classe de qualité	Gammes de diamètre	Vis		
				Résistance à la traction $R_m^{1)}$ MPamin.	Limite d'élasticité 0,2% $R_{p0,2}^{1)}$ MPamin.	Allongement après la rupture $A^{2)}$ mm min.
austénitique	A1, A2, A3, A4 et A5	50	≤ M39	500	210	0,6 d
		70	< M24 <sup>3)</sup>	700	450	0,4 d
		80	< M24 <sup>3)</sup>	800	600	0,3 d

<sup>1)</sup> La contrainte de traction se calcule par rapport à la section de résistance (voir DIN EN ISO 3506-1).  
<sup>2)</sup> Selon 6.2.4, l'allongement après la rupture doit être déterminé à partir de la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette usinée. d est le diamètre nominal.  
<sup>3)</sup> Pour les éléments d'assemblage dont le diamètre nominal de filetage d est supérieur à 24 mm, les propriétés mécaniques doivent être convenues entre l'utilisateur et le fabricant. Ils doivent être identifiés selon les nuances d'aciers et les classes de qualité présentées dans ce tableau.

Tabl. 16 : Extrait de la norme DIN EN ISO 3506-1

La détermination de la limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  s'effectue selon la norme DIN EN ISO 3506-1, lors de l'essai de traction sur des vis entières, car les propriétés mécaniques sont obtenues par écrouissage.

### 2.1.2 Contrainte à la limite d'élasticité des vis à filetage partiel

Les aciers austénitiques chrome-nickel ne sont pas aptes au traitement de trempe. On ne peut obtenir une meilleure limite d'élasticité que par l'écrouissage, qui intervient après le façonnage à froid (p. ex. laminage du filetage). Le tableau 17 indique les contraintes à la limite élastique pour les vis à filetage partiel selon DIN EN ISO 3506.

Diamètre nominal	Contraintes à la limite élastique des aciers austénitiques selon DIN EN ISO 3506 A2 et A4 en N	
	50	70
M5	2.980	6.390
M6	4.220	9.045
M8	7.685	16.470
M10	12.180	26.100
M12	17.700	37.935
M16	32.970	70.650
M20	51.450	110.250
M24	74.130	88.250
M27	96.390	114.750
M30	117.810	140.250

Tabl. 17: Contraintes à la limite élastique pour les vis à filetage partiel selon DIN EN ISO 3506

### 2.1.3 Valeurs indicatives des couples de serrage des vis, voir chapitre 6.6

### 2.2 Résistance à la corrosion de l'inox A2 et A4

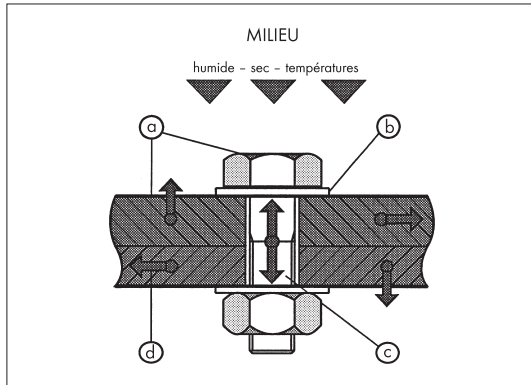
Les aciers inoxydables résistant aux acides tels que l'A2 et l'A4 rentrent dans la catégorie de protection « active » contre la corrosion.

Les aciers inoxydables contiennent au minimum 16% de chrome (Cr) et résistent aux attaques de produits oxydants. Des teneurs plus élevées en Cr et d'autres composants d'alliage tels que le nickel (Ni), le molybdène (Mo), le titane (Ti) ou le niobium (Nb) renforcent encore la résistance à la corrosion. Ces additifs ont une influence sur les propriétés mécaniques. D'autres éléments d'alliage ne sont ajoutés qu'en vue d'augmenter les propriétés mécaniques, p. ex. l'azote (N), ou l'usinabilité à travers l'adjonction de soufre (S).

En général, les éléments d'assemblage en aciers austénitiques ne sont pas magnétiques ; cependant, un certain magnétisme peut être présent après l'écrouissage. La résistance à la corrosion ne s'en trouve toutefois pas altérée. La magnétisation par écrouissage peut être telle que la pièce en acier adhère à un aimant.

Sous l'effet de l'oxygène, l'acier inoxydable forme une couche d'oxyde stable (passivation). Cette passivation protège le métal de la corrosion.

Il est à noter que dans la pratique il survient différents types de corrosion. Ci-dessous, vous trouverez les types de corrosion les plus fréquemment rencontrés pour l'acier inoxydable et représentés à titre d'exemple dans la figure K ci-dessous :



- a Corrosion par abrasion de surface, corrosion par piqûres
- b Corrosion par contact
- c Corrosion fissurante sous contrainte
- d Effets mécaniques

Fig. K : Représentation des types de corrosion les plus usuelles au niveau des assemblages par vis

### 2.2.1 Corrosion généralisée ou uniforme

Dans le cas de corrosion régulière de surface, également nommée corrosion abrasive, la surface est corrodée de façon régulière. Ce type de corrosion peut être évité par un choix scrupuleux du matériau.

Sur la base d'essais en laboratoire, les fabricants ont publié des tableaux de résistance qui donnent des informations sur le comportement des types d'acier soumis à des températures et des concentrations différentes dans les milieux individuels (voir paragraphe 2.2.5).

### 2.2.2 Corrosion par piqûres

La corrosion par piqûres se caractérise par une corrosion de surface associée à une formation de creux et de trous: la couche passive est percée par endroits.

Lorsque l'acier inoxydable est en contact avec un milieu actif contenant du chlore, il se produit également une cor-

rosion perforante agissant seule et creusant des rainures sous forme de piqûres d'aiguille dans le matériau. La corrosion par piqûres peut également être due à des incrustations et à la rouille. Pour cette raison, il est nécessaire de nettoyer régulièrement les éléments d'assemblage pour en éliminer les résidus et les dépôts.

Les aciers austénitiques A2 et A4 sont plus résistants à la corrosion par piqûres que les aciers ferritiques au chrome.

### Répartition du degré de résistance dans différents groupes

Degré de résistance	Interprétation	Perte de poids en g/m <sup>2</sup> h
A	totalément résistant	< 0,1
B	quasiment résistant	0,1 - 1,0
C	peu résistant	1,0 - 10
D	non résistant	> 10

Tabl. 22

### 2.2.3 Corrosion par contact

La corrosion par contact apparaît lorsque deux éléments de composition différente se trouvent en contact métallique en présence d'humidité sous forme d'électrolytes. Dans ce cas, l'électrolyte faible est agressé et détruit.

Afin d'éviter la corrosion par contact, il convient d'observer les points suivants :

- Isoler les métaux au point de contact, par exemple à l'aide de caoutchouc, de matière plastique ou de peinture, afin qu'aucun courant de contact ne puisse passer.
- Éviter si possible l'assemblage de métaux différents. Il faudrait par exemple harmoniser vis, écrous et rondelles avec les éléments à assembler.
- Éviter tout contact entre l'assemblage et un milieu électrolytique actif.  
→ voir aussi chap. 6.8

### 2.2.4 Corrosion sous contrainte

Ce type de corrosion se forme en règle générale sur les éléments de construction utilisés dans une atmosphère industrielle et soumis à de fortes sollicitations de traction et de flexion. Des contraintes occasionnées par les travaux de soudure peuvent aussi provoquer la corrosion fissurante sous contrainte.

Les aciers austénitiques en atmosphère chlorée sont particulièrement sensibles à la corrosion fissurante sous contrainte.

La température a une influence considérable. Une température de 50 °C est à considérer comme température critique.

### 2.2.5 Association de produits corrosifs avec des inox A2 et A4

Le tableau suivant donne un aperçu de la résistance de A2 et A4 dans divers milieux corrosifs. Les valeurs indiquées ne sont qu'indicatives, mais offrent de bonnes possibilités de comparaison.

#### Aperçu de la résistance des vis en A2 et A4 aux agressions chimiques

Produit corrosif	Concentration	Température en °C	Degré de résistance A2	Degré de résistance A4
Acétone	toutes	toutes	A	A
Éther éthylique	-	toutes	A	A
Alcool éthylique	toutes	20	A	A
Acide formique	10%	20 à ébullition	A B	A A
Ammoniac	toutes	20 à ébullition	A A	A A
Essences de toutes sortes	-	toutes	A	A
Acide benzoïque	toutes	toutes	A	A
Benzène	-	toutes	A	A
Bière	-	toutes	A	A
Acide prussique	-	20	A	A
Sang	-	20	A	A
Solution de bondérisation	-	98	A	A
Chlore : gaz sec gaz humide	-	20 toutes	A D	A D
Chloroforme	toutes	toutes	A	A
Acide chromique	10% pur 50% pur	20 à ébullition 20 à ébullition	A C B D	A B B D
Révéléateur (photo)	-	20	A	A
Acide acétique	10%	20 à ébullition	A A	A A
Acide gras	technique	150 180 200-235	A B C	A A A
Jus de fruits	-	toutes	A	A
Acide tannique	toutes	toutes	A	A
Glycérine	konz.	toutes	A	A
Air industriel	-	-	A	A
Permanganate de potassium	10%	toutes	A	A
Lait de chaux	-	toutes	A	A
Dioxyde de carbone	-	-	A	A
Acétate de cuivre	-	toutes	A	A
Nitrate de cuivre	-	-	A	A
Sulfate de cuivre	toutes	toutes	A	A

Produit corrosif	Concentration	Température en °C	Degré de résistance A2	Degré de résistance A4
Sulfate de magnésium	env. 26%	toutes	A	A
Eau de mer	-	20	A	A
Alcool méthylique	toutes	toutes	A	A
Acide lactique	1,5%	toutes	A	A
	10%	20	A	A
		à ébullition	C	A
Carbonate de sodium	saturé à froid	toutes	A	A
Hydroxyde de sodium	20 %	20	A	A
		à ébullition	B	B
	50%	120	C	C
Nitrate de sodium	-	toutes	A	A
Perchlorate de sodium	10%	toutes	A	A
Sulfate de sodium	saturé à froid	toutes	A	A
Fruit	-	-	A	A
Huiles (minérales et végétales)	-	toutes	A	A
Acide oxalique	10%	20	B	A
	50%	à ébullition à ébullition	C D	C C
Pétrole	-	toutes	A	A
Phénol	pur	à ébullition	B	A
Acide phosphorique		à ébullition	A	A
	10%	20	A	A
	50%	à ébullition	C	B
	80%	20	B	A
		à ébullition	D	C
	conc.	20	B	A
		à ébullition	D	D
Mercure	-	jusqu'à 50	A	A
Azotate de mercure	-	toutes	A	A
Acide salicylique	-	20	A	A
Acide nitrique	jusqu'à 40%	toutes	A	A
	50%	20	A	A
		à ébullition	B	B
	90%	20	A	A
		à ébullition	C	C
Acide chlorhydrique	0,2%	20	B	B
		50	C	B
	2%	20	D	D
		50	D	D
	jusqu'à 10%	20	D	D
Acide sulfurique	jusqu'à 70%	B	A	B
		à ébullition	B	A
	2,5%	jusqu'à 70	C	C
		à ébullition	C	A
	5%	20	B	A
		> 70	B	B
	10%	20	C	B
		70	C	C
	60%	toutes	D	D
Acide sulfureux	solution aqueuse	20	A	A
Dioxyde de soufre	-	100-500	C	A
		900	D	C
Goudron	-	chaud	A	A

Produit corrosif	Concentration	Température en °C	Degré de résistance A2	Degré de résistance A4
Vin	-	20 et chaud	A	A
Acide tartrique	jusqu'à 10%	20 à ébullition	A	A
	plus de 100% jusqu'à 50% 75%	20 à ébullition à ébullition	B A C C	A A C C
Jus de citron	-	20	A	A
Acide citrique	jusqu'à 10% 50%	toutes	A	A
		20 à ébullition	A C	A B
Solution sucrée	-	toutes	A	A

### 2.2.6 Formation de rouille par contamination ferreuse

Cette rouille est constituée de particules adhérentes d'un acier au carbone («acier normal») sur la surface de l'acier inoxydable, qui se transforment en rouille sous l'action de l'oxygène. Si ces surfaces ne sont pas nettoyées et éliminées, cette rouille peut générer aussi une corrosion perforante électrochimique sur l'acier inoxydable.

Cette rouille peut être générée par :

- contact entre des objets qui rouillent et une surface en acier inoxydable ;
- flammèches provenant de travaux de meulage, de poussières de ponçage ou de travaux de soudure ;
- écoulement d'eau saturée en rouille sur une surface en acier inoxydable ;
- utilisation d'outils ayant servis auparavant à traiter l'acier au carbone.

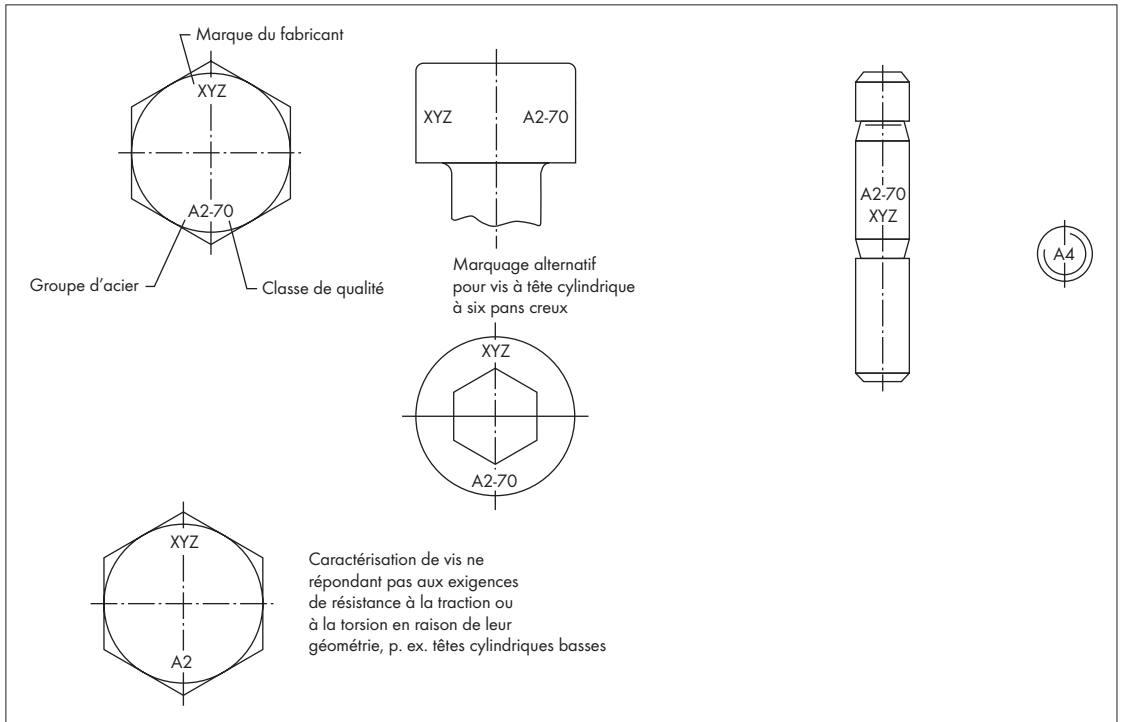


Fig. L : Extrait de DIN EN ISO 3506-1

### 2.3 Marquage et identification des vis et écrous en acier inoxydable

L'identification des vis et des écrous inoxydables doit comprendre le groupe d'acier et la classe de qualité ainsi que la marque du fabricant.

#### Identification des vis selon DIN EN ISO 3506-1

Les vis à tête hexagonale et les vis à tête cylindrique à six pans creux à partir d'un diamètre nominal M5 doivent être identifiées de façon claire et conformément au système de désignation. L'identification doit si possible être apposée sur la tête de la vis.

#### Identification des écrous selon DIN EN ISO 3506-2

Les écrous dont le diamètre nominal de filetage excède 5 mm doivent être identifiés de façon claire conformément au système de désignation. L'identification sur une seule surface de contact est autorisée, mais doit être apposée en creux uniquement. Au choix, une identification sur les méplats pour clés est aussi possible.

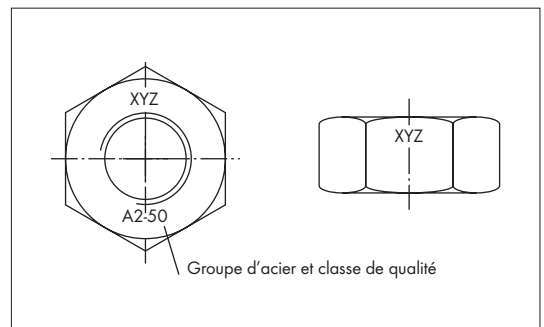


Fig. M: Extrait de DIN EN ISO 3506-2

## 3. INFORMATIONS ISO, NORMALISATION TECHNIQUE – CONVERSION À L'ISO

### 3.1 Référentiels normatifs

La normalisation technique constitue un travail d'harmonisation dans le domaine technique, réalisé en commun par toutes les parties concernées. Elle a pour objectif de définir les termes, les produits, les procédés, etc. dans le domaine technique, de les classer et de les harmoniser. Ainsi, des solutions optimales sont trouvées pour tous types d'assemblages, ce qui simplifie considérablement la gestion des commandes de pièces.

En Allemagne, ce travail d'harmonisation était effectué autrefois sur le plan national par le Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) [Institut allemand de normalisation]. Sur le plan européen, il existe en outre les normes européennes (normes EN) et sur le plan international les normes ISO, publiées par l'International Organisation for Standardisation.

**Les normes nationales (DIN)** sont/ont été largement remplacées par les normes internationales/européennes. Les normes DIN continueront uniquement à exister pour les produits pour lesquels il n'existe pas de norme ISO ou EN.

**Les normes internationales (ISO)** sont destinées à harmoniser sur le plan international les règles techniques conformément à la mission et aux objectifs de l'ISO fondée en 1946, à faciliter ainsi les échanges commerciaux et à abolir les entraves au commerce.

**Les normes européennes (EN)** sont destinées à harmoniser les règles et les lois techniques au sein du Marché unique européen (UE/CEE) existant depuis le 1.1.1995. En principe, toutes les normes ISO existantes doivent si possible être reprises telles quelles en tant que normes EN. La différence entre les normes ISO et les normes EN réside dans le fait que les normes EN doivent être reprises et introduites immédiatement et telles quelles comme normes nationales dans chaque pays membre après décision du Conseil européen, et que les normes nationales doivent être retirées simultanément.

### 3.1.1 Désignation de produit et modification de produit

Très souvent, l'introduction des normes européennes est considérée comme opaque, voire chaotique. Mais lorsque l'on y regarde de plus près, ce n'est pas le cas. De nombreuses normes DIN ont servi de base aux normes ISO. Ainsi, les anciennes normes DIN ont été transformées en nouvelles normes ISO.

Si une norme ISO est reprise telle quelle dans l'ensemble des normes nationales, la norme nationale porte alors le même nom que la norme ISO correspondante. C'est pourquoi un écrou ISO s'appellera ISO 4032-M12-8 dans le monde entier.

Dans de nombreux cas, il ne peut pas être question à strictement parler de conversion «DIN en ISO», car par le passé, beaucoup de normes DIN ont déjà été reprises par les normes ISO. Dans le cadre de l'harmonisation de l'ensemble des normes, certaines désignations varient certes, mais les produits en eux-mêmes ne changent guère. Entre-temps, le nombre 20000 a été ajouté au numéro ISO lorsque les normes ISO ont été reprises à l'échelle européenne (EN) (exemple : DIN EN ISO 24034). Ce système de désignation a cependant été abandonné à nouveau il y a quelques années et il a été remplacé par la forme usuelle actuelle «DIN EN ISO ...».

Il est certain que les changements de désignation sont très gênants pour les documents de fabrication ou de commande, car ces derniers doivent tôt ou tard être modifiés. Nous devons cependant garder une chose à l'esprit : plus vite nous aurons mis en conformité les normes européennes, plus nous profiterons rapidement du fait que les entraves au niveau du commerce et de l'approvisionnement au sein de l'Europe auront été supprimées.

Comme déjà expliqué, le contenu de nombreuses normes DIN correspond déjà à la norme ISO, car celles-ci avaient déjà été introduites à un moment où le «passage à ISO» n'était pas encore d'actualité.



Dans le cas de la norme la plus importante pour les vis et les écrous, à savoir la norme ISO 898-1 «Propriétés mécaniques des éléments d'assemblage», aucune modification n'est à prévoir après l'euro-péisation, car cette norme a été reprise dès le départ dans l'ensemble des normes allemandes sans subir de modifications.

La modification de produit la plus importante dans le cadre de l'harmonisation était sans doute celle des ouvertures de clé pour tous les produits à six pans externes. Cela concerne les vis et les écrous de diamètres M10, M12 et M14 (dont les ouvertures de clé ont été réduites de 1 mm) et M22 (ouverture de clé augmentée de 2 mm).

À l'exception de ces quatre dimensions, toutes les autres dimensions de vis étaient déjà totalement identiques aux normes ISO. Ce qui signifie par exemple qu'une vis DIN 933 M 16 x 50-8.8 est totalement identique sur le plan dimensionnel ainsi que sur celui des caractéristiques techniques à une vis ISO 4017 M 16 x 50-8.8. Seule une modification de désignation doit donc être effectuée dans les documents de fabrication ou de commande.

### 3.2 Correspondances DIN-ISO

### Correspondances ISO-DIN

DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN
1	2339	931	4014	6914	7412	1051	660/661	4036	439	8673	934
7	2338	933	4017	6915	7414	1207	84	4161	6923	8673	971
84	1207	934	4032	6916	7416	1234	94	4762	912	8674	971-2
85	1580	934	8673	6921	8102	1479	7976	4766	551	8676	961
94	1234	960	8765	6923	4161	1481	7971	7040	982	8677	603
125	7089	961	8676	6924	7040	1482	7972	7040	6924	8733	7979
125	7090	963	2009	6925	7042	1483	7973	7042	980	8734	6325
126	7091	964	2010	7343	8750	1580	85	7042	6925	8735	7979
417	7435	965	7046	7343	8751	2009	963	7045	7985	8736	7978
427	2342	966	7047	7344	8748	2010	964	7046	965	8737	7977
433	7092	971-1	8673	7346	13337	2338	7	7047	966	8738	1440
438	7436	971-2	8674	7971	1481	2339	1	7049	7981	8740	1473
439	4035	980	7042	7972	1482	2341	1434	7050	7982	8741	1474
439	4036	980	10513	7973	1483	2342	427	7051	7983	8742	1475
440	7094	982	7040	7976	1479	2936	911	7072	11024	8744	1471
551	4766	982	10512	7977	8737	4014	931	7089	125	8745	1472
553	7434	985	10511	7978	8736	4016	601	7090	125	8746	1476
555	4034	1440	8738	7979	8733	4017	933	7091	126	8747	1477
558	4018	1444	2341	7979	8735	4018	558	7092	433	8748	7344
601	4016	1471	8744	7981	7049	4026	913	7093	9021	13337	7346
603	8677	1472	8745	7982	7050	4027	914	7094	440	8750	7343
660	1051	1473	8740	7983	7051	4028	915	7412	6914	8751	7343
661	1051	1474	8741	7985	7045	4029	916	7414	6915	8752	1481
911	2936	1475	8742	7991	10642	4032	934	7416	6916	8765	960
912	4762	1476	8746	9021	7093	4034	555	7434	553	10642	7991
913	4026	1477	8747	11024	7072	4035	439	7435	417	10511	985
914	4027	1481	8752					7436	438	10512	982
915	4028	6325	8734					8102	6921	10513	980
916	4029										

En revanche, suite à de nouvelles connaissances techniques, l'ISO a augmenté la hauteur des écrous hexagonaux. Il a été constaté que la résistance à l'arrachement n'était plus garantie, surtout en cas d'utilisation de méthodes de serrage modernes. Dans ce cas, une défaillance d'assemblage ne pouvait être exclue. Cette raison est suffisante pour recommander vivement l'utilisation d'écrous conformes aux normes ISO.

### 3.3 Modifications d'ouvertures de clé DIN-ISO

Ouvertures de clé six pans	DIN	ISO
M10	17 mm	16 mm
M12	19 mm	18 mm
M14	22 mm	21 mm
M22	32 mm	34 mm

### 3.4 Conversion de normes DIN/ISO, principales modifications, classées par domaines.

#### Normes actuellement en vigueur

##### 3.4.1 Conditions techniques de livraison et normes fondamentales

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
267 Partie 20	-	DIN EN ISO 6157-2	Éléments de fixation, défauts de surface, écrous	Aucune modification notable
267 Partie 21	-	DIN EN ISO 10484	Essai d'évasement des écrous	A.m.n.
DIN ISO 225	225	DIN EN 20225	Éléments de fixation; boulons, vis, goujons et écrous, symboles et désignations des dimensions	A.m.n.
DIN ISO 273	273	DIN EN 20273	Éléments de fixation, trous de passage pour boulons et vis (ISO 273: 1991)	A.m.n.
DIN ISO 898 Partie 1	898-1	DIN EN ISO 898 Partie 1	Propriétés mécaniques des éléments d'assemblage, vis (ISO 898-1: 1988)	A.m.n.
267 Partie 4	898-2	DIN EN 20898-2	Propriétés mécaniques des éléments d'assemblage, écrous avec forces d'essai définies (ISO 898-2: 1992)	A.m.n.
DIN ISO 898 Partie 6	898-6	DIN EN ISO 898 Partie 6	Propriétés mécaniques des éléments d'assemblage, écrous avec forces d'essai définies, filetage fin (ISO 898-6: 1988)	A.m.n.
267 Partie 19	6157-1	DIN EN 26157 Partie 1	Éléments d'assemblage, défauts de surface, vis pour exigences générales (ISO 6157-1: 1988)	A.m.n.
267 Partie 19	6157-3	DIN EN 26157 Partie 3	Éléments d'assemblage, défauts de surface, vis pour exigences générales (ISO 6157-3: 1988)	A.m.n.
DIN ISO 7721	7721	DIN EN 27721	Vis à tête conique ; conception et contrôle des têtes coniques (ISO 7721: 1983)	A.m.n.
267 Partie 9	-	DIN ISO 4042	Pièces filetées - revêtements galvaniques	A.m.n.
267 Partie 1	-	DIN ISO 8992	Exigences générales requises des vis et des écrous	A.m.n.
267 Partie 5	-	DIN EN ISO 3269	Éléments d'assemblage mécaniques - contrôle de réception	A.m.n.
267 Partie 11	-	DIN EN ISO 3506 Parties 1,2,3	Éléments d'assemblage en aciers inoxydables - conditions techniques de livraison	A.m.n.
267 Partie 12	-	DIN EN ISO 2702	Vis à tôle en acier trempé - propriétés mécaniques	A.m.n.
267 Partie 18	8839	DIN EN 28839	Propriétés mécaniques des éléments d'assemblage, vis et écrous en métaux non ferreux (ISO 8839: 1986)	A.m.n.

### 3.4.2 Petites vis métriques

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
84	1207	DIN EN 21207	Vis à métaux à tête cylindrique fendue - Grade A (ISO 1207:1992)	En partie hauteur et diamètre de tête
85	1580	DIN EN 21580	Vis à métaux à tête cylindrique large, fendue - Grade A (ISO 1580:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête
963	2009	DIN EN 22009	Vis à métaux à tête fraisée, fendue - Grade A (ISO 2009:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête
964	2010	DIN EN 22010	Vis à métaux à tête fraisée bombée, fendue - Grade A (ISO 2010:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête
965	7046-1	DIN EN 27046-1	Vis à métaux à tête fraisée à empreinte cruciforme - Grade A - Partie 1 : Classe de qualité 4.8 uniquement (ISO 7046-1:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête
965	7046-2	DIN EN 27046-2	Vis à métaux à tête fraisée à empreinte cruciforme - Grade A - Partie 2 : Acier de classe de qualité 8.8, acier inoxydable et métaux non ferreux (ISO 7046-2:1990)	En partie hauteur et diamètre de tête
966	7047	DIN EN 27047	Vis à métaux à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme - Grade A (ISO 7047:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête
7985	7045	DIN EN 27045	Vis à métaux à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme - Grade A (ISO 7045:1993)	En partie hauteur et diamètre de tête

### 3.4.3 Goupilles et axes

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
1	2339	DIN EN 22339	Goupilles de position coniques non trempées (ISO 2339:1986)	Longueur L et calottes
7	2338	DIN EN 22338	Goupilles cylindriques non trempées (ISO 2338:1986)	Longueur L et calottes
1440	8738	DIN EN 28738	Rondelles plates pour axes d'articulation ; grade A (ISO 8738:1986)	Partiellement diamètre extérieur
1443	2340	DIN EN 22340	Axes d'articulation sans tête (ISO 2340:1986) ; version allemande EN 22340:1992	Aucune modification notable
1444	2341	DIN EN 22341	Axes d'articulation avec tête (ISO 2341:1986) ; version allemande EN 22341:1992	Aucune modification notable
1470	8739	DIN EN 8739	Goupilles cannelées à cannelures constantes sur toute la longueur débouchantes, à bout pilote (ISO 8739:1997)	Aucune modification notable
1471	8744	DIN EN 8744	Goupilles cannelées à cannelures progressives sur toute la longueur (débouchantes) (ISO 8744:1997)	A.m.n.
1472	8745	DIN EN 8745	Goupilles cannelées à cannelures progressives sur la moitié de la longueur (débouchantes) (ISO 8745:1997)	A.m.n.
1473	8740	DIN EN 8740	Goupilles cannelées à cannelures constantes sur toute la longueur débouchantes, à chanfrein (ISO 8740:1997)	A.m.n.
1474	8741	DIN EN 8741	Goupilles cannelées à cannelures progressives renversées sur la moitié de la longueur non débouchantes (ISO 8741:1997)	A.m.n.

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
1475	8742	DIN EN 8742	Goupilles cannelées à cannelures centrales constantes sur le tiers de la longueur non débouchantes (ISO 8742:1997)	Forces de cisaillement augmentées
1476	8746	DIN EN 8746	Clous cannelés à tête ronde (ISO 8746:1997)	A.m.n.
1477	8747	DIN EN 8747	Clous cannelés à tête fraisée (ISO 8747:1997)	A.m.n.
1481	8752	DIN EN 8752	Goupilles cylindriques creuses, dites goupilles élastiques - Série épaisse (ISO 8752:1997)	Angle de chanfrein
6325	8734	DIN EN 8734	Goupilles cylindriques en acier trempé et en acier inoxydable martensitique (ISO 8734:1997)	Formes A/B supprimées
7977	8737	DIN EN 28737	Goupilles de position coniques à longueur filetée, non trempées (ISO 8737:1986)	A.m.n.
7978	8736	DIN EN 28736	Goupilles de position coniques à trou taraude, non trempées (ISO 8736:1986)	A.m.n.
7979	8733	DIN EN 8733	Goupilles cylindriques à trou taraudé en acier trempé et en acier inoxydable austénitique (ISO 8733:1997)	A.m.n.
7979	8735	DIN EN 8735	Goupilles cylindriques à trou taraudé en acier trempé et en acier inoxydable martensitique (ISO 8735:1997)	A.m.n.

### 3.4.4 Vis à tête

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
7971	1481	DIN ISO 1481	Vis à tête à tête cylindrique large fendue (ISO 1481:2011)	En partie hauteur et diamètre de tête
7972	1482	DIN ISO 1482	Vis à tête à tête fraisée fendue (ISO 1482:2011)	En partie hauteur et diamètre de tête
7973	1483	DIN ISO 1483	Vis à tête à tête fraisée bombée fendue (ISO 1483:2011)	En partie hauteur et diamètre de tête
7976	1479	DIN ISO 1479	Vis à tête à tête hexagonale (ISO 1479:2011)	En partie hauteur de tête
7981	7049	DIN ISO 7049	Vis à tête à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme (ISO/DIS 7049:2009)	En partie hauteur et diamètre de tête
7982	7050	DIN ISO 7050	Vis à tête à tête fraisée à empreinte cruciforme (ISO/DIS 7050:2009)	En partie hauteur et diamètre de tête
7983	7051	DIN ISO 7051	Vis à tête à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme (ISO/DIS 7051:2009)	En partie hauteur et diamètre de tête

### 3.4.5 Vis à tête hexagonale et écrous hexagonaux

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
439 T1	4036	DIN EN 24036	Écrous bas hexagonaux - Classe de produit B (sans chanfrein) (ISO 4036:1979)	4 ouvertures de clé
439 T2	4035	DIN EN 24035	Écrous bas hexagonaux (chanfreinés) - Grades A et B (ISO 4035:1986)	4 ouvertures de clé
555	4034	DIN EN 24034	Produits consommables pour le soudage - Fils - électrodes pleins, fils pleins et baguettes pleines pour le soudage par fusion eu titane et des alliages de titane - Classification (ISO 24034:2010)	Hauteur d'écrou et 4 ouvertures de clé

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
558	4018	DIN EN 24018	Vis à tête hexagonale - Grade C (ISO 4018:1988)	4 ouvertures de clé
601	4016	DIN EN 24016	Boulons à tête hexagonale - Grade C (ISO 4016:1988)	4 ouvertures de clé
931	4014	DIN EN 24014	Boulons à tête hexagonale - Grades A et B (ISO 4014:1988)	4 ouvertures de clé
933	4017	DIN EN 24017	Vis à tête hexagonale - Grades A et B (ISO 4017:1988)	4 ouvertures de clé
934 ISO-type 1	4032	DIN EN 24032	Écrous hexagonaux, style - Grades A et B (ISO 4032:1986)	Hauteur d'écrou et 4 ouvertures de clé
934 ISO-type 1	8673	DIN EN 28673	Écrous hexagonaux, style 1, à filetage métriques à pas fin - Grades A et B (ISO 8673:1988)	Hauteur d'écrou et 4 ouvertures de clé
960	8765	DIN EN 28765	Boulons à tête hexagonale, à filetage métrique à pas fin - Grades A et B (ISO 8765:1988)	4 ouvertures de clé
961	8676	DIN EN 28676	Vis à tête hexagonale, à filetage métrique à pas fin - Grades A et E (ISO 8676:1988)	4 ouvertures de clé

### 3.4.6 Tiges filetées

DIN (ancienne)	ISO	DIN (nouvelle) ou DIN EN	Titre	Modifications
417	7435	DIN EN 27435	Vis sans tête, à téton long (ISO 7435:1983)	En partie hauteur et diamètre de tête
438	7436	DIN EN 27436	Vis sans tête, fendues, à bout cuvette (ISO 7436:1983)	En partie hauteur et diamètre de tête
551	4766	DIN EN 24766	Vis sans tête, fendues, à bout plat (ISO 4766:1983)	En partie hauteur et diamètre de tête
553	7434	DIN EN 27434	Vis sans tête, fendues, à bout pointeau (ISO 7434:1983)	En partie hauteur et diamètre de tête
913	4026	DIN 913	Boulons cylindriques à six pans creux et à bout chanfreiné, ISO 4026	En partie hauteur et diamètre de tête
914	4027	DIN 914	Vis sans tête à six pans creux et à pointe ; ISO 4027 modifié	En partie hauteur et diamètre de tête
915	4028	DIN 915	Vis sans tête à six pans creux et tenon, ISO 4028 modifié	En partie hauteur et diamètre de tête
916	4029	DIN 916	Vis sans tête à six pans creux et cuvette, ISO 4029 modifié	En partie hauteur et diamètre de tête

### 3.5 Modifications dimensionnelles concernant les vis à tête hexagonale et les écrous hexagonaux

Diamètre nominal d	Ouverture de clé "s"		Hauteur d'écrou m, min. - max.			
	DIN	ISO	DIN 555	ISO 4034 ISO-type 1	DIN 934	ISO 4032 (RG) 8673 (FG) ISO-type 1
Dimensions à éviter ( )						
M1	2,5	-	-	0,55-0,8	0,55-0,8	-
M1,2	3	-	-	-	0,75-1	-
M1,4	3	-	-	-	0,95-1,2	-
M1,6	3,2		-	-	1,05-1,3	1,05-1,3
M2	4		-	-	1,35-1,6	1,35-1,6

Diamètre nominal d	Ouverture de clé "s"		Hauteur d'écrou m, min. – max.			
M2,5	5		-	-	1,75-2	1,75-2
M3	5,5		-	-	2,15-2,4	2,15-2,4
(M3,5)	6		-	-	2,55-2,8	2,55-2,8
M4	7		-	-	2,9-3,2	2,9-3,2
M5	8		3,4-4,6	4,9-5,6	3,7-4	4,4-4,7
M6	10		4,4-5,6	4,6-6,1	4,7-5	4,9-5,2
(M7)	11	-	-	-	5,2-5,5	-
M8	13		5,75-7,25	6,4-7,9	6,14-6,5	6,44-6,8
M10	17	16	7,25-8,75	8-9,5	7,64-8	8,04-8,4
M12	19	18	9,25-10,75	10,4-12,2	9,64-10	10,37-10,8
(M14)	22	21	-	12,1-13,9	10,3-11	12,1-12,8
M16	24		12,1-13,1	14,1-15,9	12,3-13	14,1-14,8
(M18)	27		-	15,1-16,9	14,3-15	15,1-15,8
M20	30		15,1-16,9	16,9-19	14,9-16	16,9-18
(M22)	32	34	17,1-18,9	18,1-20,2	16,9-18	18,1-19,4
M24	36		17,95-20,05	20,2-22,3	17,7-19	20,2-21,5
(M27)	41		20,95-23,05	22,6-24,7	20,7-22	22,5-23,8
M30	46		22,95-25,05	24,3-26,4	22,7-24	24,3-25,6
(M33)	50		24,95-27,05	27,4-29,5	24,7-26	27,4-28,7
M36	55		27,95-30,05	29,4-31,9	27,4-29	29,4-31
(M39)	60		29,75-32,25	31,8-34,3	29,4-31	31,8-33,4
M42	65		32,75-35,25	32,4-34,9	32,4-34	32,4-34
(M45)	70		34,75-37,25	34,4-36,9	34,4-36	34,4-36
M48	75		36,75-39,25	36,4-38,9	36,4-38	36,4-38
(M52)	80		40,75-43,25	40,4-42,9	40,4-42	40,4-42
M56	85		43,75-46,25	43,4-45,9	43,4-45	43,4-45
(M60)	90		46,75-49,25	46,4-48,9	46,4-48	46,4-48
M64	95		49,5-52,5	49,4-52,4	49,1-51	49,1-51
>M64	-		jusqu'à M100*6	-	jusqu'à M100*6	-/-
Facteur de hauteur des écrous m/d env.	≤ M4		-	-	0,8	0,8
	M5-M39		0,8	0,83-1,12	0,8	0,84-0,93
	≥ M42			~0,8		0,8
Classe de produit			C (grossier)		≤ M16 = A (fin) >M16 = B (standard)	
Tolérance du taraudage			7 H		6 H	
Classe de résistance acier	Gamme de diamètre ~M5-39		5 M16 < d ≤ M39 = 4,5		6,8,10 (ISO 8673 = Fkl. 10 ≤ M16)	
	>M39		selon accord		selon accord	
Propriétés mécaniques selon la norme			DIN 267 partie 4	ISO 898 partie 2 (FG) d ≤ M39	DIN 267 partie 4	ISO 898 partie 2 (FG) partie 6 (FF)

FG - filetage gros, FF - filetage fin

## 4. FABRICATION DE VIS ET D'ÉCROUS

### 4.1 Procédé de fabrication

En principe, on distingue deux procédés de fabrication : la fabrication sans enlèvement de copeaux et le décolletage.

Dans le cas de la fabrication sans enlèvement de copeaux, il existe deux procédés, la frappe à froid et à chaud.

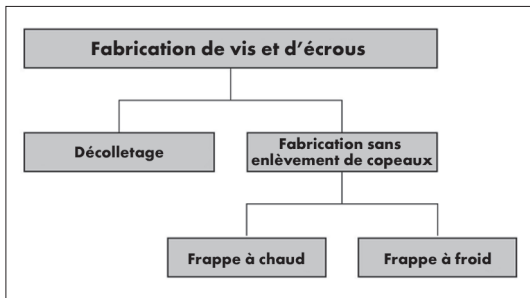


Fig. N : Vue d'ensemble des différents procédés de fabrication

#### 4.1.1 Déformation à froid (frappe à froid)

Dans le domaine actuel de la fixation, la majeure partie des éléments d'assemblage sont fabriqués selon le procédé de la déformation à froid. Dans ce cas, l'élément d'assemblage est façonné en plusieurs processus tels que : par refoulement, frappe et réduction, ou par combinaison de ces procédés. Ce mode de fabrication est couramment appelé frappe à froid.

Ce procédé est généralement utilisé pour la fabrication en grandes quantités, car il représente la solution la plus rationnelle du point de vue économique.

Le choix des équipements de fabrication appropriés dépend de la taille de l'élément d'assemblage et du degré de précision. Plus ce degré est élevé, plus cela nécessite d'étapes de fabrication. Lors de la déformation à froid, les arêtes vives ou les profils de faibles épaisseurs sont défavorables et entraînent une usure prématurée des outils.

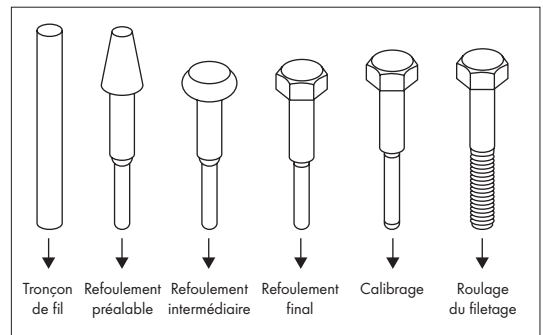
Le choix et la qualité de la matière première (fil) jouent un rôle décisif dans la qualité du produit final. Générale-

ment, les producteurs de vis reçoivent des bobines de fils ayant souvent un poids supérieur à 1.000 kilogrammes.

Ce fil est généralement phosphaté afin de permettre un traitement optimal et une usure minimale des outils.

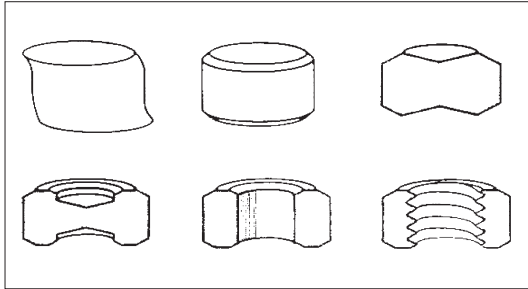
Le fabricant d'une vis ou d'un élément d'assemblage essaie, dès la conception, d'harmoniser les avantages et les inconvénients des différents matériaux avec ceux des exigences requises de l'élément d'assemblage. Parmi les matériaux, on distingue, outre les aciers inoxydables les aciers alliés et non alliés. Par exemple, dans le cas de résistances élevées, il est impératif de réaliser un traitement thermique après la dernière opération mécanique, afin d'obtenir les propriétés mécaniques requises.

### Différentes étapes de la fabrication d'une vis à tête hexagonale



Les écrous sont également fabriqués selon le procédé de la frappe à froid ou à chaud. Le choix entre ces deux procédés dépend d'une part de la taille et d'autre part du nombre de pièces fabriquées.

## Différentes étapes de la fabrication d'un écrou hexagonal



### Avantages d à froid :

- Exploitation optimale des matériaux
- Rendement quantitatif très élevé
- Haute précision dimensionnelle et haute qualité de finition
- Augmentation des propriétés de résistance grâce à l'écroutissage
- Bonne résistance à la fatigue grâce à un fibrage optimal

### 4.1.2 Frappe à chaud

Ce procédé de fabrication est utilisé essentiellement pour les grands diamètres à partir d'environ M27 ainsi que pour les grandes longueurs à partir d'environ 300 mm. Cela concerne également les pièces qui ne peuvent pas être fabriquées selon la technique de la frappe à froid en raison de leur quantité trop faible ou aussi de leur très haut degré de précision.

Lors de ce procédé, la matière première (généralement barres) est chauffée intégralement ou partiellement à la température de forgeage. Cet échauffement permet de réaliser des géométries compliquées ou des degrés de précision élevés. Une caractéristique typique d'une pièce de construction frappée à chaud est la structure rugueuse de la surface. Dans le cas de la frappe à chaud, l'écroutissage n'a pas lieu.

### Avantages de la frappe à chaud :

- Possibilité de fabrication de géométries complexes
- Petites quantités de pièces
- Grands diamètres et grandes longueurs

### 4.1.3 Fabrication par enlèvement de copeaux

Par le terme «enlèvement de copeaux», on entend généralement les opérations d'usinage, telles que tournage, fraisage, rectification ou alésage. La méthode la plus couramment employée pour les éléments de fixation est le tournage ; cependant, l'emploi de cette méthode est fortement réduit en raison des possibilités techniques offertes par le procédé de frappe à froid.

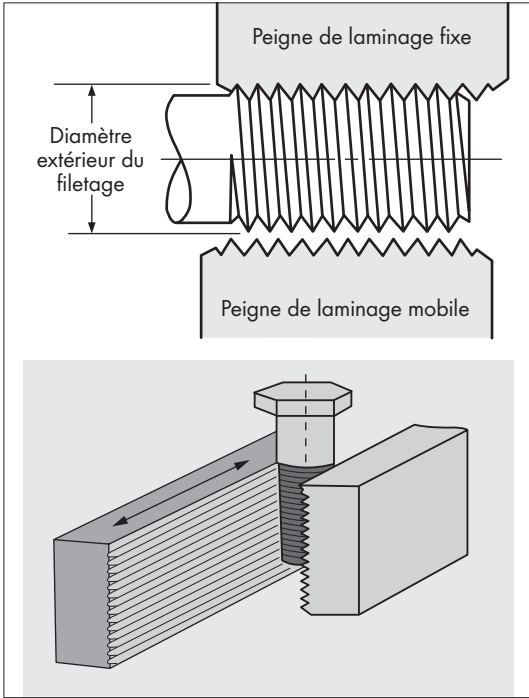
Lors de l'opération de tournage, le contour souhaité de la pièce de construction est obtenu par enlèvement de copeaux à partir de la matière première à l'aide d'outils de coupe. Le diamètre initial de la matière première est défini par le diamètre maximal de la pièce de construction. Généralement, on peut utiliser des barres d'une longueur allant jusqu'à six mètres. Lors de ce procédé de fabrication, le fibrage de la matière de départ est interrompu, contrairement à la frappe à froid ou à chaud.

Ce procédé de fabrication est utilisé si la quantité est faible, ou bien si la géométrie des pièces ne peut être obtenue par frappe à froid ou à chaud en raison: d'arêtes tranchantes, de petits rayons ou de cotes précises. Lors de ce procédé de fabrication, des rugosités de surface de Ra 0,4 ou Rz 1,7 peuvent être atteintes sans problèmes. Dans le cas de grandes quantités, il est fréquent de produire des pièces d'ébauches par le biais de la frappe à froid afin de pouvoir réaliser les dernières opérations par enlèvement de copeaux.

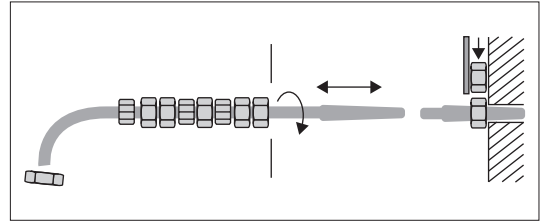
### 4.2 Fabrication du filetage

Dans le cas de production de vis en série, le filetage est formé par roulage. Lors de ce procédé, la vis est roulée entre deux peignes de laminage (peigne plat), l'un fixe et l'autre mobile, formant ainsi le filetage. (voir schéma). Ce type de fabrication permet de réaliser le filetage de plusieurs centaines de vis par minute. La formation d'un filetage est généralement réalisée avant la trempe. Si, en raison d'exigences particulières, le filetage est formé après le procédé de traitement thermique, on parle de filetage roulé après traitement thermique.





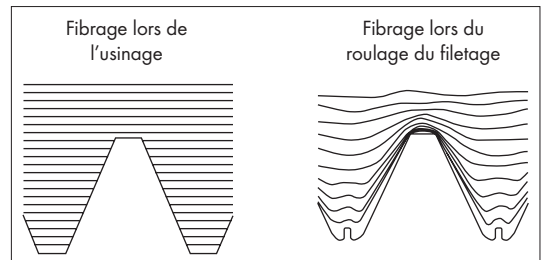
La situation est différente lors de la fabrication de taraudages. Dans ce cas, le filetage est le plus souvent coupé à l'aide d'un jeu de tarauds ou d'un taraud machine.



Réalisation du taraudage sur un automate à l'aide d'un taraud machine.

#### 4.2.1 Fibrage

Les deux schémas mettent bien en évidence les différences entre un filetage roulé et un filetage taraudé. Lors du roulage du filetage, le matériel subi un écrouissage, et le fibrage n'est pas interrompu. Le diamètre de départ de l'élément de fixation est approximativement égal au diamètre sur flancs. Dans le cas d'un usinage, le diamètre de départ de l'élément de fixation est environ égal au diamètre nominal du filetage. Le fibrage est interrompu par enlèvement de copeaux.



#### 4.3 Traitement thermique

##### 4.3.1 Trempe et revenu

L'opération de traitement thermique de type trempe et revenu est prescrite pour les vis à partir d'une classe de qualité 8.8 selon DIN EN ISO 898, partie 1 et pour les écrous selon DIN EN 20898, partie 2 pour la classe de qualité 05 ainsi que 8 (>M16), et à partir de la classe de qualité 10.

#### Autres procédés de fabrication du filetage :

##### Procédé de plongée

Les molettes sont entraînées avec le même nombre de tours et dans le même sens de rotation. La pièce d'usinage tourne sans décalage axial. Ce procédé permet la fabrication de filetages présentant une précision de pas très élevée.

##### Procédé en continu

Le pas du filetage est obtenu grâce à l'inclinaison des axes des molettes. La pièce d'usinage se déplace dans le sens axial en avançant d'une fois le pas par tour.

Ce procédé permet la production de filetages de très grandes longueurs.

#### Filetage/Taraudage

Lors de ce procédé, le filetage est fabriqué au moyen d'un taraud ou d'une filière. Généralement, ce procédé est utilisé lors de la production de vis en très petites quantités ou aussi lors de la production par enlèvement de copeaux.

#### 4.3.2 Trempe

La vis est chauffée et maintenue pendant une durée et à une température déterminées, en fonction notamment de sa teneur en carbone. Durant ce processus, la structure est transformée. Un refroidissement brusque entraîne une augmentation de la dureté. (eau, huile, etc.).

#### 4.3.3 Revenu

Après la trempe, le matériau est extrêmement dur et cassant, il ne peut être utilisé dans cet état. Le matériau doit être chauffé une nouvelle fois à une température minimum fixée dans la norme, afin de permettre une réduction des tensions dans la structure. Cette opération réduit la dureté obtenue auparavant (celle-ci est cependant encore nettement supérieure aux valeurs du matériau non traité), mais elle permet d'obtenir une ténacité plus élevée. En résumé, ce procédé permet aux fabricants de réaliser des vis conformes aux exigences requises dans la pratique.

#### 4.3.4 Cémentation

Ce procédé est utilisé entre autres dans le cas de vis à tôle, autoformeuses ou autotaraudeuses. Pour ce type de vis, une dureté élevée est nécessaire pour qu'elles puissent former leur filetage de manière autonome. En revanche, le cœur de la vis est tendre.

Pour ces types de vis, on utilise des aciers à teneur en carbone de 0,05 à 0,2%. Ceux-ci sont chauffés et maintenus durant une période définie dans une atmosphère libérant du carbone (p. ex. méthane). Le carbone se diffuse dans les couches superficielles et augmente ainsi localement la teneur en carbone. Ensuite, le matériau est soumis à un refroidissement brusque, ce qui entraîne un durcissement des couches superficielles. Ce traitement permet d'obtenir une dureté en surface très élevée, tout en conservant une ténacité suffisante à cœur.

#### 4.3.5 Recuit

Il existe toute une série de procédés de recuit différents ayant, selon les cas, d'autres effets sur la structure et les contraintes dans le matériau. Un procédé fréquemment utilisé avec les éléments d'assemblage est le recuit de détente (échauffement à environ 600 °C et maintien durant un temps assez long). L'écroûissage résultant de la déformation à froid peut être annulé par le recuit de détente. Ce point est particulièrement important pour les

vis des classes de qualité 4.6 et 5.6, car ces vis doivent présenter ici une grande capacité d'allongement.

#### 4.3.6 Dégazage

On entend par «dégazage», le traitement thermique de l'élément de fixation présentant une haute résistance (résistance  $\geq 1.000$  Mpa ou dureté  $\geq 320$  HV) réalisé dans le but de minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène. Le dégazage doit être réalisé au plus tard 4 heures après la fin du traitement électrolytique des surfaces. La température minimum est définie en fonction des classes de qualité et des matériaux employés.

## 5. PROTECTION DES SURFACES

### 5.1 Corrosion

Environ 4% de la production nationale d'un État industrialisé occidental est détruite par la corrosion.

Environ 25% de ces cas pourraient être évités si l'on appliquait les connaissances existantes.

La corrosion est la réaction d'un matériau métallique avec son environnement ; celle-ci entraîne une détérioration mesurable d'un matériau et peut provoquer une entrave de la fonction d'une pièce de construction ou de l'ensemble d'un système. Dans la plupart des cas, cette réaction est de nature électrochimique, cependant dans quelques cas, elle peut aussi être de nature chimique ou métallophysique.

Chacun peut observer le phénomène de corrosion dans la vie quotidienne :

- Rouille sur des véhicules, des rampes et des clôtures
- Destruction progressive d'ouvrages routiers, de ponts, de bâtiments
- Perte d'étanchéité de conduites d'eau ou de chauffage en acier

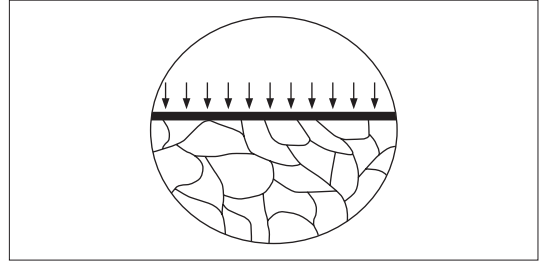
**La corrosion est inévitable** – ce que l'on peut éviter par des mesures appropriées ce sont les dommages dus à la corrosion.

Le «type de protection contre la corrosion d'un élément de fixation» doit, sous les conditions d'application, présenter une résistance à la corrosion au moins égale à celle des pièces à assembler.

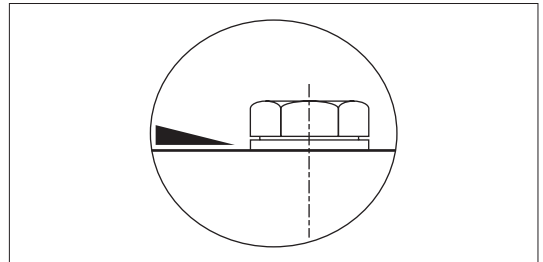
Le constructeur doit définir les mesures adéquates de protection contre la corrosion. Il doit tenir compte du potentiel d'usure des systèmes de protection contre la corrosion, ainsi que des conditions environnementales.

Les formes d'apparition de la corrosion peuvent être très différentes (types de corrosion voir DIN 50900).

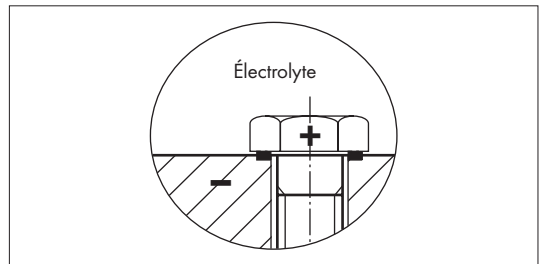
### 5.2 Types de corrosion



Corrosion de surface, p. ex. rouille



Corrosion fissurante



Corrosion par contact

## Taux d'usure, valeurs indicatives en $\mu\text{m}$ par an

Milieu	Zinc non chromaté	Laiton Ms 63	Cuivre CuNi 1,5 Si	Acier non allié non protégé
Air de la campagne	1-3	$\leq 4$	$\leq 2$	$\leq 80$
Air urbain	$\leq 6$	$\leq 4$	$\leq 2$	$\leq 270$
Air industriel	6-20	$\leq 8$	$\leq 4$	$\leq 170$
Air marin	2-15	$\leq 6$	$\leq 3$	$\leq 170$

Tabl. 1

## 5.3 Principaux revêtements de surface pour les éléments de fixation

### 5.3.1 Revêtements non métalliques

Désignation	Procédé	Application	Résistance à la corrosion
Huilage	Les pièces d'usinage sont immergées dans de l'huile	Pièces d'acier non protégées Approprié pour une protection contre la corrosion de courte durée, p. ex. pour le transport	indéfinie
Brunissage (DIN 50938)	Les pièces d'usinage sont immergées dans des solutions acides ou alcalines. La réaction génère des couches d'oxyde de couleur brune/noire Aucun rajout de couche suppl. But : Convertir la surface en une faible couche de protection Aucune fragilisation due à l'hydrogène	Pièces d'armes Outils de mesure	Essai au brouillard salin : env. 0,5 h Le rajout d'huile de protection peut augmenter la résistance à la corrosion
Phosphatation (DIN EN 12476)	Il faut différencier la phosphatation au fer, zinc, et manganèse. L'immersion des pièces dans un bain de phosphate métallique engendre la formation d'une couche de 2-15 $\mu\text{m}$	Déformation à froid de l'acier Réduction de l'usure lors d'une phosphatation au manganèse Base d'adhérence pour peinture (empêche la formation de rouille par dessous)	Essai au brouillard salin : env. 3 h Le rajout d'huile de protection peut augmenter la résistance à la corrosion

Tabl. 2

### 5.3.2 Revêtements métalliques

Désignation	Procédé	Application	Résistance à la corrosion
Zingué électrolytique (ISO 4042)	Protection cathodique de type sacrificiel avec traitement suppl. par passivation et éventuellement ajout d'une couche de finition	Dans les environnements faiblement à moyennement agressifs, p. ex. construction mécanique, électrotechnique. Résistance thermique entre 80°C-120°C	Résistance à la corrosion jusqu'à 200 h contre la corrosion des métaux de base (rouille rouge) à l'essai au brouillard salin selon DIN 50021 SS (ISO 9227) (en fonction des épaisseurs de couche et du type)
Alliage de zinc électrolytique (zinc-fer) (zinc-nickel) (ISO 4042, DIN 50979)	Protection cathodique de type sacrificiel avec traitement suppl. par passivation et éventuellement ajout d'une couche de finition	Dans les environnements fortement agressifs, p. ex. sur pièces automobiles (dans le moteur ou sur les freins), où le zingage standard est insuffisant aussi bien en raison de T° élevées qu'en raison de l'environnement extérieur (sel déneigement, etc.)	Protection contre la corrosion cathodique très élevée - à partir d'épaisseurs de couche de 5 $\mu\text{m}$ (important pour les ajustages) Pas de produits corrosifs volumineux lors d'alliage zinc-nickel Résistance à la corrosion jusqu'à 720 h contre la corrosion du métal de base (rouille rouge) à l'essai au brouillard salin selon DIN 50021 SS (ISO 9227) (en fonction des épaisseurs de couche et du type)

Désignation	Procédé	Application	Résistance à la corrosion
Nickelage électrolytique (DIN EN 12540)	Protection cathodique de type sacrificiel avec traitement suppl. par passivation et éventuellement ajout d'une couche de finition	Dans les environnements faiblement agressifs, p. ex. applications en décoration d'intérieur Partie constituante d'un système multi couches, p. ex. cuivre-nickel-chrome	En raison de ses propriétés électrochimiques le nickel ne peut pas prendre la fonction d'anode réactive
Chromage électrolytique (DIN EN 12540)	Souvent ajouté comme revêtement sur des surfaces nickelées Épaisseur de la couche chromée entre 0,2 et 0,5 µm	Dans les environnements faiblement agressifs, p. ex. applications en décoration d'intérieur Partie constituante d'un système multi couches, p. ex. cuivre-nickel-chrome	En raison de ses propriétés électrochimiques, le chrome ne peut pas prendre la fonction d'anode réactive.
Zingage mécanique (DIN EN 12683)	Une poudre de métal est martelée sur les éléments de fixation, des billes de verre servent de «matériel de heurt». Aucune utilisation de courant Le revêtement est déposé à température ambiante	Rondelles de sécurité, éléments de fixation élastiques de dureté élevée (aucun risque de fragilisation par l'hydrogène durant le processus de revêtement)	Résistance à la corrosion jusqu'à 144 h contre la corrosion du métal de base (rouille rouge) à l'essai au brouillard salin selon DIN 50021 SS (ISO9227) (en fonction des épaisseurs de couche et du type)
Galvanisation à chaud (DIN EN 10684)	Immersion dans un bain de zinc en fusion. Épaisseur min. de couche 40 µm. Température de processus env. 450°C. Haute protection contre la corrosion. Non approprié pour les petites vis. Protection cathodique contre la corrosion	Éléments d'assemblage pour constructions en acier. Par exemple garnitures HV. Applicable pour éléments d'assemblage ≥ M12	Résistance à la corrosion en fonction des conditions ambiantes entre 5 et 25 ans

Tabl. 3

### 5.3.3 Autres revêtements

Procédé	Explications	Température maximale d'utilisation
Nickelage dur	Nickelage spécial.	
Laitonnage	Les couches de laiton sont essentiellement utilisées à des fins décoratives. En outre, les pièces en acier sont laitonées pour améliorer l'adhérence du caoutchouc sur l'acier.	
Cuivrage	Si nécessaire, utilisation comme couche intermédiaire avant le nickelage, le chromage et l'argentage. Sert également de finition à des fins décoratives.	
Argentage	Les couches d'argent sont utilisées à des fins décoratives et techniques.	
Étamage	L'étamage est utilisé pour obtenir, voire améliorer la soudabilité (brasage tendre). Sert en même temps de protection contre la corrosion. Un traitement thermique ultérieur n'est pas possible.	
Anodisation	Grâce à l'anodisation, une couche protectrice est produite sur l'aluminium. Elle agit comme protection contre la corrosion et empêche la formation de taches. Pratiquement toutes les nuances de couleur sont possibles à des fins décoratives.	
Ruspert	Revêtement lamellaire de haute qualité zinc-aluminium, pouvant être réalisé dans les nuances de couleur les plus diverses. Selon l'épaisseur de couche, 500 h ou 1000 h à l'essai au brouillard salin (DIN 50021).	
Brunissage (noircissement)	Procédé chimique. Bain à env. 140°C suivi d'une lubrification. Utilisé à des fins décoatives, car ayant une faible protection contre la corrosion.	
Noircissement (sur inox)	Procédé chimique pouvant entraver la résistance à la corrosion de A1 - A5. À des fins décoratives. Non approprié pour l'utilisation à l'extérieur.	70 °C
Polyseal	Selon les procédés d'immersion traditionnels, on applique d'abord une couche de phosphate de zinc. Ensuite, on applique un revêtement protecteur organique qui est durci à env. 200°C. Enfin, on applique une huile antirouille. Ce revêtement protecteur peut être réalisé en différentes nuances de couleur (épaisseur de couche env. 12 µm).	
Imprégnation	Principalement sur les pièces nickelées, les micropores sont obturés par un traitement à base de cire à l'aide d'un fluide déshydratant, «dewatering fluid». Amélioration de la résistance à la corrosion. Le film de cire est sec et invisible.	

Tabl. 4

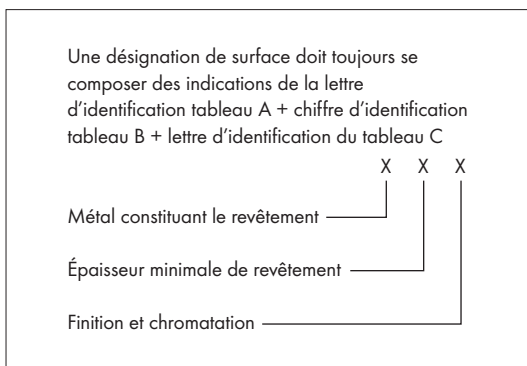
## 5.4 Normalisation des systèmes de protection anticorrosion électrolytique

### 5.4.1 Système de désignation selon DIN EN ISO 4042

Le système le plus couramment utilisé pour codifier les traitements électrolytiques sur les éléments de fixation est la norme DIN EN ISO 4042. Cette norme détermine les exigences dimensionnelles des éléments de fixation en acier ou en alliage de cuivre avec revêtement électrolytique. Elle spécifie les épaisseurs et donne des recommandations pour la non fragilisation par l'hydrogène des éléments de fixation présentant une résistance à la traction ou une dureté élevée et pour les éléments de fixation ayant subi un durcissement superficiel.

La norme DIN EN ISO 4042 ne fait pas la distinction entre les revêtements de surface contenant du chrome (VI) et ceux exempts de chrome (VI).

#### Exemple de désignation



#### Tableau A Métal/alliage constituant le revêtement

Métal/alliage constituant le revêtement		Désignation
Symbole	Élément	
Zn	zinc	A
Cd	cadmium	B
Cu	cuivre	C
CuZn	laiton	D
Ni b	nickel	E
Ni b Cr r	nickel-chrome	F
CuNi b	cuivre-nickel	G
CuNi b Cr r	cuivre-nickel-chrome	H

Métal/alliage constituant le revêtement		Désignation
Symbole	Élément	
Sn	étain	J
CuSn	cuivre-étain (bronze)	K
Ag	argent	L
CuAg	cuivre-argent	N
ZnNi	zinc-argent	P
ZnCo	zinc-cobalt	O
ZnFe	zinc-fer	R

Tabl. 5 : Extrait de la norme ISO 4042

#### Tableau B Épaisseurs de revêtement

Épaisseur de revêtement en µm		Désignation
Un métal de revêtement	Deux métaux de revêtement	
Aucune épaisseur de couche exigée	-	0
3	-	1
5	2+3	2
8	3+5	3
10	4+6	9
12	4+8	4
15	5+10	5
20	8+12	6
25	10+15	7
30	12+18	8

Tabl. 6 : Extrait de la norme ISO 4042

#### Tableau C Finition/chromatisation

Finition	Passivation par chromatisation	Désignation
mate	incolore	A
	bleutée à bleutée irisé	B
	jaunâtre luisant à jaune-brun irisé	C
	vert olive à brun olive	D
semi brillante	incolore	E
	bleutée à bleutée irisé	F
	jaunâtre luisant à jaune-brun irisé	G
	vert olive à brun olive	H
brillant	incolore	J
	bleutée à bleutée irisé	K
	jaunâtre luisant à jaune-brun irisé	L
	vert olive à brun olive	M
très brillante	incolore	N

Finition	Passivation par chromatisation	Désignation
en option	comme B, C ou D	P
mate	brun foncé à noir	R
semi brillante	brun foncé à noir	S
brillante	brun foncé à noir	T
toute finition	pas de chromation	U

Tabl. 7 : Extrait de la norme ISO 4042

#### 5.4.2 Valeurs indicatives des résistances à la corrosion au test du brouillard salin selon DIN 50021 SS (ISO 9227)

Type de finition	Désignation du traitement chromaté	Caractéristique de l'aspect	Désignation selon ISO 4042	Épaisseur nominale de couche	Rouille blanche h	Rouille rouge h
passivation sans couleur	A	transparent	A1A, A1E, A1J	3	2	12
			A2A, A2E, A2J	5	6	24
			A3A, A3E, A3J	8	6	48
passivation bleu	B	bleu irisé	A1B, A1F, A1K	3	6	12
			A2B, A2F, A2K	5	12	36
			A3B, A3F, A3K	8	24	72
chromatisation jaune	C	jaune irisé	A1C, A1G, A1L	3	24	24
			A2C, A2G, A2L	5	48	72
			A3C, A3G, A3L	8	72	120
chromatisation olive	D	vert olive	A1D, A1H, A1M	3	24	24
			A2D, A2H, A2M	5	72	96
			A3D, A3H, A3M	8	96	144
chromatisation noire	BK	brun foncé à noir	A1R, A1S, A1T	3	12	36
			A2R, A2S, A2T	5	12	72
			A3R, A3S, A3T	8	24	96

Tabl. 8

#### 5.4.3 Système de désignation selon DIN 50979

Cette norme s'applique aux revêtements électrolytiques en zinc et alliage de zinc avec passivation exempte de Cr(VI), utilisés sur des matériaux ferreux. Les revêtements en alliage de zinc contiennent comme composants d'alliage du nickel ou du fer (zinc/nickel, zinc/fer).

L'objectif principal de l'application de revêtements ou de types de revêtement est la protection anticorrosive des pièces de construction ferreuses.

Cette norme définit les désignations pour les types de revêtement indiqués ci-après et détermine les résistances minimum à la corrosion dans les conditions d'essai décrites ainsi que les épaisseurs minimum nécessaires.

### 5.4.4 Désignation des revêtements électrolytiques

Les revêtements électrolytiques se composent de zinc ou d'alliages de zinc

Symbole	Définition
Zn	Revêtement de zinc sans élément d'alliage
ZnFe	Revêtement d'alliage de zinc avec un pourcentage en masse de 0,3% à 1,0% de fer
ZnNi	Revêtement d'alliage de zinc avec un pourcentage en masse de 12% à 16% de nickel

Tabl. 9 : Extrait de la norme DIN 50979

### 5.4.5 Passivations

La passivation désigne l'obtention de couches de conversion par le biais d'un traitement avec des solutions appropriées, exemptes de Cr(VI), en vue d'améliorer la résistance à la corrosion des revêtements. Différentes teintes sont possibles.

Type de finition	Symbole	Caractéristiques de l'aspect	Remarque
passivation transparente	An	incolore à coloré irisé	couramment désigné «passivation en couche mince»
passivation irisée	Cn	coloré irisé	couramment désigné «passivation en couche épaisse»
passivation noire	Fn	noir	

Tabl. 10 : Extrait de la norme DIN 50979

### 5.4.6 Couches de finition

Les couches de finition augmentent la résistance à la corrosion et présentent une épaisseur de couche allant jusqu'à 2 µm. Les couches de finition se composent de combinaisons organiques et/ou anorganiques exemptes de Cr(VI).

Les produits pouvant être éliminés à l'aide de nettoyeurs à froid, p. ex. les produits à base d'huile, de graisse, de cire, ne sont pas considérés comme couches de finition dans le cadre de cette norme. L'influence des couches de finition sur les propriétés fonctionnelles de la pièce de construction, telles que la résistance électrique, la soudabilité, la compatibilité avec les matières en contact, les assemblages collés, est à prendre en compte. Dans le cas d'exigences particulières vis-à-vis des supports, il est nécessaire de bien déterminer les produits de finition au

vue des interférences possibles entre les différents types de surfaces.

La plupart du temps, l'aspect irisé produit par la passivation est éliminé par l'adjonction de couches de finition.

Symbole	Description
T0	sans couche de finition
T2	avec couche de finition

Tabl. 11 : Extrait de la norme DIN 50979



### 5.4.7 Épaisseurs minimum de couche et durée de l'essai

Nature de la couche de protection	Désignation	Type de procédé	Nb. d'heures avant 1ère apparition rouille blanche	Durée minimum d'essai en h Sans corrosion du matériau de base (en fonction de l'épaisseur de couche de Zn ou d'alliage de Zn)		
				5 µm	8 µm	12 µm
revêtement de zinc électrolytique passivé transparent	Zn//An//TO	tonneau	8	48	72	96
		attache	16	72	96	120
revêtement de zinc électrolytique passivé irisé	Zn//Cn//TO	tonneau	72	144	216	288
		attache	120	192	264	336
revêtement de zinc électrolytique passivé irisé avec couche de finition	Zn//Cn//T2	tonneau	120	192	264	360
		attache	168	264	360	480
revêtement d'alliage zinc-fer élec. passivé irisé	ZnFe//Cn//TO	tonneau	96	168	240	312
		attache	168	240	312	384
revêtement d'alliage zinc-fer élec. passivé irisé avec couche de finition	ZnFe//Cn//T2	tonneau	144	216	288	384
		attache	216	312	408	528
revêtement d'alliage zinc-nickel élec. passivé irisé	ZnNi//Cn//TO	tonneau	120	480	720	720
		attache	192	600	720	720
revêtement d'alliage zinc-nickel élec. passivé irisé avec couche de finition	ZnNi//Cn//T2	tonneau	168	600	720	720
		attache	360	720	720	720
revêtement d'alliage zinc-fer élec. noir passivé avec couche de finition	ZnFe//Fn//T2	tonneau	120	192	264	360
		attache	168	264	360	480
revêtement d'alliage zinc-nickel élec. noir passivé avec couche de finition	ZnNi//Fn//T2	tonneau	168	480	720	720
		attache	240	600	720	720
revêtement d'alliage zinc-nickel élec. passivé noir	ZnNi//Fn//TO	tonneau	48	480	720	720
		attache	72	600	720	720

Tabl. 12 : Extrait de la norme DIN 50979

#### Exemples de désignation :

Revêtement d'alliage zinc-nickel sur un élément de fixation en acier (Fe), d'une épaisseur de couche de 8 µm (8) avec passivation irisée (Cn), sans couche de finition (TO) Fe//ZnNi8//Cn//TO

Revêtement d'alliage zinc-fer sur une pièce de construction d'acier (Fe), d'une épaisseur de couche de 5 µm (5) et passivé noir (Fn), avec couche de finition (T2) Fe//ZnFe5//Fn//T2

## 5.5 Normalisation de systèmes de protection contre la corrosion, non électrolytique

### 5.5.1 Dépôt de zinc lamellaire

Les pièces à traiter sont placées dans un panier centrifuge, puis immergées dans un bain contenant la substance à appliquer. La centrifugation a pour but de retirer l'excédent de produit. Il en résulte une couche d'épaisseur

relativement constante. Le revêtement est ensuite cuit dans un four à passage continu entre 150-300 °C (en fonction du système). Pour obtenir une couche régulière, il est nécessaire que les pièces soient revêtues en plusieurs couches. Les pièces plus grandes peuvent aussi être revêtues par pulvérisation.

Ce procédé n'est pas approprié pour les pièces de diamètre ≤ M6, ni pour les éléments de fixation ayant une empreinte de faible dimension ou des contours fins. Dans ce cas, le risque de non-conformité au calibre étalon, voire de montage impossible, est réel.

Les revêtement de zinc lamellaire est particulièrement adapté aux éléments de fixation de dureté importante. Le risque de fragilisation par l'hydrogène est exclu.

### 5.5.2 Désignation de systèmes de protection contre la corrosion, non électrolytique

Désignations selon DIN EN ISO 10683

- **fIZn-480h** = revêtement zinc lamellaire (fIZn), résistance à la corrosion jusqu'à 480 h avant apparition de rouille rouge p.ex. Geomet 500A, Geomet 321A, Dacromet 500A, Dacromet 320A, Delta Tone/Seal
- **fIZnL-480h** = revêtement zinc lamellaire (fIZn), résistance à la corrosion jusqu'à 480 h avant apparition de rouille rouge, avec lubrifiant intégré, p. ex. Geomet 500A, Dacromet 500A
- **fIZn-480h-L** = revêtement zinc lamellaire (fIZn), résistance à la corrosion jusqu'à 480 h avant apparition de rouille rouge, avec lubrifiant appliqué ultérieurement, p. ex. Geomet 321A+VL, Dacromet 320A+VL
- **fIZnnc-480h** = revêtement zinc lamellaire (fIZn), résistance à la corrosion jusqu'à 480 h avant apparition de rouille rouge, sans chromate, p. ex. Geomet 321A, Geomet 500A, Delta Protect, Delta Tone/Seal
- **fIZnyc-480h** = revêtement zinc lamellaire (fIZn), résistance à la corrosion jusqu'à 480 h avant apparition de rouille rouge, avec chromate, p. ex. Dacromet 500A, Dacromet 320A

### 5.6 Normalisation de la galvanisation à chaud des vis selon DIN EN ISO 10684

#### 5.6.1 Procédé et domaine d'utilisation

La galvanisation à chaud est un procédé d'immersion à chaud durant lequel les éléments d'assemblage, après différentes opérations de préparation, sont immergés dans un bain de zinc en fusion. Ensuite, le zinc excédentaire est essoré afin d'obtenir l'épaisseur de couche nécessaire pour la protection contre la corrosion. Les éléments d'assemblage sont généralement refroidis dans de l'eau.

La galvanisation à chaud est admise jusqu'à la classe de qualité 10.9. La norme DIN EN ISO 10684 donne des conseils relatifs aux processus de traitement préalable et de galvanisation en vue de minimiser le risque de ruptures. En particulier pour les vis de la classe de qualité 10.9, des instructions complémentaires sont de rigueur ; ces instructions sont décrites dans une directive technique du Gemeinschaftsausschuss Verzinken e.V. (GAV) [Comité collectif pour la galvanisation] et du Deutscher Schraubenverband e.V. (DSV) [Association allemande pour les vis]. Au-delà d'un diamètre de filetage M24, seul le procédé de galvanisation à température normale, défini dans la norme est à appliquer.

### Résistances à la corrosion selon DIN 50021 SS (ISO 9227) en fonction de l'épaisseur du revêtement

Durée de l'essai en heures (essai au brouillard salin)	Valeurs minimum de l'épaisseur locale du revêtement (si prescrite par le client)	
	Revêtement au chromate (fIZnyc) µm	Revêtement sans chromate (fIZnnc) µm
240	4	6
480	5	8
720	8	10
960	9	12

Si le poids de la couche par unité de surface en g/m<sup>2</sup> est prescrit par le client, il peut être converti en épaisseur de couche de la manière suivante :

- Revêtement au chromate : 4,5 g/m<sup>2</sup> correspondent à une épaisseur de 1 µm
- Revêtement sans chromate : 3,8 g/m<sup>2</sup> correspondent à une épaisseur de 1 µm

Le client peut prescrire s'il souhaite un revêtement au chromate (fIZnyc) ou sans chromate (fIZnnc) ; dans l'autre cas, c'est le symbole fIZn qui est valable.

Tabl. 13 : Extrait de la norme DIN EN ISO 10683

Dans le cas de pièces taraudées tels que les écrous, le filetage est usiné après la galvanisation.

Dans le cas de filetages inférieurs à M12, la charge admissible des filets appariés peut être réduite, car le revêtement de zinc avec son épaisseur d'au moins 50 µm en moyenne entraîne une réduction de la surface de contact entre les filets.

### 5.6.2 Tolérances de filetage et système de désignation

Afin de conserver un jeu suffisant entre les filets d'un assemblage vis/écrou, de par l'épaisseur du revêtement, deux procédés différents sont employés. À partir de la ligne zéro du système de tolérance de filetage, l'espace destiné au revêtement est créé dans le filetage de la vis ou dans celui de l'écrou. Ces deux exécutions ne doivent pas être mélangées. Pour cette raison, il est expressément conseillé d'acheter des éléments d'assemblage métriques, galvanisés à chaud en garnitures. Ceci est prescrit dans les normes du bâtiment.

Un mélange des exécutions 1 et 2 représentés dans le tableau 14 mène soit à une réduction de la charge admissible de l'assemblage, soit à des problèmes de montage.

	<b>Tolérance du filetage de l'écrou</b>	<b>Tolérance du filetage de la vis avant la galvanisation</b>
<b>Exécution «1»</b>	6AZ/6AX	6g/6h
<b>Identification spéciale</b>	«Z» ou «X»	aucune
<b>Exécution «2»</b>	6H/6G	6az
<b>Identification spéciale</b>	aucune	«U»

Tabl. 14 : Systèmes de tolérances lors de l'assemblage de vis et d'écrous galvanisés à chaud

L'identification spécifique est à apposer après l'identification de la classe de qualité. Dans la désignation de commande, le symbole «tZn» est imprimé en supplément en cas de galvanisation à chaud.

Exemple :

Vis à tête hexagonale ISO 4014 M12x80 - 8.8U - tZn

## 5.7 Restriction relative à l'utilisation de substances dangereuses

### 5.7.1 RoHS

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2006, les appareils électriques et électroniques nouvellement commercialisés ne peuvent plus contenir de plomb, mercure, cadmium, chrome hexavalent, byphényle polybromé (PBB) ou éther de diphényle polybromé (PBDE).

Exceptions :

- Plomb comme élément d'alliage dans l'acier jusqu'à 0,35 % en poids
- Plomb comme élément d'alliage dans l'aluminium jusqu'à 0,4 % en poids
- Plomb comme élément d'alliage dans les alliages de cuivre jusqu'à 4,0 % en poids

0,1% en poids des substances nommées ci-dessus est admis (cadmium 0,01% en poids) par matériau homogène.

Produits concernés :

- Gros et petits appareils ménagers
- Appareils techniques d'information et de communication
- Appareils électroniques de divertissement
- Appareils d'éclairage
- Outils électriques et électroniques, à l'exception des gros outils industriels montés sur place
- Jouets
- Appareils de sport et de loisirs
- Produits médicaux
- Instruments de surveillance et de contrôle
- Appareils de distribution automatiques

### **5.7.2 VHU (ELV) – Véhicules Hors d'Usage Directive concernant les véhicules usagés (jusqu'à 3,5 t du poids total autorisé en charge)**

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2007, les pièces de matériaux et de construction de véhicules nouvellement commercialisées ne peuvent plus contenir de plomb, mercure, cadmium et chrome hexavalent.

Exceptions :

- Plomb comme élément d'alliage dans l'acier jusqu'à 0,35 % en poids
- Chrome hexavalent dans les couches de protection contre la corrosion (jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2007)
- Plomb comme élément d'alliage dans les alliages de cuivre jusqu'à 4,0 % en poids

0,1% en poids des substances nommées ci-dessus (cadmium 0,01 % en poids) est admis par matériau homogène dans la mesure où ces substances n'ont pas été ajoutées intentionnellement.

Produits concernés :

Tous les véhicules ayant un poids total autorisé en charge jusqu'à 3,5 t

### **5.8 Fragilisation par l'hydrogène**

Les éléments de fixation en acier avec revêtement électrolytique ayant une résistance à la traction  $R_m \geq 1000$  Mpa ou une dureté  $\geq 320$  HV, soumis à des contraintes de traction, présentent un risque de rupture de fragilité due à l'absorption d'hydrogène.

Un dégazage des éléments de fixation réalisé immédiatement après le processus de revêtement réduit considérablement le risque. Cependant, selon le niveau actuel de la technique, une garantie d'exclusion totale de ce risque ne peut pas être donnée. Dans le cas où le risque de rupture de fragilité par l'absorption d'hydrogène devrait être réduit au maximum, il est préférable de choisir des systèmes de revêtements alternatifs.

Pour les pièces de construction pour lesquelles le critère de sécurité est essentiel, il est conseillé de choisir une protection contre la corrosion excluant par leur procédé l'absorption d'hydrogène lors du traitement, tels que le zingage mécanique ou les revêtements de zinc lamellaire.

Le concepteur/utilisateur d'éléments d'assemblage doit connaître les conditions de mise en oeuvre et les exigences qui en résultent. Il doit donc choisir la protection de surface la plus appropriée.

## 6. DIMENSIONNEMENT DES VIS MÉTRIQUES

La directive VDI 2230 version 2003 donne des conseils fondamentaux concernant le dimensionnement des vis et notamment celles à haute résistance employées dans la construction mécanique.

Le calcul d'un assemblage à vis tient compte de la force  $F_B$ , qui agit de l'extérieur sur l'assemblage. Cette force et les déformations élastiques qu'elle provoque sur les pièces de construction entraînent à l'endroit de l'assemblage une force axiale  $F_A$ , une force trans-versale  $F_Q$ , un moment de flexion  $M_b$  et le cas échéant un couple de rotation  $M_T$ .

Lors de la détermination par calcul du dimensionnement des vis, il faut, en partant des conditions de sollicitation connues préalablement, prendre en considération qu'une perte de forces de précontrainte peut survenir en raison des conditions de mise en oeuvre et des variations de température.

Par ailleurs, il faut considérer que la force de précontrainte de montage  $F_M$  peut se disperser dans des limites plus ou moins larges en fonction du procédé de montage choisi et des frottements.

Pour un premier choix de la dimension de vis appropriée, un dimensionnement approximatif est souvent suffisant. D'autres critères sont à vérifier selon VDI 2230 en fonction du cas d'application.

### 6.1 Détermination simplifiée de la dimension et/ou des classes de qualité des vis (selon VDI 2230)

Sur la base des connaissances mentionnées ci-dessus, est effectué, dans un premier temps, un pré-dimensionnement de la vis selon le tableau ci-dessous

1	2	3	4
Force en N	Diamètre nominal en mm		
	Classe de qualité		
	12.9	10.9	8.8
1.000	M3	M3	M3
1.600	M3	M3	M3
2.500	M3	M3	M4
4.000	M4	M4	M5

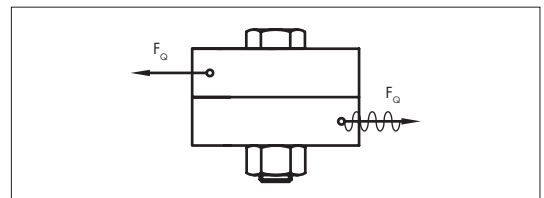
1	2	3	4
Force en N	Diamètre nominal en mm		
	Classe de qualité		
	12.9	10.9	8.8
6.300	M4	M5	M6
10.000	M5	M6	M8
16.000	M6	M8	M10
25.000	M8	M10	M12
40.000	M10	M12	M14
63.000	M12	M14	M16
100.000	M16	M18	M20
160.000	M20	M22	M24
250.000	M24	M27	M30
400.000	M30	M33	M36
630.000	M36	M39	

Tabl. 1

**A** Choisir dans la colonne 1 la valeur approchant supérieure de la sollicitation exercée sur l'assemblage. En cas de sollicitation combinée (forces longitudinales et forces transversales  $F_{Amax} < F_{Qmax} / \mu_{Tmin}$ ), n'utiliser que  $F_{Qmax}$ .

**B** La force minimum de précontrainte  $F_{Mmin}$  nécessaire est obtenue en sélectionnant le cas de figure parmi les quatre possibilités ci dessous:

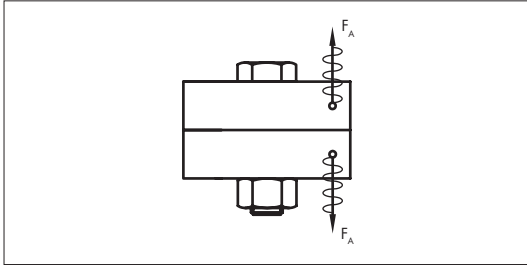
Dans le cas d'une sollicitation transversale statique ou dynamique, sélectionnez la valeur de charge décalée de quatre rangs vers le bas du tableau.



ou

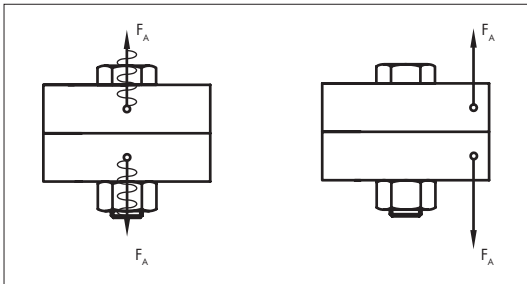
Dans le cas d'une sollicitation axiale dynamique excentrée, sélectionnez la valeur de charge décalée de deux rangs vers le bas du tableau.

ou



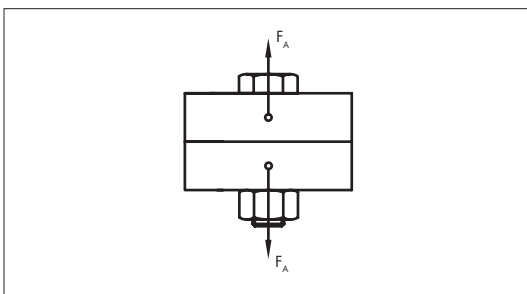
ou

Dans le cas d'une sollicitation axiale dynamique centrée ou axiale statique excentrée, sélectionnez la valeur de charge décalée d'un rang vers le bas du tableau.



ou

Dans le cas d'une sollicitation axiale statique centrée, aucun décalage n'est à appliquer.



**C** La force de précontrainte maximale à supporter  $F_{Mmax}$  est sélectionnée en rajoutant un des cas de figure ci dessous à la valeur  $F_{Mmin}$  définie précédemment:

Dans le cas d'un serrage de l'assemblage à la visseuse standard réglée sur un couple de re-serrage, sélectionnez la valeur de la charge décalée de deux rangs vers le bas du tableau.

ou

Dans le cas d'un serrage à l'aide d'une clé dynamométrique ou d'une visseuse de précision réglée par le biais de la mesure dynamique du couple ou de la mesure d'allongement de la vis, sélectionnez la valeur de la charge décalée d'un rang vers le bas du tableau.

ou

Dans le cas d'un serrage par contrôle d'angle dans le domaine élastique ou par contrôle de la limite d'élasticité gérée par ordinateur, aucun décalage n'est à appliquer.

**D** À côté du chiffre obtenu, on trouve dans les colonnes 2 à 4 la dimension de vis en mm nécessaire pour la classe de qualité de vis choisie.

### Exemple :

Un assemblage est sollicité par une force axiale dynamique excentrée de 9.000 N ( $F_A$ ). La classe de qualité imposée est une classe 10.9.

Le montage est effectué à l'aide d'une clé dynamométrique. A 10.000 N est la valeur directement supérieure dans la colonne 1 pour la force  $F_A$ .

B Deux autres décalages sont nécessaires en raison de la force axiale agissant excentriquement et dynamiquement. Résultat intermédiaire : 25.000 N ( $= F_{Mmin}$ )

C Un autre décalage est nécessaire en raison du procédé de serrage à l'aide d'une clé dynamométrique. Résultat final : 40.000 N ( $= F_{Mmax}$ )

D Pour la classe 10.9 imposée, la taille de la vis figure dans la colonne 3 : M12.

D Maintenant, on peut lire pour cette force dans la colonne 3 la taille de vis M12 pour la classe de résistance 10.9.

## 6.2 Choix du procédé de serrage et de la mise en oeuvre

### Coefficient de serrage $\alpha_A$ (avec prise en considération de l'incertitude de serrage)

Tous les procédés de serrage sont plus ou moins précis, pour les raisons suivantes :

- la forte dispersion du coefficient de frottement constatée dans la pratique (les coefficients de frottement ne peuvent être estimés qu'approximativement pour le calcul)

- différences lors de la manipulation avec la clé dynamométrique (p. ex. serrage rapide ou lent de la vis)

Une détermination s'effectue ainsi en prenant en compte des procédés de serrage et de réglage ainsi qu'éventuellement des classes de coefficient de frottement selon le tableau 3.

Le coefficient de serrage  $\alpha_A$  doit être choisi en fonction de la manière dont les paramètres mentionnées avant peuvent être contrôlées.

### Valeurs indicatives pour le coefficient de serrage $\alpha_A$

Coefficient de serrage $\alpha_A$	Dispersion	Procédé de serrage	Procédé de réglage	Remarque	
1,05 à 1,2	±2% à ±10%	Serrage commandé de l'allongement par ultrasons	Durée de transmission des sons	<ul style="list-style-type: none"> <li>valeurs de calibrage nécessaires</li> <li>pour <math>l_k/d &lt; 2</math>, tenir compte de l'augmentation progressive d'erreurs</li> <li>erreur plus petite en cas de couplage mécanique direct, erreur plus grande en cas de couplage indirect</li> </ul>	
1,1 à 1,5	±5% à ±20%	Mesure mécanique de la longueur	Réglage par mesure de l'allongement	<ul style="list-style-type: none"> <li>il est indispensable de déterminer avec précision l'élasticité axiale de la vis. La dispersion dépend beaucoup de la précision de la méthode de mesure.</li> <li>pour <math>l_k/d &lt; 2</math>, tenir compte de l'augmentation progressive d'erreurs</li> </ul>	
1,2 à 1,4	±9% à ±17%	Serrage défini par la limite d'élasticité, motorisé ou manuel	Indication des valeurs relatives au couple de serrage et à l'angle de rotation	La dispersion de la force de précontrainte est essentiellement déterminée par la dispersion de la limite d'élasticité du lot de vis utilisé. Ici, les vis sont dimensionnées pour $F_{Mmin}$ . Un dimensionnement des vis pour $F_{Mmax}$ avec un coefficient de serrage $\alpha_A$ n'a donc pas lieu d'être pour ces méthodes de serrage.	
1,2 à 1,4	±9% à ±17%	Serrage défini par l'angle de rotation, motorisé ou manuel	Détermination par tests du couple de préserrage et de l'angle de rotation (par paliers)		
1,2 à 1,6	±9% à ±23%	Serrage hydraulique	Réglage par mesure de la longueur ou de la pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>valeurs plus faibles pour les vis longues (<math>l_k/d \geq 5</math>)</li> <li>valeurs plus élevées pour les vis courtes (<math>l_k/d \leq 2</math>)</li> </ul>	
1,4 à 1,6	±17% à ±23%	Serrage commandé par le couple de serrage à l'aide d'une clé dynamométrique, d'une clé à signal ou d'une visseuse à mesure dynamique de couple de serrage	Détermination par tests des couples de serrage prescrits sur la pièce originale à assembler, p. ex. par mesure de la longueur de la vis	Valeurs plus faibles : grand nombre d'essais de réglage et de contrôle (p. ex. 20) nécessaire. Faible dispersion du couple généré (p. ex. ±5%) nécessaire.	Valeurs plus faibles pour : petits angles de rotation, c-à-d assemblages relativement rigides. Duretés relativement faibles du contre-support. Contre-supports n'ayant pas tendance à «se gripper», p. ex. phosphatés ou suffisamment graissés. Valeurs plus élevées pour : grands angles de rotation, c-à-d assemblages relativement souples ainsi que filetages à pas fin. Grande dureté du contre-support, associée à une surface rugueuse.
1,6 à 2,0 (classe de coefficient de frottement B)	±23% à ±33%	Serrage commandé par le couple de serrage à l'aide d'une clé dynamométrique, d'une clé à signal ou d'une visseuse à mesure dynamique de couple de serrage	Détermination du couple de serrage prescrit par estimation du coefficient de frottement (état de surface et de graissage)	Valeurs plus faibles pour : clés dynamométriques mesurant tout en serrant de manière uniforme et pour visseuse de précision Valeurs plus élevées pour : clés dynamométriques à signal ou à déclenchement	
1,7 à 2,5 (classe de coefficient de frottement A)	±26% à ±43%				
2,5 à 4	±43% à ±60%	Serrage à l'aide d'une clé à choc ou d'une visseuse à impulsions	Réglage de la clé par le couple de resserrage, déterminé par le couple de serrage prescrit (pour un coefficient de frottement estimé) et un coefficient de majoration	Valeurs plus faibles pour : <ul style="list-style-type: none"> <li>grand nombre d'essais de réglage (couple de resserrage)</li> <li>sur l'axe horizontal de la caractéristique de la visseuse</li> <li>transmission des impulsions sans jeu</li> </ul>	

Tabl. 2

En fonction de l'état de surface et du graissage de la surface d'appui de la vis ou de l'écrou, un coefficient de frottement « $\mu$ » différent doit être choisi. Étant donné le grand nombre de surfaces et d'états de graissage, il est souvent difficile de déterminer le coefficient de frottement correct. Si le coefficient de frottement n'est pas connu exactement, il faut partir du coefficient de frottement le plus petit pouvant être pris afin d'éviter une sursollicitation de la vis.

Il est recommandé d'obtenir une classe de coefficient de frottement B afin qu'une force de précontrainte aussi élevée que possible puisse être produite lors d'une dispersion simultanée faible. (le tableau s'applique pour la température ambiante)

### 6.3 Classification du coefficient de frottement avec valeurs indicatives en fonction des différents matériaux/surfaces et niveaux de lubrification lors d'assemblages vissés (selon VDI 2230)

Classe du coefficient de frottement	Plage pour $\mu_e$ et $\mu_k$	Choix d'exemples typiques pour	
		matériau/surface	lubrifiants
A	0,04 à 0,10	acier brut brut noirci thermiquement phosphaté revêtements électro. tels que Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, revêtements lamellaires	lubrifiants solides tels que $\text{MoS}_2$ , graphite, PTFE, PA, PE, enduit de glissement comme Top-Coats ou en pâtes
B	0,08 à 0,16	acier brut brut noirci thermiquement phosphaté revêtements électro. tels que Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, revêtements lamellaires et alliages Al et Mg	lubrifiants solides tels que $\text{MoS}_2$ , graphite, PTFE, PA, PE, PI en laques lubrifiantes, comme Top-Coats ou en pâtes ; cires fondues ; dispersions de cire ; graisses, huiles, état de livraison
		galvanisé à chaud	$\text{MoS}_2$ ; graphite ; cire
		revêtement organique	avec lubrifiant solide intégré ou cire
		acier austénitique	lubrifiants solides, cires, pâtes
C	0,14 à 0,24	acier austénitique	cire, pâtes
		acier brut, phosphaté	état de livraison (légèrement huilé)
		revêtements électro. tels que Zn, Zn/Fe, Zn/Ni, revêtements lamellaires, frein filet	aucun
D	0,20 à 0,35	acier austénitique	huile
		revêtements électro. tels que Zn, Zn/Fe galvanisé à chaud	aucun
E	$\geq 0,30$	revêtements électro. tels que Zn/Fe, Zn/Ni, acier austénitique, alliages Al ou Mg	aucun

Tabl. 3

### 6.4 Couples de serrage et forces de précontrainte pour les vis à pas métrique standard partiel selon VDI 2230

Forces de précontrainte dans l'assemblage  $F_{M_{Tab}}$  et couples de serrage  $M_A$  lors d'une utilisation à 90% de la limite inférieure d'écoulement de vis  $R_{el}$  ou à 0,2% de la limite conventionnelle d'élasticité  $R_{p0,2}$  pour **vis à pas métrique standard partiel** selon DIN ISO 262 ; dimensions des vis à tête hexagonale selon DIN EN ISO

4014 à 4018, vis à 6 lobes externes selon DIN 34800 ou vis à tête cylindrique selon DIN EN ISO 4762 et trou de passage pour boulons et vis selon DIN EN 20 273 (selon VDI 2230)



## Filetage à pas standard

Dim.	Classe de résistance	Forces de précontrainte dans l'assemblage $F_{M,Tab}$ en kN pour $\mu_G =$								Couples de serrage $M_A$ en Nm pour $\mu_K = \mu_G =$							
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24		
M4	8.8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	3,9	3,7	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,1	4,5		
	10.9	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,7	5,4	3,3	3,9	4,6	4,8	5,3	6,0	6,6		
	12.9	8,0	7,8	7,6	7,4	7,1	6,7	6,3	3,9	4,5	5,1	5,6	6,2	7,0	7,8		
M5	8.8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,4	6,0	4,4	5,2	5,9	6,5	7,1	8,1	9,0		
	10.9	11,1	10,8	10,6	10,3	10,0	9,4	8,8	6,5	7,6	8,6	9,5	10,4	11,9	13,2		
	12.9	13,0	12,7	12,4	12,0	11,7	11,0	10,3	7,6	8,9	10,0	11,2	12,2	14,0	15,5		
M6	8.8	10,7	10,4	10,2	9,9	9,6	9,0	8,4	7,7	9,0	10,1	11,3	12,3	14,1	15,6		
	10.9	15,7	15,3	14,9	14,5	14,1	13,2	12,4	11,3	13,2	14,9	16,5	18,0	20,7	22,9		
	12.9	18,4	17,9	17,5	17,0	16,5	15,5	14,5	13,2	15,4	17,4	19,3	21,1	24,2	26,8		
M7	8.8	15,5	15,1	14,8	14,4	14,0	13,1	12,3	12,6	14,8	16,8	18,7	20,5	23,6	26,2		
	10.9	22,7	22,5	21,7	21,1	20,5	19,3	18,1	18,5	21,7	24,7	27,5	30,1	34,7	38,5		
	12.9	26,6	26,0	25,4	24,7	24,0	22,6	21,2	21,6	25,4	28,9	32,2	35,2	40,6	45,1		
M8	8.8	19,5	19,1	18,6	18,1	17,6	16,5	15,5	18,5	21,6	24,6	27,3	29,8	34,3	38,0		
	10.9	28,7	28,0	27,3	26,6	25,8	24,3	22,7	27,2	31,8	36,1	40,1	43,8	50,3	55,8		
	12.9	33,6	32,8	32,0	31,1	30,2	28,4	26,6	31,8	37,2	42,2	46,9	51,2	58,9	65,3		
M10	8.8	31,0	30,3	29,6	28,8	27,9	26,3	24,7	36	43	48	54	59	68	75		
	10.9	45,6	44,5	43,4	42,2	41,0	38,6	36,2	53	63	71	79	87	100	110		
	12.9	53,3	52,1	50,8	49,4	48,0	45,2	42,4	62	73	83	93	101	116	129		
M12	8.8	45,2	44,1	43,0	41,9	40,7	38,3	35,9	63	73	84	93	102	117	130		
	10.9	66,3	64,8	63,2	61,5	59,8	56,3	52,8	92	108	123	137	149	172	191		
	12.9	77,6	75,9	74,0	72,0	70,0	65,8	61,8	108	126	144	160	175	201	223		
M14	8.8	62,0	60,6	59,1	57,5	55,9	52,6	49,3	100	117	133	148	162	187	207		
	10.9	91,0	88,9	86,7	84,4	82,1	77,2	72,5	146	172	195	218	238	274	304		
	12.9	106,5	104,1	101,5	98,8	96,0	90,4	84,8	171	201	229	255	279	321	356		
M16	8.8	84,7	82,9	80,9	78,8	76,6	72,2	67,8	153	180	206	230	252	291	325		
	10.9	124,4	121,7	118,8	115,7	112,6	106,1	99,6	224	264	302	338	370	428	477		
	12.9	145,5	142,4	139,0	135,4	131,7	124,1	116,6	262	309	354	395	433	501	558		
M18	8.8	107	104	102	99	96	91	85	220	259	295	329	360	415	462		
	10.9	152	149	145	141	137	129	121	314	369	421	469	513	592	657		
	12.9	178	174	170	165	160	151	142	367	432	492	549	601	692	769		
M20	8.8	136	134	130	127	123	116	109	308	363	415	464	509	588	655		
	10.9	194	190	186	181	176	166	156	438	517	592	661	725	838	933		
	12.9	227	223	217	212	206	194	182	513	605	692	773	848	980	1.092		
M22	8.8	170	166	162	158	154	145	137	417	495	567	634	697	808	901		
	10.9	242	237	231	225	219	207	194	595	704	807	904	993	1.151	1.284		
	12.9	283	277	271	264	257	242	228	696	824	945	1.057	1.162	1.347	1.502		
M24	8.8	196	192	188	183	178	168	157	529	625	714	798	875	1.011	1.126		
	10.9	280	274	267	260	253	239	224	754	890	1.017	1.136	1.246	1.440	1.604		
	12.9	327	320	313	305	296	279	262	882	1.041	1.190	1.329	1.458	1.685	1.877		
M27	8.8	257	252	246	240	234	220	207	772	915	1.050	1.176	1.292	1.498	1.672		
	10.9	367	359	351	342	333	314	295	1.100	1.304	1.496	1.674	1.840	2.134	2.381		
	12.9	429	420	410	400	389	367	345	1.287	1.526	1.750	1.959	2.153	2.497	2.787		
M30	8.8	313	307	300	292	284	268	252	1.053	1.246	1.428	1.597	1.754	2.931	2.265		
	10.9	446	437	427	416	405	382	359	1.500	1.775	2.033	2.274	2.498	2.893	3.226		
	12.9	522	511	499	487	474	447	420	1.755	2.077	2.380	2.662	2.923	3.386	3.775		
M33	8.8	389	381	373	363	354	334	314	1.415	1.679	1.928	2.161	2.377	2.759	3.081		
	10.9	554	543	531	517	504	475	447	2.015	2.322	2.747	3.078	3.385	3.930	4.388		
	12.9	649	635	621	605	589	556	523	2.358	2.799	3.214	3.601	3.961	4.598	5.135		
M36	8.8	458	448	438	427	415	392	368	1.825	2.164	2.482	2.778	3.054	3.541	3.951		
	10.9	652	638	623	608	591	558	524	2.600	3.082	3.535	3.957	4.349	5.043	5.627		
	12.9	763	747	729	711	692	653	614	3.042	3.607	4.136	4.631	5.089	5.902	6.585		
M39	8.8	548	537	525	512	498	470	443	2.348	2.791	3.208	3.597	3.958	4.598	5.137		
	10.9	781	765	748	729	710	670	630	3.345	3.975	4.569	5.123	5.637	6.549	7.317		
	12.9	914	895	875	853	831	784	738	3.914	4.652	5.346	5.994	6.596	7.664	8.562		

Tabl. 5

Forces de précontrainte dans l'assemblage  $F_{M,Tab}$  et couples de serrage  $M_A$  lors d'une utilisation à 90% de la limite inférieure d'écoulement de vis  $R_{e1}$  ou à 0,2% de la limite conventionnelle d'élasticité  $R_{p0,2}$  pour **vis à pas métrique standard total** selon DIN ISO 262 ; dimensions des vis à tête hexagonale selon DIN EN ISO 4014 à 4018, vis à 6 lobes externes selon DIN 34800 ou vis à tête cylindrique selon DIN EN ISO 4762 et trou de passage pour boulons et vis selon DIN EN 20273 (selon VDI 2230)

### Filetage à pas fin

Dim.	Classe de qualité	Forces de précontrainte dans l'assemblage $F_{M,Tab}$ en kN pour $\mu_G =$							Couples de serrage $M_A$ en Nm pour $\mu_K = \mu_G =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8 x 1	8.8	21,2	20,7	20,2	19,7	19,2	18,1	17,0	19,3	22,8	26,1	29,2	32,0	37,0	41,2
	10.9	31,1	30,4	29,7	28,9	28,1	26,5	24,9	28,4	33,5	38,3	42,8	47,0	54,3	60,5
	12.9	36,4	35,6	34,7	33,9	32,9	31,0	29,1	33,2	39,2	44,9	50,1	55,0	63,6	70,8
M9 x 1	8.8	27,7	27,2	26,5	25,9	25,2	23,7	22,3	28,0	33,2	38,1	42,6	46,9	54,4	60,7
	10.9	40,7	39,9	39,0	38,0	37,0	34,9	32,8	41,1	48,8	55,9	62,6	68,8	79,8	89,1
	12.9	47,7	46,7	45,6	44,4	43,3	40,8	38,4	48,1	57,0	65,4	73,3	80,6	93,4	104,3
M10 x 1	8.8	35,2	34,5	33,7	32,9	32,0	30,2	28,4	39	46	53	60	66	76	85
	10.9	51,7	50,6	49,5	48,3	47,0	44,4	41,7	57	68	78	88	97	112	125
	12.9	60,4	59,2	57,9	56,5	55,0	51,9	48,8	67	80	91	103	113	131	147
M10 x 1,25	8.8	33,1	32,4	31,6	30,8	29,9	28,2	26,5	38	44	51	57	62	72	80
	10.9	48,6	47,5	46,4	45,2	44,0	41,4	38,9	55	65	75	83	92	106	118
	12.9	56,8	55,6	54,3	52,9	51,4	48,5	45,5	65	76	87	98	107	124	138
M12 x 1,25	8.8	50,1	49,1	48,0	46,8	45,6	43,0	40,4	66	79	90	101	111	129	145
	10.9	73,6	72,1	70,5	68,7	66,9	63,2	59,4	97	116	133	149	164	190	212
	12.9	86,2	84,4	82,5	80,4	78,3	73,9	69,5	114	135	155	174	192	222	249
M12 x 1,5	8.8	47,6	46,6	45,5	44,3	43,1	40,6	38,2	64	76	87	97	107	123	137
	10.9	70,0	68,5	66,8	65,1	63,3	59,7	56,0	95	112	128	143	157	181	202
	12.9	81,9	80,1	78,2	76,2	74,1	69,8	65,6	111	131	150	167	183	212	236
M14 x 1,5	8.8	67,8	66,4	64,8	63,2	61,5	58,1	45,6	104	124	142	159	175	203	227
	10.9	99,5	97,5	95,2	92,9	90,4	85,3	80,2	153	182	209	234	257	299	333
	12.9	116,5	114,1	111,4	108,7	105,8	99,8	93,9	179	213	244	274	301	349	390
M16 x 1,5	8.8	91,4	89,6	87,6	85,5	83,2	78,6	74,0	159	189	218	244	269	314	351
	10.9	134,2	131,6	128,7	125,5	122,3	115,5	108,7	233	278	320	359	396	461	515
	12.9	157,1	154,0	150,6	146,9	143,1	135,1	127,2	273	325	374	420	463	539	603
M18 x 1,5	8.8	122	120	117	115	112	105	99	237	283	327	368	406	473	530
	10.9	174	171	167	163	159	150	141	337	403	465	523	578	674	755
	12.9	204	200	196	191	186	176	166	394	472	544	613	676	789	884
M18 x 2	8.8	114	112	109	107	104	98	92	229	271	311	348	383	444	495
	10.9	163	160	156	152	148	139	131	326	386	443	496	545	632	706
	12.9	191	187	182	178	173	163	153	381	452	519	581	638	740	826
M20 x 1,5	8.8	154	151	148	144	141	133	125	327	392	454	511	565	660	741
	10.9	219	215	211	206	200	190	179	466	558	646	728	804	940	1.055
	12.9	257	252	246	241	234	222	209	545	653	756	852	941	1.100	1.234
M22 x 1,5	8.8	189	186	182	178	173	164	154	440	529	613	692	765	896	1.006
	10.9	269	264	259	253	247	233	220	627	754	873	985	1.090	1.276	1.433
	12.9	315	309	303	296	289	273	257	734	882	1.022	1.153	1.275	1.493	1.677
M24 x 1,5	8.8	228	224	219	214	209	198	187	570	686	796	899	995	1.166	1.311
	10.9	325	319	312	305	298	282	266	811	977	1.133	1.280	1.417	1.661	1.867
	12.9	380	373	366	357	347	330	311	949	1.143	1.326	1.498	1.658	1.943	2.185
M24 x 2	8.8	217	213	209	204	198	187	177	557	666	769	865	955	1.114	1.248
	10.9	310	304	297	290	282	267	251	793	949	1.095	1.232	1.360	1.586	1.777
	12.9	362	355	348	339	331	312	294	928	1.110	1.282	1.442	1.591	1.856	2.080

Dim.	Classe de qualité	Forces de précontrainte dans l'assemblage $F_{M\text{Tab}}$ en kN pour $\mu_G =$							Couples de serrage $M_A$ en Nm pour $\mu_K = \mu_G =$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M27 x 1,5	8.8	293	288	282	276	269	255	240	822	992	1.153	1.304	1.445	1.697	1.910
	10.9	418	410	402	393	383	363	342	1.171	1.413	1.643	1.858	2.059	2.417	2.720
	12.9	489	480	470	460	448	425	401	1.370	1.654	1.922	2.174	2.409	2.828	3.183
M27 x 2	8.8	281	276	270	264	257	243	229	806	967	1.119	1.262	1.394	1.630	1.829
	10.9	400	393	384	375	366	346	326	1.149	1.378	1.594	1.797	1.986	2.322	2.605
	12.9	468	460	450	439	428	405	382	1.344	1.612	1.866	2.103	2.324	2.717	3.049
M30 x 2	8.8	353	347	339	331	323	306	288	1.116	1.343	1.556	1.756	1.943	2.276	2.557
	10.9	503	494	483	472	460	436	411	1.590	1.912	2.216	2.502	2.767	3.241	3.641
	12.9	588	578	565	552	539	510	481	1.861	2.238	2.594	2.927	3.238	3.793	4.261
M33 x 2	8.8	433	425	416	407	397	376	354	1.489	1.794	2.082	2.352	2.605	3.054	3.435
	10.9	617	606	593	580	565	535	505	2.120	2.555	2.965	3.350	3.710	4.350	4.892
	12.9	722	709	694	678	662	626	591	2.481	2.989	3.470	3.921	4.341	5.090	5.725
M36 x 2	8.8	521	512	502	490	478	453	427	1.943	2.345	2.725	3.082	3.415	4.010	4.513
	10.9	742	729	714	698	681	645	609	2.767	3.340	3.882	4.390	4.864	5.711	6.428
	12.9	869	853	836	817	797	755	712	3.238	3.908	4.542	5.137	5.692	6.683	7.522
M39 x 2	8.8	618	607	595	581	567	537	507	2.483	3.002	3.493	3.953	4.383	5.151	5.801
	10.9	880	864	847	828	808	765	722	3.537	4.276	4.974	5.631	6.243	7.336	8.263
	12.9	1.030	1.011	991	969	945	896	845	4.139	5.003	5.821	6.589	7.306	8.585	9.669

Tabl. 6

### 6.5 Couples de serrage et force de précontrainte pour les vis de sécurité et les vis à embase, avec écrous

Lors d'une utilisation à 90% de la limite inférieure d'écoulement vis  $R_{e1}$  ou à 0,2% de la limite conventionnelle d'élasticité  $R_{p0,2}$  (selon indications du fabricant)

	Support	Forces de précontrainte $F_{V\text{max}}$ (N)							Couples de serrage $M_A$ (Nm)						
		M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16
Vis rainurées classe de résistance 100 et écrous classe de résistance 10	acier $R_m < 800$ MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	11	19	42	85	130	230	330
	acier $R_m = 800 - 1.100$ MPa	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	10	18	37	80	120	215	310
	fonte grise	9.000	12.600	23.200	37.000	54.000	74.000	102.000	9	16	35	75	115	200	300

Tabl. 7: Valeurs indicatives des forces de précontraintes et couples de serrage pour les assemblages avec système Ripp.

## 6.6 Valeurs indicatives concernant les couples de serrage pour des vis en acier inoxydable austénitiques selon DIN EN ISO 3506

Le couple de serrage doit être choisi en fonction du diamètre nominal, du coefficient de frottement et de la classe de qualité.

### Coefficient de frottement $\mu_{ges}$ 0,10

	Forces de précontrainte $F_{Vmax}$ [KN]			Couple de serrage $M_A$ [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M3	0,90	1,00	1,20	0,85	1,00	1,30
M4	1,08	2,97	3,96	0,80	1,70	2,30
M5	2,26	4,85	6,47	1,60	3,40	4,60
M6	3,2	6,85	9,13	2,80	5,90	8,00
M8	5,86	12,6	16,7	6,80	14,5	19,3
M10	9,32	20,0	26,6	13,7	30,0	39,4
M12	13,6	29,1	38,8	23,6	50,0	67,0
M14	18,7	40,0	53,3	37,1	79,0	106,0
M16	25,7	55,0	73,3	56,0	121,0	161,0
M18	32,2	69,0	92,0	81,0	174,0	232,0
M20	41,3	88,6	118,1	114,0	224,0	325,0
M22	50,0	107,0	143,0	148,0	318,0	424,0
M24	58,0	142,0	165,0	187,0	400,0	534,0
M27	75,0			275,0		
M30	91,0			374,0		
M33	114,0			506,0		
M36	135,0			651,0		
M39	162,0			842,0		

### Coefficient de frottement $\mu_{ges}$ 0,20

	Forces de précontrainte $F_{Vmax}$ [KN]			Couple de serrage $M_A$ [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M3	0,60	0,65	0,95	1,00	1,10	1,60
M4	1,12	2,40	3,20	1,30	2,60	3,50
M5	1,83	3,93	5,24	2,40	5,10	6,90
M6	2,59	5,54	7,39	4,10	8,80	11,8
M8	4,75	10,2	13,6	10,1	21,4	28,7
M10	7,58	16,2	21,7	20,3	44,0	58,0
M12	11,1	23,7	31,6	34,8	74,0	100,0
M14	15,2	32,6	43,4	56,0	119,0	159,0
M16	20,9	44,9	59,8	86,0	183,0	245,0
M18	26,2	56,2	74,9	122,0	260,0	346,0
M20	33,8	72,4	96,5	173,0	370,0	494,0
M22	41,0	88,0	118,0	227,0	488,0	650,0
M24	47,0	101,0	135,0	284,0	608,0	810,0
M27	61,0			421,0		
M30	75,0			571,0		
M33	94,0			779,0		
M36	110,0			998,0		
M39	133,0			1.300		

### Coefficient de frottement $\mu_{ges}$ 0,30

	Forces de précontrainte $F_{Vmax}$ [KN]			Couple de serrage $M_A$ [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M3	0,40	0,45	0,70	1,25	1,35	1,85
M4	0,90	1,94	2,59	1,50	3,00	4,10
M5	1,49	3,19	4,25	2,80	6,10	8,00
M6	2,09	4,49	5,98	4,80	10,4	13,9
M8	3,85	8,85	11,0	11,9	25,5	33,9
M10	6,14	13,1	17,5	24,0	51,0	69,0
M12	9,00	19,2	25,6	41,0	88,0	117,0
M14	12,3	26,4	35,2	66,0	141,0	188,0
M16	17,0	36,4	48,6	102,0	218,0	291,0
M18	21,1	45,5	60,7	144,0	308,0	411,0
M20	27,4	58,7	78,3	205,0	439,0	586,0
M22	34,0	72,0	96,0	272,0	582,0	776,0
M24	39,0	83,0	110,0	338,0	724,0	966,0
M27	50,0			503,0		
M30	61,0			680,0		
M33	76,0			929,0		
M36	89,0			1.189		
M39	108,0			1.553		

Tabl. 8

## 6.7 Exemple de valeurs indicatives des tableaux de forces de précontrainte et de couples de serrage

Procédé :

### A) Détermination du coefficient total de frottement $\mu_{ges}$ :

En fonction de l'état de surface et du graissage des vis et des écrous, il faut tenir compte des différents coefficients de frottement « $\mu$ ». Le choix se fait selon le tableau 3, chapitre 6.

#### Exemple :

Choix pour la vis et l'écrou à état de surface galvanisé transparent passivé, sans lubrifiant :

$$\mu_{ges} = 0,14$$

(remarque : pour le dimensionnement de la vis, il faut partir du coefficient de frottement le plus petit auquel il faut s'attendre afin qu'il n'y ait pas de surcharge de la vis)

### B) Couple de serrage $M_A$ max.

Le couple maximal de serrage correspond à l'utilisation à 90% de la limite inférieure d'écoulement à 0,2% ( $R_{p0,2}$ ) ou de la limite conventionnelle d'élasticité ( $R_{el}$ ).

#### Exemple :

Vis à tête hexagonale DIN 933, M12 x 50, classe de qualité 8.8, zinguée, passivée bleue :

Dans le tableau 5, chapitre 6, colonne pour  $\mu_G = 0,14$ , à la ligne pour la dim. M12 avec une classe de qualité 8.8 figure le couple de serrage  $M_A$  recherché (en Nm)

$$M_{Amax} = 93 \text{ Nm}$$

### C) Coefficient de serrage $\alpha_A$ (avec prise en considération de l'incertitude de serrage)

Tous les procédés de serrage sont plus ou moins précis ; pour les raisons suivantes :

- la forte dispersion du frottement constaté dans la pratique (si les coefficients de frottement ne peuvent qu'être estimés pour le calcul)
- différences lors de la manipulation avec la clé dynamométrique (p. ex. serrage rapide ou lent de la vis)
- la dispersion de la clé dynamométrique elle-même.

Le coefficient de serrage  $\alpha_A$  doit être choisi en fonction de la manière dont les paramètres mentionnés ci-avant peuvent être contrôlés.

#### Exemple :

Si le serrage est effectué à l'aide d'une clé dynamométrique standard à affichage digital, il faut partir d'un coefficient de serrage

$$\alpha_A = 1,4 - 1,6.$$

On choisit :

$\alpha_A = 1,4$  (voir tableau 2, chapitre 6 «valeurs indicatives pour le coefficient de serrage ...»)

### D) Forces de précontrainte $F_{Vmin}$

#### Exemple :

Vous trouverez dans le tableau 5, chapitre 6, colonne  $\mu_G = 0,14$  et à la ligne M12 avec classe de qualité 8.8 dans la zone «force de précontrainte d'assemblage» la valeur pour la force maximale de précontrainte

$$F_{Vmax} = 41,9 \text{ KN}$$

On obtient la force minimum de précontrainte  $F_{Vmin}$  en divisant  $F_{Vmax}$  par le coefficient de serrage  $\alpha_A$ .

$$\text{Force de précontrainte } F_{Vmin} = \frac{41,9 \text{ KN}}{1,4}$$

$$F_{Vmin} = 29,92 \text{ KN}$$

### E) Contrôle des résultats

Les questions suivantes doivent être posées :

- L'effort de serrage minimal résultant est-il suffisant ?
- La force minimum de précontrainte  $F_{Vmin}$  à laquelle il faut s'attendre est-elle suffisante pour les forces maximales constatées dans la pratique ?

## 6.8 Appariement de divers matériaux par rapport à la corrosion de contact

La règle suivante permet d'éviter la corrosion de contact :

Les éléments doivent présenter au moins la même résistance à la corrosion que celle des pièces à assembler. Si des éléments de même valeur ne peuvent pas être choisis, leur niveau de résistance doit être plus élevé que celui des pièces à assembler.

## Recommandations d'associations de différents matériaux par rapport au phénomène de corrosion de contact

Matériau/ surface des pièces de construction*	Acier inoxydable A2/A4	Aluminium	Cuivre	Laiton	Acier, zingué, passivé noir	Acier, zingué, chromaté jaune	Acier, zingué, passivé bleu	Acier, brut
Matériau/surface de l'élément								
Acier inoxydable A2/A4	+++	+++	++	++	++	++	++	++
Aluminium	++	+++	++	++	+	+	+	+
Cuivre	+	+	+++	++	+	+	+	+
Laiton	+	+	++	+++	+	+	+	+
Acier, zingué, passivé noir	-	-	-	-	+++	++	++	+
Acier, zingué, chromaté jaune	--	--	--	--	+	+++	++	+
Acier, galvanisé, passivé bleu	--	--	--	--	+	+	+++	+
Acier, brut	---	---	---	---	--	--	--	+++

+++ Appariement fortement recommandé  
 ++ Appariement recommandé  
 + Appariement moyennement recommandé  
 - Appariement peu recommandé  
 -- Appariement non recommandé  
 --- Appariement fortement déconseillé

\* Cette indication s'applique pour un rapport entre la surface de la pièce de construction et de l'élément de fixation entre 1:10 et 1:40

Tabl. 9

## 6.9 Efforts de cisaillement statiques pour assemblages par goupille élastiques

Goupilles élastiques (goupilles cylindriques creuses), exécution lourde selon DIN 1481 (ISO 8752)

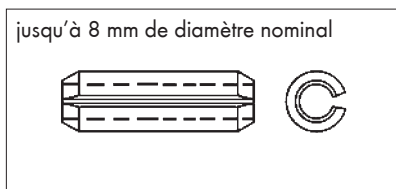


Fig. AU

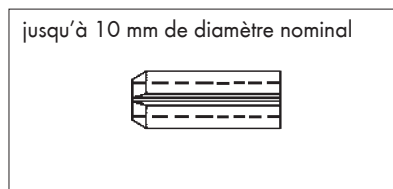


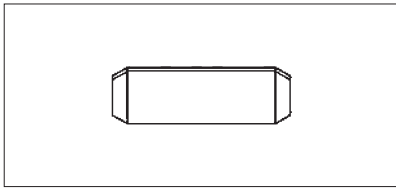
Fig. AV

Matériau :  
Acier ressort trempé  
420 à 560 HV

Diamètre nominal [mm]	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	13	14	16	18	20	
Force de cisaillement min. [kN]	simple	0,35	0,79	1,41	2,19	3,16	4,53	5,62	7,68	8,77	13	21,3	35	52	57,5	72,3	85,5	111,2	140,3
	double	0,7	1,58	2,82	4,38	6,32	9,06	11,2	15,4	17,5	26	42,7	70,1	104,1	115,1	144,1	171	222,5	280,6

Tabl. 10: (voir Fig. BA pour illustration)

### Goupilles élastiques spiralées, exécution standard selon DIN 7343 (ISO 8750)



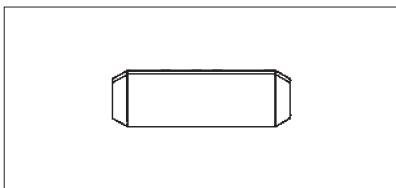
Matériau :  
Acier ressort trempé  
420 à 520 HV

Fig. AW

Diamètre nominal [mm]		0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16
Force de cisaillement min. [kN]	simple	0,21	0,3	0,45	0,73	1,29	1,94	2,76	3,77	4,93	7,64	11,05	19,6	31,12	44,85	61,62	76,02
	double	0,40	0,6	0,90	1,46	2,58	3,88	5,52	7,54	9,86	15,28	22,1	39,2	62,24	89,7	123,2	152

Tabl. 11: (voir Fig. BA pour illustration)

### Goupilles élastiques spiralées, exécution lourde selon DIN 7344 (ISO 8750)



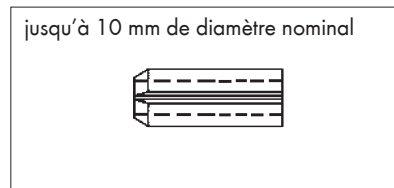
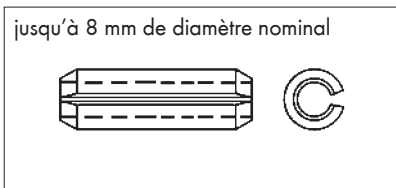
Matériau :  
Acier ressort trempé  
420 à 520 HV

Fig. AX

Diamètre nominal [mm]		1,5	2	2,5	3	4	5	6
Force de cisaillement min. [kN]	simple	0,91	1,57	2,37	3,43	6,14	9,46	13,5
	double	1,82	3,14	4,74	6,86	12,2	18,9	27

Tabl. 12: (voir Fig. BA pour illustration)

### Goupilles élastiques (goupilles cylindriques creuses), exécution légère selon DIN 7346 (ISO 13337)



Matériau :  
Acier ressort trempé  
420 à 560 HV

Fig. AY

Fig. AZ

Diamètre nominal [mm]		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	18	20
Force de cisaillement min. [kN]	simple	0,75	1,2	1,75	2,3	4	4,4	5,2	9	10,5	12	20	22	24	33	42	49	63	79
	double	1,5	2,4	3,5	4,6	8	8,8	10,4	18	21	24	40	44	48	66	84	98	126	158

Tabl. 13: (voir Fig. BA pour illustration)

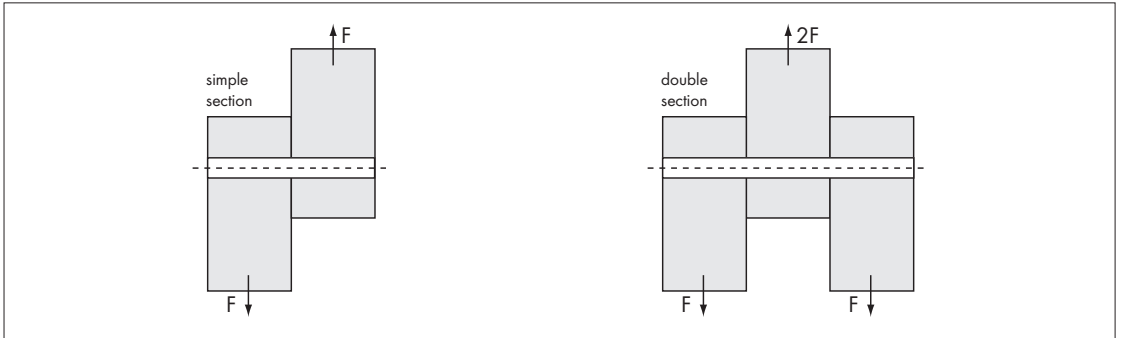


Fig. BA

### 6.10 Entraînements intérieurs pour vis

Le progrès technique de même que les réflexions économiques font qu'à l'échelle mondiale les vis à fente sont progressivement remplacées par des entraînements intérieurs.

- Efforts d'éjection quasi nuls. La répartition homogène des forces évite tout endommagement de la couche de protection et garantit le maintien des propriétés du revêtement.

#### Empreinte AW

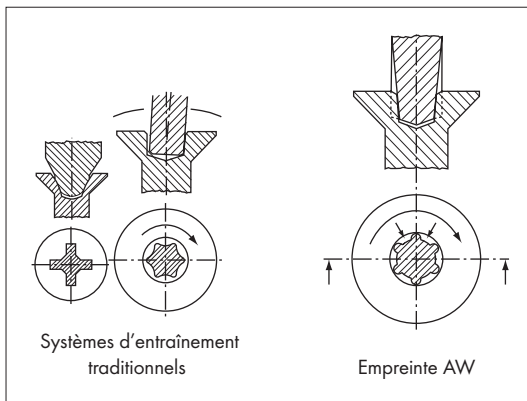


Fig. AR

#### Système d'entraînement AW

**Avantages** par rapport aux systèmes d'entraînement traditionnels :

- meilleure transmission de force grâce à la géométrie à six lobes coniques.
- durée de vie plus élevée en raison de l'ajustement optimal.
- centrage optimal grâce à la forme conique de l'embout.
- La surface de contact entre l'embout et l'empreinte est maximale, ce qui minimise le rejet de l'embout.

#### Six pans creux

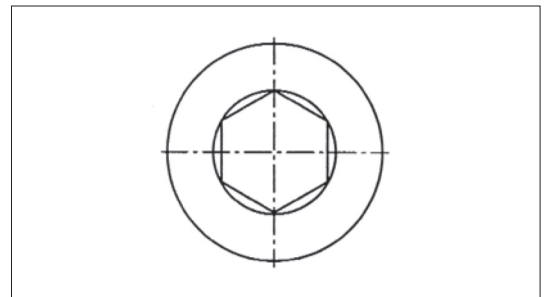


Fig. AS

Bonne transmission de la force grâce aux multiples points d'application. Les vis à six pans creux présentent des ouvertures de clé inférieures à celles des vis à tête hexagonale, ce qui signifie que leur construction est aussi plus économique grâce à leurs dimensions plus petites.



## Empreinte cruciforme Z (Poizdriv) selon ISO 4757

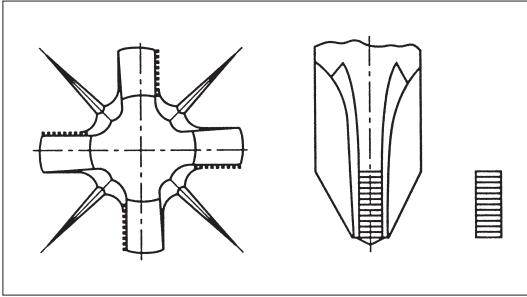


Fig. AT

Les quatre «parois de serrage» en contact avec l'outil de serrage sont verticales. Les autres parois et rainures sont inclinées. Ceci peut améliorer quelque peu le montage lorsque les empreintes cruciformes sont optimalement conçues. L'embout Pozidriv possède des extrémités à ailettes rectangulaires.

## Empreinte cruciforme H (Phillips) selon ISO 4757

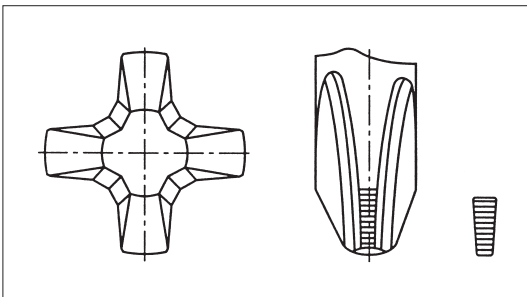


Fig. AU

Empreinte cruciforme normale sur laquelle toutes les parois et rainures sont inclinées ; l'embout présente des extrémités à ailettes trapézoïdales.

### 6.11 Montage

#### Méthode de serrage au couple

La force de précontrainte nécessaire est générée par un couple de serrage mesurable  $M_v$ . Les appareils de serrage utilisés (p. ex. clé dynamométrique) doivent présenter une incertitude inférieure à 5%.

#### Méthode de serrage par impulsion

Les assemblages sont serrés à l'aide d'une visseuse à impulsion ou d'une clé à choc présentant une incertitude inférieure à 5%. Les appareils de serrage sont à régler de manière appropriée (p. ex. méthode de resserrage ou méthode de mesure de la longueur), si possible sur l'application concernée.

Méthode de resserrage : l'assemblage est d'abord serré à l'aide de la visseuse et ensuite resserré/vérifié à l'aide d'une clé dynamométrique de précision. Méthode de mesure de la longueur : l'allongement de la vis après serrage est mesuré (étrier de mesure) après calibrage préalable de l'allongement de la vis sur un banc de contrôle.

#### Méthode de serrage à l'angle

Ce procédé n'est utilisable qu'en présence de supports à assembler ayant de larges surfaces planes.

L'application du couple de préserrage s'effectue au moyen d'un des deux procédés mentionnés ci-dessus. Le marquage de la position angulaire de l'écrou par rapport à la partie lisse de la vis et la pièce à assembler, doit être réalisé de manière clair et durable, de sorte que l'angle de rotation complémentaire de l'écrou puisse être déterminé facilement. L'angle de rotation additionnel nécessaire doit être déterminé sur l'application originale (p. ex. à l'aide de l'allongement de la vis).



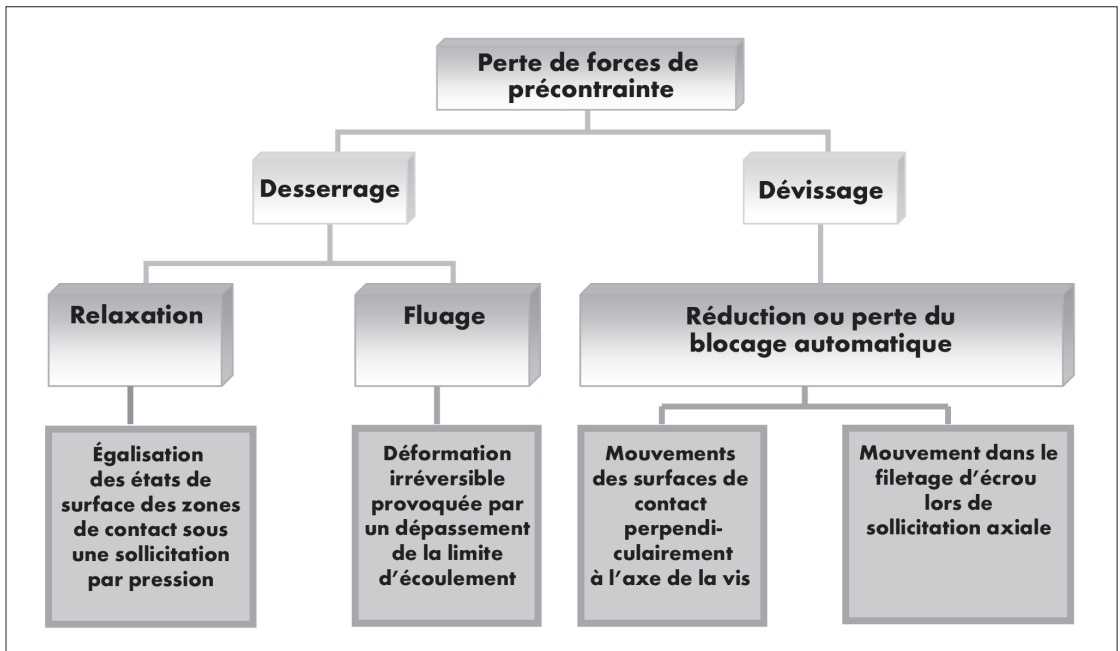
Fig. W

## 7. ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ

### 7.1 Généralités

Pour le choix de l'élément de sécurité approprié, il est nécessaire de considérer l'assemblage vissé dans son intégralité. La dureté des matériaux sollicités et les charges dynamiques susceptibles d'agir sur les assemblages vissés, doivent être prises en considération lors du choix d'un élément de sécurité.

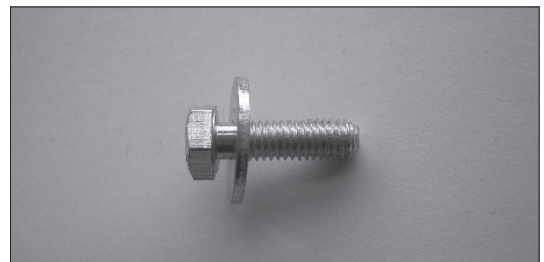
### 7.2 Causes de la perte de forces de précontrainte



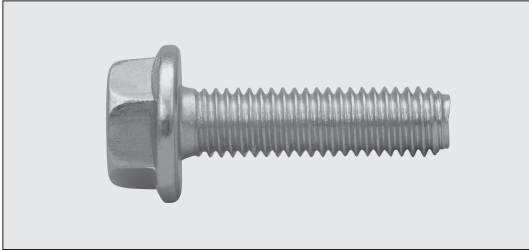
### 7.3 Modes de fonctionnement

#### 7.3.1 Sécurité contre le desserrage

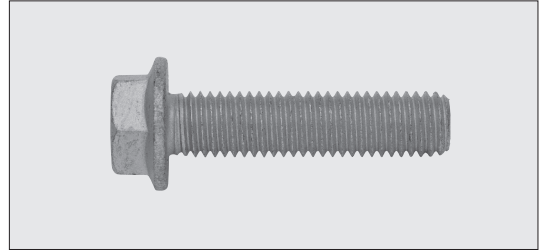
Le desserrage d'un assemblage vissé peut être évité par des mesures de construction appropriées. Ceci peut se faire par l'utilisation de vis à tige réduite, de longues vis ainsi qu'avec des vis à résistance élevée permettant l'augmentation de la force de précontrainte. En particulier dans le dernier cas, la pression de surface sous tête doit faire l'objet d'une attention spéciale. Une vis à embase, une rectification de la surface ou l'utilisation d'une rondelle avec une dureté appropriée réduit la pression de surface et empêche le desserrage.



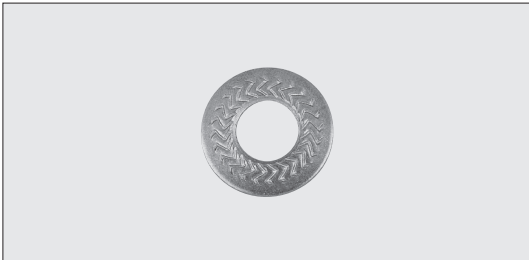
Vis combinée



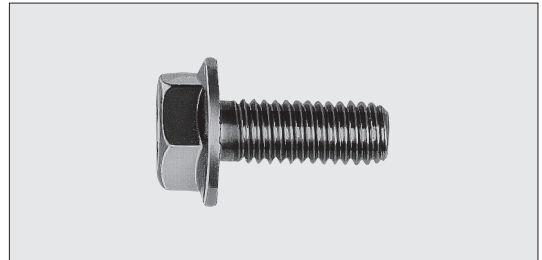
Vis à embase



Vis à embase rainurée (ripp)



Rondelle élastique striée



Vis à embase crantée

### 7.3.2 Sécurité contre le dévissage

Les sécurités contre le dévissage luttent efficacement contre le dévissage en présence de fortes sollicitations dynamiques. Mises à part quelques faibles pertes liées à la pose, la force de précontrainte reste maintenue dans l'assemblage. Dans les assemblages susceptibles de se dévisser, on distingue deux types de sécurité :

- verrouillage sur le support
- encollage du filetage

Lors du verrouillage sur le support, la sécurité s'effectue par un crantage qui s'enfonce dans la matière et évite le dévissage au moyen d'arêtes verticales, ou par des rainures symétriques qui maintiennent efficacement la force de précontrainte sur les matériaux durs et tendres.

Lors de l'encollage du filetage, il existe la possibilité d'utiliser des produits liquides anaérobies, ou des vis préencollées avec des colles microencapsulées. Les vis avec produits de freinage microencapsulé sont normalisées selon DIN 267/partie 27.



Rondelle de sécurité auto bloquante



Vis avec produit de freinage



Colles liquides

### 7.3.3 Sécurité contre les pertes

Dans la famille des sécurités contre les pertes, on intègre les produits qui ne peuvent certes pas empêcher un desserage, mais qui empêchent un dévissage complet après une perte de précontrainte et évitent ainsi la désolidarisation des éléments à assembler.



Écrou frein entièrement métallique



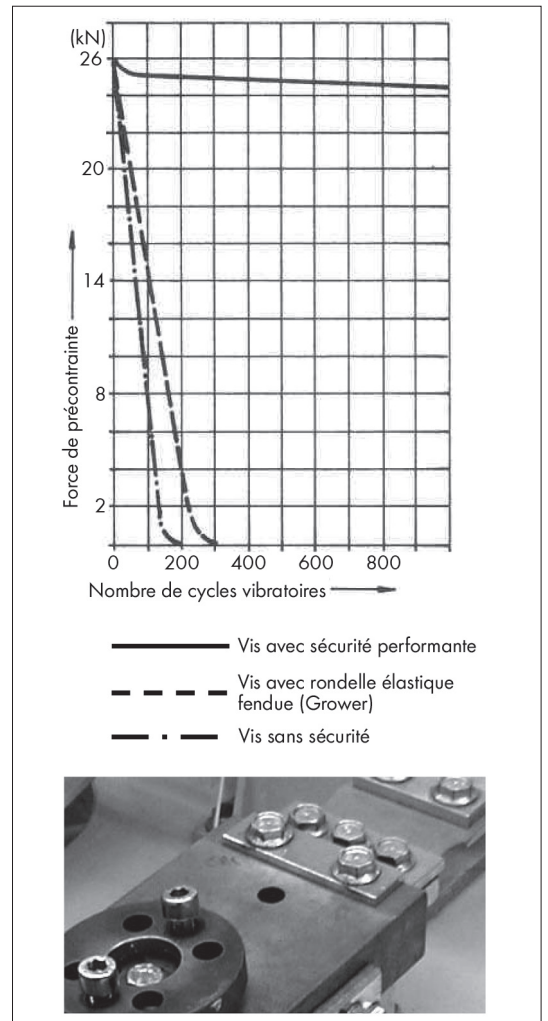
Écrou frein avec bague polyamide



Filet rapporté Optisert

### 7.4 Efficacité des éléments de sécurité

La performance d'un élément de sécurité peut être testée sur un banc d'essai à vibrations (test Junker).



### 7.4.1 Éléments de sécurité inefficaces

Les produits mentionnés ci-dessous ne possèdent aucun effet de sécurité, que ce soit contre le desserrage, ou le dévissage. L'utilisation de ces produits est déconseillée avec des vis de classe de qualité  $\geq 8.8$ .

- Rondelles élastiques fendues DIN 127, DIN 128, DIN 6905, DIN 7980
- Rondelles ondulées DIN 137, DIN 6904
- Rondelles élastiques à dents espacées DIN 6797, DIN 6906
- Rondelles élastiques à dents chevauchantes DIN 6798, DIN 6907
- Rondelles à talon externe DIN 432 ou à 2 oreilles DIN 463
- Écrous à créneaux DIN 935, DIN 937 avec une goupille fendue DIN 94

### 7.4.2 Éléments de sécurité contre les pertes

Dans la famille des sécurités contre les pertes, on intègre les produits qui n'empêchent pas un desserrage, mais qui empêchent un dévissage complet après une perte de précontrainte indéterminée. Ces produits évitent la désolidarisation de l'assemblage. Cette catégorie comprend par exemple les écrous frein avec bague polyamide, les écrous frein tout métallique ou les vis pré-enduites d'un frein polyamide selon DIN 267/partie 28.

## 7.5 Mesures constructives pour la sécurité des vis

### 7.5.1 Desserrage

Type de sécurité	Mode de fonctionnement	Élément de sécurité	Remarques d'application		
			Vis/écrous	Rondelles	
Sécurité contre le desserrage			Classe de qualité	Classe de dureté	
				200 HV	300 HV
			Réduction de la pression de surface	rondelle selon DIN EN ISO 7089 DIN EN ISO 7090 DIN 7349 DIN EN ISO 7092 DIN EN ISO 7093-1	8.8/8 10.9/10 A2-70/A2-70
Elasticité dans l'assemblage	Rondelle élastique conique selon DIN 6796, rondelle élastique striée, rondelle contact crantée	Pour réduire le tassement à 20 $\mu\text{m}$ , l'élasticité doit être déterminée en fonction de la précontrainte requise.			

Les vis autoformeuses font également partie de la famille des éléments d'assemblage de sécurité contre les pertes.

## 7.5.2 Dévissage

Type de sécurité	Mode de fonctionnement	Élément de sécurité	Remarques d'application
Sécurité contre le dévissage	Par blocage, partiellement précontraint	Vis, écrous à embase crantée	<p>A utiliser dans le cas d'assemblages précontraints, soumis à des variations de sollicitations transversales.</p> <p>La dureté de la surface du support doit être inférieure à celle de la vis et de l'écrou, ou de la rondelle en contact avec la surface.</p> <p>Les éléments de sécurité ne sont efficaces que s'ils sont disposés directement sous la tête de la vis ou de l'écrou. Pour application électrique.</p>
		Rondelles élastiques striées Rondelles auto bloquantes Rondelle élastiques crantées	
	Par collage	Colle microencapsulée conforme à la DIN 267-27	<p>A utiliser dans le cas d'assemblages précontraints, soumis à des variations de sollicitations transversales, avec des supports dont la dureté de surface ne permet pas l'application d'éléments de fixation bloquants.</p> <p>Non adaptée aux hautes températures.</p> <p>Utilisation déconseillée lors d'applications électriques.</p> <p>Lors de l'utilisation de colles, les filetages ne doivent pas être graissés.</p>
		Colle liquide	<p>Il est impératif de respecter les limites de températures indiquées.</p> <p>Utilisation déconseillée lors d'applications électriques.</p> <p>Lors de l'utilisation de colles, les filetages ne doivent pas être graissés.</p>
Sécurité contre les pertes	Par freinage	Ecrous avec fonction frein DIN EN ISO 7040, DIN EN ISO 7042, filets rapportés DIN 8140 vis avec pré induction de polyamide dans le filetage selon DIN 267-28	<p>À utiliser dans le cas où il est impératif de conserver un minimum de précontrainte et d'assurer la non-perte de l'élément de fixation.</p> <p>Dans le cas de vis et d'écrous avec insert en matière plastique, la température limite est à respecter. Lors d'applications électriques, il ne doit pas avoir de copeaux générés par les écrous entièrement métallique.</p>

## 8. CONSTRUCTION METALLIQUE

### 8.1 Assemblages avec boulons HV pour la construction métallique

«HV» désigne un assemblage utilisé dans la construction métallique avec des vis à haute résistance de la classe de qualité 10.9. «H» signifie «haute résistance», en conformité aux exigences de la classe de qualité 10.9. Le «V» de l'allemand «vorgespannt» indique qu'il s'agit d'une mise en place par des procédés standardisés permettant d'obtenir une précontrainte définie.

Dans plus de 90% des assemblages de construction métallique, une précontrainte n'est pas nécessaire étant donné que les assemblages ne sont pas calculés en intégrant le facteur glissement. Cependant dans de tels cas, il est usuel et pertinent de précontraindre les assemblages afin de réduire le jeu, d'augmenter la résistance face aux sollicitations dynamiques et de limiter la déformation de l'ensemble de la construction.

Pour cette raison, les assemblages HV sont appropriés sans restriction pour tous les assemblages courants dans le domaine de la construction métallique.

Les assemblages soumis au cisaillement (SL) transmettent la force agissant de l'extérieur perpendiculairement à l'axe de vis. L'effort est transmis directement de la paroi intérieure du logement sur la tige de la vis (Fig. 1). Les pièces de construction agissent sur la tige de vis d'une manière semblable à des lames de ciseaux. Ce type d'assemblage peut également être exécuté précontraint (SLV) ou à l'aide de vis calibrées (SLP), ou en combinaison des deux (SLVP). La précontrainte de l'assemblage est nécessaire en particulier lors de sollicitations dynamiques dans le sens longitudinal de l'axe de la vis.

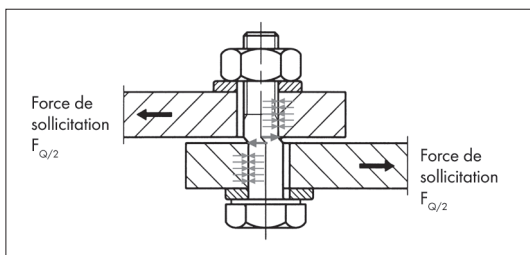


Fig. 1

Le comportement est fondamentalement différent lors d'assemblages précontraints résistants au glissement (GV) utilisés dans des cas particuliers tels que la construction de ponts ou avec des vis à tige calibrée (GVP). Les forces sont transmises par frottement entre les surfaces de contact des pièces de construction assemblées. Pour ce faire, les surfaces de contact doivent subir un traitement de résistance au glissement par sablage ou par l'application de peintures homologuées. Par le biais du serrage des vis, les sollicitations en fonctionnement sont alors transmises perpendiculairement à l'axe de la vis (ill. 2).

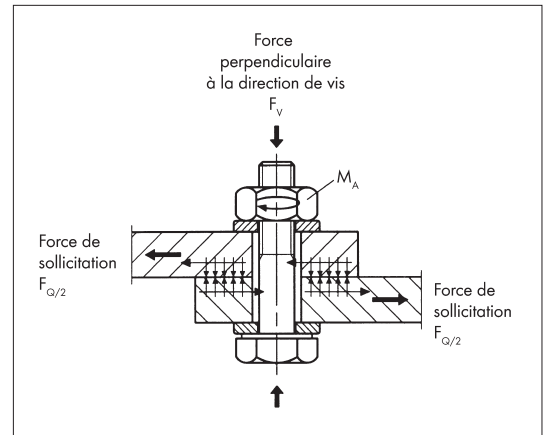


Fig. 2

Pour tous les assemblages dans la construction métallique les sollicitations sont également admises dans l'axe longitudinal de la vis. Elles peuvent être déterminées par calcul avec par exemple des formules figurant dans la DIN 18800.

Les garnitures HV Würth galvanisées à chaud sur une épaisseur de 60-80  $\mu\text{m}$  présentent une excellente résistance contre la corrosion. Une protection contre la corrosion est ainsi obtenue pour de longues années même dans une atmosphère agressive. (ill. 3).

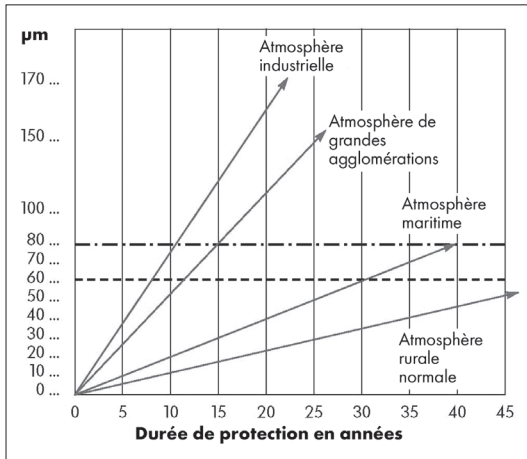


Fig. 3

La galvanisation à chaud s'effectue selon la norme DIN EN ISO 10684 en prenant en compte les nouvelles connaissances dépassant cette norme qui correspondent à l'état actuel de la technique. Le taraudage et la lubrification des écrous sont réalisés après la galvanisation à chaud, afin de garantir le jeu nominal au niveau du filetage et un serrage uniforme par le biais d'un lubrifiant. La protection de la partie non revêtue de l'écrou est assurée après assemblage par un transfert cathodique du revêtement de la vis. Pour ces raisons, il convient de n'utiliser que des garnitures complètes (vis, écrou et rondelles) d'un même fabricant.

## 8.2 Vis HV, écrous et rondelles

Dans le cadre de l'application des directives européennes concernant les produits de construction, la majorité des anciennes normes allemandes DIN ont été remplacées par des normes européennes harmonisées.

Seules les normes DIN 6917 et DIN 6918 relatives aux plaquettes obliques pour profilés restent en vigueur. Le procédé de validation de conformité selon les règles de construction A s'applique toujours pour ces dernières. Cela signifie que les produits marqués par le symbole Ü sont disponibles sur le marché.

Le tableau 1 présente un aperçu de l'évolution des normes.

	DIN	DIN EN
Calcul Présentation	DIN 18 800-1	DIN EN 1993-1-8 DIN EN 1993-1-9
Exécution	DIN 18 800-7	DIN EN 1090-2
Produits	DIN 7968, DIN 7969  DIN 7990 DIN EN ISO 4014/4017 DIN 6914, DIN 6915, DIN 6916 DIN 7999	DIN EN 15048-1/-2 + spécification technique de produit (DIN EN ISO 4014) DIN EN 14399-1/-2 DIN EN 14399-4 DIN EN 14399-6 DIN EN 14399-8 DIN EN 14399-3

Tabl. 1: Conversion aux normes européennes

La norme DIN EN 1993-1-8 s'applique désormais pour le calcul et la conception des assemblages, de même la DIN EN 1993-1-9 s'applique pour les essais de fatigue, ainsi que la norme DIN EN 1090-2 s'applique pour l'exécution des structures. Néanmoins les anciennes normes DIN peuvent être appliquées durant une période de transition. La norme européenne DIN EN 15048 a été créée pour les éléments d'assemblage non précontraints et de résistance peu élevée. Cette norme décrit la démarche et les exigences requises pour l'obtention du symbole CE. Les éléments techniques peuvent être par exemple les normes déjà existantes pour les vis à tête hexagonale telles que la norme DIN EN ISO 4014. La norme harmonisée DIN EN 14399 a été élaborée pour les éléments d'assemblage à haute résistance.

Les parties 1 et 2 de cette norme décrivent uniquement les exigences et la démarche d'obtention du marquage CE. Il ne doit exister aucune entrave commerciale en Europe pour les produits possédant le marquage CE. Les vis HV couramment utilisées en Allemagne ainsi que les écrous, rondelles et les vis calibrées HV se retrouvent dans les parties 4, 6 et 8 de cette norme. Les produits DIN ont été en majeure partie repris, afin qu'il n'existe que quelques modifications qui seront détaillées ci dessous.



- Les écrous HV, selon la norme européenne, sont toujours traités à l'aide d'un lubrifiant spécial, indépendamment du type de protection contre la corrosion appliqué. Lors d'une précontrainte des assemblages selon la norme DIN 18800-7, par la méthode du serrage au couple, les mêmes couples de serrage sont appliqués. Cela représente une simplification par rapport à l'ancien procédé.
- Le tableau des épaisseurs de serrage compris dans cette norme définit les épaisseurs **y compris les rondelles utilisées** (tableau 2a et 2b). En outre, les critères relatifs au calcul de l'épaisseur de serrage ont été légèrement modifiés selon les exigences de la DIN EN 1993-1-8, ce qui entraîne d'autres différences mineures. Cependant, si une construction a été déterminée selon DIN 18800, les garnitures HV définies selon DIN peuvent être remplacées par des garnitures de même longueur nominale selon DIN EN sans modifier l'implantation des vis. La raison en est que la norme DIN 18800 ne contient pas l'exigence spéciale mentionnée ci-dessus requise par la norme DIN EN 1993-1-8.

Mesures pour les vis HV- et HVP <sup>1)</sup>									
Mesure nominale		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
p <sup>1)</sup>		1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
c	min.	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	max.	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
d <sub>a</sub>	max.	15,2	19,2	24	26	28	32	35	41
d <sub>s</sub>	nom.	12	16	20	22	24	27	30	36
	min.	11,3	15,3	19,16	21,16	23,16	26,16	29,16	35
	max.	12,7	16,7	20,84	22,84	24,84	27,84	30	37
d <sub>w</sub> <sup>2)</sup>	min.	20,1	24,9	29,5	33,3	38,0	42,8	46,6	55,9
e	min.	23,91	29,56	35,03	39,55	45,20	50,85	55,37	66,44
k	nom.	8	10	13	14	15	17	19	23
	min.	7,55	9,25	12,1	13,1	14,1	16,1	17,95	21,95
	max.	8,45	10,75	13,9	14,9	15,9	17,9	20,05	24,05
k <sub>w</sub>	min.	5,28	6,47	8,47	9,17	9,87	11,27	12,56	15,36
r	min.	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	2	2	2
s	max.	22	27	32	36	41	46	50	60
	min.	21,16	26,16	31	35	40	45	49	58,8
h	nom.	3	4	4	4	4	5	5	6
	min.	2,7	3,7	3,7	3,7	3,7	4,4	4,4	5,4
	max.	3,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,6	5,6	6,6
m	nom. = max.	10	13	16	18	20	22	24	29
	min.	9,64	12,3	14,9	16,9	18,7	20,7	22,7	27,7

Remarque : Les mesures des vis, rondelles et écrous galvanisés à chaud sont indiquées avant traitement

<sup>1)</sup> P = pas de filetage (filetage à pas standard)

<sup>2)</sup> d<sub>w,max.</sub> = s<sub>121</sub>

Tabl. 2a

Longueur nominale l	Épaisseur de serrage $\Sigma_{min.}$ et $\Sigma_{max.}$ pour vis HR et HVP <sup>1)</sup>							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
30	11- 16							
35	16- 21	12- 17						
40	21- 26	17- 22						
45	26- 31	22- 27	18- 23					
50	31- 36	27- 32	23- 28	22- 27				
55	36- 41	32- 37	28- 33	27- 32				
60	41- 46	37- 42	33- 38	32- 37	29- 34			
65	46- 51	42- 47	38- 43	37- 42	34- 39			
70	51- 56	47- 52	43- 48	42- 47	39- 44	36- 41		
75	56- 61	52- 57	48- 53	47- 52	44- 49	41- 46	39- 44	
80	61- 66	57- 62	53- 58	52- 57	49- 54	46- 51	44- 49	
85	66- 71	62- 67	58- 63	57- 62	54- 59	51- 56	49- 54	43- 48
90	71- 76	67- 72	63- 68	62- 67	59- 64	56- 61	54- 59	48- 53
95	76- 81	72- 77	68- 73	67- 72	64- 69	61- 66	59- 64	53- 58
100	81- 86	77- 82	73- 78	72- 77	69- 74	66- 71	64- 69	58- 63
105	86- 91	82- 87	78- 83	77- 82	74- 79	71- 76	69- 74	63- 68
110	91- 96	87- 92	83- 88	82- 87	79- 84	76- 81	74- 79	68- 73
115	96-101	92- 97	88- 93	87- 92	84- 89	81- 86	79- 84	73- 78
120	101-106	97-102	93- 98	92- 97	89- 94	86- 91	84- 89	78- 83
125	106-111	102-107	98-103	97-102	94- 99	91- 96	89- 94	83- 88
130	111-116	107-112	103-108	102-107	99-104	96-101	94- 99	88- 93
135	116-121	112-117	108-113	107-112	104-109	101-106	99-104	93- 98
140	121-126	117-122	113-118	112-117	109-114	106-111	104-109	98-103
145	126-131	122-127	118-123	117-122	114-119	111-116	109-114	103-108
150	131-136	127-132	123-128	122-127	119-124	116-121	114-119	108-113
155	136-141	132-137	128-133	127-132	124-129	121-126	119-124	113-118
160	141-146	137-142	133-138	132-137	129-134	126-131	124-129	118-123
165	146-151	142-147	138-143	137-142	134-139	131-136	129-134	123-128
170	151-156	147-152	143-148	142-147	139-144	136-141	134-139	128-133
175	156-161	152-157	148-153	147-152	144-149	141-146	139-144	133-138
180	161-166	157-162	153-158	152-157	149-154	146-151	144-149	138-143
185			158-163	157-162	154-159	151-156	149-154	143-148
190			163-168	162-167	159-164	156-161	154-159	148-153
195			168-173	167-172	164-169	161-166	159-164	153-158
200			173-178	172-177	169-174	166-171	164-169	158-163
210			183-188	182-187	179-184	176-181	174-179	168-173
220			193-198	192-197	189-194	186-191	184-189	178-183
230			203-208	202-207	199-204	196-201	194-199	188-193
240			213-218	212-217	209-214	206-211	204-209	198-203
250			223-228	222-227	219-224	216-221	214-219	208-213
260			233-238	232-237	229-234	226-231	224-229	218-223

<sup>1)</sup> L'épaisseur de serrage  $\Sigma$  comprend également les deux rondelles

Tabl. 2b

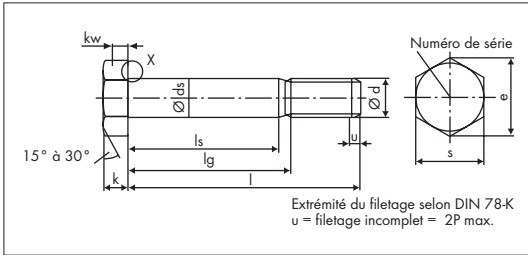


Fig. 4

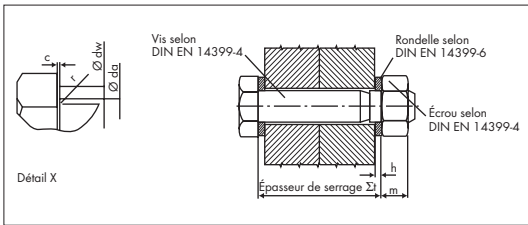


Fig. 5

### 8.3 Remarques concernant la construction pour les assemblages HV selon DIN 18800-1 et DIN EN 1993-1-8

#### 8.3.1 Assemblages HV selon DIN 18800-1 (2008)

Les valeurs de mesure de la sollicitation par cisaillement  $V_a$  ne doivent pas dépasser les efforts de cisaillement limites  $V_{a,R,d}$  selon la norme DIN 18800-1:2008-11.

$$\frac{V_a}{V_{a,R,d}} \leq 1 \text{ L'effort de cisaillement limite } V_{a,R,d} \text{ est}$$

$$V_{a,R,d} = A \cdot \tau_{a,R,d} = A \cdot \alpha_a \cdot \frac{f_{u,b,k}}{Y_M}$$

A Section de tige  $A_{sch}$  si la tige lisse repose dans le joint de cisaillement.

Section de contrainte  $A_{sch}$  si la partie filetée de la vis repose dans le joint de cisaillement.

$\alpha_a$  0,55 pour les vis HV de la classe de qualité 10.9 si la partie lisse repose dans le joint de cisaillement.

0,44 pour les vis HV de la classe de qualité 10.9 si la partie filetée repose dans le joint de cisaillement.

$f_{u,b,k}$  Résistance à la traction caractéristique du produit HV : 1.000 N/mm<sup>2</sup>

$Y_M$  1,1 valeur corrective de sécurité relative à la résistance

Selon DIN 18800-1:2008-11, les valeurs de mesure des sollicitations par pression sur les surfaces  $V_1$  ne doivent pas dépasser les forces limites de pression sur les surfaces  $V_{1,R,d}$ .

$$\frac{V_1}{V_{1,R,d}} \leq 1$$

La force limite de pression sur les surfaces  $V_{1,R,d}$  est :

$$\begin{aligned} V_{1,R,d} &= t \cdot d_{sch} \cdot \sigma_{1,R,d} \\ &= t \cdot d_{sch} \cdot \alpha_1 \cdot \frac{f_{z,k}}{Y_M} \end{aligned}$$

Symboles :

t Epaisseur de la pièce de construction

$d_{sch}$  Diamètre de tige de la vis

$\alpha_1$  Facteur de détermination de la capacité de sollicitation par pression sur les surfaces en fonction de dimensions du trou

$f_{y,k}$  Limite d'élasticité caractéristique de la matière des pièces de construction

$Y_M$  = 1,1 valeur corrective de sécurité relative à la résistance

Le facteur  $\alpha_1$  est dépendant de la géométrie de l'ensemble de l'assemblage, et en particulier des distances des vis par rapport aux bords et des écartements entre les vis. Des tableaux ou des logiciels correspondants sont très souvent disponibles en vue de faciliter le calcul.

Pour le calcul de la force limite de traction, dans le cas d'une sollicitation uniquement en traction, la norme DIN 18800-1 prévoit un cas de figure particulier. Dans ce cas, la détérioration du filetage pour les vis HV, fait référence au comportement catalogue de la limite d'élasticité d'une vis de classe de qualité 10.9. La force limite de traction se calcule donc de la manière suivante :

$$N_{R,d} = \frac{A_{sp} \cdot f_{u,b,k}}{1,25 \cdot Y_M}$$

$A_{sp}$  Section contrainte

$f_{u,b,k}$  Pour classe de qualité 10.9 = 1.000 N/mm<sup>2</sup>

1,25 = valeur corrective pour une sécurité accrue la résistance à la traction

$Y_M$  = 1,1

Lorsqu'une vis est sollicitée simultanément par un effort de traction et de cisaillement, il est nécessaire de vérifier les interactions selon les prescriptions de la norme DIN 18800-1.

Dans le cas d'assemblages résistants sans glissement (GV et GVP), les sollicitations  $V_g$  ne doivent pas dépasser les forces limites de glissement  $V_{g,R,d}$  à l'état limite de capacité d'emploi.

$$\frac{V_g}{V_{g,R,d}} \leq 1$$

En outre, une vérification documentée est à réaliser pour les assemblages GV, GVP, SL et SLP.

### 8.3.2 Assemblages HV selon DIN EN 1993-1-8

La norme européenne sépare les assemblages à vis selon le tableau 3 et fait une distinction fondamentale en fonction de la direction de la force extérieure.

<b>Assemblages soumis au cisaillement et pression sur les surfaces des assemblages sans glissement</b>			
Catégorie	Remarque	Comparé à DIN 18800-1	
		GdG	GdT
A Cisaillement et pression sur les surfaces	Une précontrainte n'est pas nécessaire, mais favorisée dans la plupart des cas, classes de qualité 4.6 à 10.9	SL ou SLP	SL ou SLP
B Assemblage sans glissement (GdG)	Vis à haute résistance 8.8 ou 10.9 précontrainte	GV ou GVP	SL ou SLP
C Assemblage sans glissement (GdT)	Vis à haute résistance 8.8 ou 10.9 précontrainte	GV ou GVP	GV ou GVP (net)
<b>Assemblages soumis à une sollicitation par traction</b>			
Catégorie	Remarque	Comparé à DIN 18800-1	
D Non précontraint	Une précontrainte n'est pas nécessaire, classes de qualité 4.6 à 10.9	Non classifié, critère de vérification indiqué	
E Précontraint	Vis à haute résistance 8.8 ou 10.9		

Tabl. 3

La force limite de glissement  $V_{g,R,d}$  est

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ si aucune force extérieure de traction n'agit sur la vis HV.}$$

$$V_{g,R,d} = \frac{\mu \cdot F_v \cdot \left(1 - \frac{N}{F_v}\right)}{(1,15 \cdot Y_M)}, \text{ si une force extérieure de traction agit sur la vis HV.}$$

$\mu$  représente le coefficient de frottement après le traitement préalable des surfaces de frottement selon DIN 18800-7

$F_v$  représente la force de précontrainte selon DIN 18800-7

$N$  représente la force extérieure de traction appliquée sur la vis

$$Y_M = 1,0$$

La vérification de pression sur les surfaces se distingue dans ce cas par l'approche selon la norme DIN 18800-1: il n'est pas possible de transmettre des résultats de calcul ou des valeurs de tableau. Un nouveau calcul selon les recommandations de la norme DIN EN 1993-1-8 est nécessaire. Dans de nombreux cas, la capacité de sollicitation selon la norme EN est supérieure à celle de la norme DIN.

La vérification du cisaillement des vis selon EN ne se distingue que légèrement, et est conçu de la même façon d'un point de vue approche théorique. Si la tige se trouve dans le joint de cisaillement, les capacités de sollicitation sont pratiquement les mêmes. Dans le cas de filetage reposant dans le joint de cisaillement, ces capacités sont identiques.

Pour les vis HV soumises à une sollicitation par traction dans l'axe longitudinal de la vis, le principe de calcul ne diffère guère de celui prévu par la norme DIN, et fournit des résultats quasi identiques.

Pour le cas simple d'assemblages sans glissement non soumis à des efforts de traction extérieurs, l'approche entre les normes DIN et EN est identique. Toutefois, il est nécessaire de mentionner une différence significative ayant une influence sur le procédé de précontrainte à utiliser.

La norme DIN EN 1993-1-8 prévoit pour les assemblages sans glissement (et uniquement pour ceux-ci) un niveau de précontrainte plus élevé que le niveau couramment appliqué pour les assemblages HR précontraints selon DIN 18800-7. La force de précontrainte doit représenter 70% de la résistance à la traction de la vis :

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

En raison des dispersions dues au frottement, ce niveau de précontrainte n'est pas garanti avec certitude par le procédé de serrage au couple. Il est nécessaire de recourir à des procédés réduisant l'influence du frottement.

vue d'augmenter la résistance à la fatigue, un niveau de force de précontrainte inférieur  $F_{p,C}^*$  est aussi admis. Ceci peut être par exemple le niveau de précontrainte selon la norme DIN 18800-7.

$$F_{p,C}^* = 0,7 f_{yb} A_s$$

Cela signifie d'une part que la force de précontrainte représente 70% de la limite d'élasticité de vis et d'autre part que les assemblages à vis précontraints selon la norme DIN EN 1993-1-8 ne sont pas précontraints d'une manière résistante au glissement. Ils peuvent l'être par la méthode de serrage au couple. Les valeurs de montage sont à lire dans la norme DIN. Elles sont représentées dans le chapitre 8.4.

## 8.4 Montage

### 8.4.1 Montage et contrôle selon DIN 18 800-7

Il est recommandé d'utiliser de préférence la méthode de serrage au couple pour obtenir la précontrainte. La force de précontrainte nominale selon le tableau 4 correspond à 70% de la limite d'élasticité de la vis par l'application d'un couple de serrage  $M_A$ .

Dimensions		Force de précontrainte nominale $F_v$ [kN] (correspond à $F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s$ )	Méthode de serrage au couple
			Couple de serrage $M_A$ à appliquer pour l'obtention de la force de précontrainte nominale $F_v$ [Nm] État de surface : galvanisé à chaud ou non revêtu <sup>a</sup> et lubrifié <sup>a</sup>
1	M12	50	100
2	M16	100	250
3	M20	160	450
4	M22	190	650
5	M24	220	800
6	M27	290	1250
7	M30	350	1650
8	M36	510	2800

<sup>a</sup> Écrous dans l'état de livraison traités par le fabricant à l'aide de sulfure de molybdène ou d'un lubrifiant de même valeur. Contrairement aux réglementations antérieures, le couple de serrage est toujours le même, indépendamment de l'état de livraison.

Tabl. 4: Précontrainte par couple de rotation

Toutefois, pour tous les assemblages à vis n'étant pas calculés avec une résistance au glissement et devant être précontraints pour d'autres raisons, par exemple en

lci, le couple de serrage est le même pour tous les états de surface des éléments d'assemblage.

Les assemblages à vis ayant été précontraints à l'aide du procédé de serrage au couple peuvent être contrôlés d'une manière simple par l'application d'un couple de serrage de 10% supérieur au couple de serrage nominal.

Dans le cas des assemblages pour lesquels une précontrainte n'est pas prévue, aucune mesure de vérification n'est exigée. Pour les assemblages pour lesquels une précontrainte est prévue, au moins 10% des garnitures du montage sont vérifiés. Dans le cas d'assemblages soumis à des sollicitations essentiellement non statiques, 5% des garnitures du montage sont vérifiés. Dans le cas d'assemblages soumis à des sollicitations essentiellement statiques lors de montages présentant moins de 20 vis, respectivement 2 ou 1 assemblages sont vérifiés. La garniture est à vérifier à l'aide d'un repère côté serrage (position de l'écrou par rapport à la tige de vis) et du côté duquel elle a été serrée.

En fonction des angles de rotation constatés lors de l'examen, procéder selon le tableau 5. Au cas où un examen fiable n'est pas possible (utilisation d'autres procédés), le serrage doit être surveillé sur au moins 10% des assemblages. Si des différences sont constatées par rapport aux prescriptions, l'ensemble du montage est à surveiller après correction.

D'autres méthodes de serrage nommées dans la norme sont le procédé par impulsion, le serrage à l'angle ou la combinaison des deux. Ces autres procédés ne sont que mentionnés car ils ne sont que rarement utilisés. Au besoin, consulter le texte de norme.

### Vérification de la précontrainte lors de forces de précontrainte standard

Angle de rotation additionnel	Interprétation	Action
< 30°	La précontrainte était suffisante	Aucune
30° à 60°	La précontrainte n'était que partiellement suffisante	Laisser la garniture et vérifier deux assemblages voisins dans le même montage
> 60°	La précontrainte n'était pas suffisante	Remplacer la garniture <sup>1</sup> et vérifier deux assemblages voisins dans le même montage

<sup>1</sup> Uniquement dans le cas d'assemblages SILV ou SILVP soumis à une sollicitation essentiellement statique et sans sollicitation par traction additionnelle, ces éléments d'assemblage vérifiés peuvent être laissés dans la construction.

Tabl. 5

### 8.4.2 Montage selon DIN EN 1090-2

Pour tous les assemblages précontraints n'ayant pas été calculés pour résister au glissement, la précontrainte est utilisable sur 70% de la limite d'élasticité de vis. La méthode de serrage au couple selon DIN 18800-7 est conforme et peut être appliquée sans restriction à la norme EN. Dans le cas d'assemblages calculés pour résister au glissement, une précontrainte est définie selon DIN EN 1993-1-8 :

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

Ceci rend l'utilisation d'autres procédés nécessaire, le procédé combiné paraissant ici applicable. Les assemblages sont soumis à un couple de préserrage préconisé par le fabricant de vis ou pouvant être estimé à :

$$M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$$

Ensuite, les assemblages sont serrés selon des valeurs d'angles de rotation stipulées dans la norme. Le tableau 6 indique les paramètres de serrage à appliquer pour le procédé combiné selon DIN EN 1090-2.

### 8.5 Remarques particulières lors de l'utilisation de garnitures HV

- Vis, écrous et rondelles HV doivent être protégées contre la corrosion durant le stockage.
- Lors de la mise sous précontrainte par rotation de la tête de vis, effectuer une lubrification appropriée sur la tête de vis et réaliser un examen de procédé.
- Si une garniture est desserrée ultérieurement elle doit être remplacée par une nouvelle garniture.
- Après le serrage, le filetage de vis doit en règle générale dépasser de l'écrou au minimum d'une fois le pas.
- En vue de compenser la longueur de serrage, la pose maximum de 3 rondelles d'une épaisseur totale de 12 mm est admise du côté de la garniture non vissée.

Procédé combiné								
Dimensions	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Force de précontrainte $F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$ [kN]	59	110	172	212	247	321	393	572
Couple de préserrage $M_A$ [Nm] <sup>1)</sup>	75	190	340	490	600	940	1240	2100
Angle de rotation ou rotation additionnelle pour épaisseur de serrage $\Sigma t$								
	Épaisseur «t» des pièces à assembler (y compris toutes les parois de garniture et les rondelles) d = diamètre de vis		Angle de rotation			Mesure de rotation additionnelle		
1	t < 2d		60			1/6		
2	2d ≤ t ≤ 6d		90			1/4		
3	6d ≤ t ≤ 10d		120			1/3		
Remarque : Si la surface sous la tête de vis ou de l'écrou (avec prise en considération des rondelles de calage posées le cas échéant) n'est pas perpendiculaire à l'axe de vis, l'angle de rotation additionnel nécessaire devrait être déterminé par des essais.								
<sup>1)</sup> Exemple de recommandation de la part du fabricant								

Tabl. 6: Précontrainte à l'aide du procédé combiné

## 9. VISSAGES DIRECTS DANS LES MATIÈRES PLASTIQUES ET LES MÉTAUX

### 9.1 Vissage direct dans les matières plastiques

L'utilisation des matières thermoplastiques dans le domaine industriel se développe constamment; notamment grâce à l'augmentation des domaines d'application.

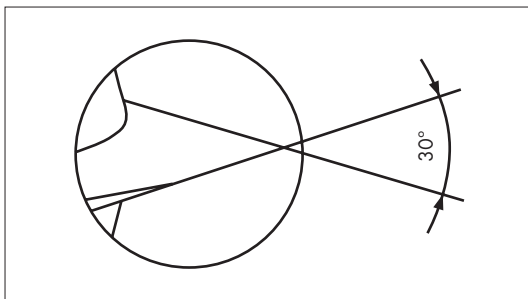
En effet, les avantages sont multiples; la réduction de poids, l'augmentation de la résistance aux agressions environnementales et les possibilités de recyclage.

Le vissage direct de vis autoformeuses en métal dans des matières thermoplastiques offre des nombreux avantages par rapport à d'autres techniques de fixation: montage rapide et économique, plusieurs vissages/dévisagements possibles, et coût d'approvisionnement économique. Les éléments de fixation spécialement conçus pour le vissage dans des matières thermoplastiques sont caractérisés par un angle de filetage réduit et un pas plus important. Ceci augmente la qualité et la sécurité de l'assemblage.

Avec la gamme de produits WÜPLAST®, Würth Industrie France propose à ses clients, un assortiment complet et disponible de vis autoformeuses pour le vissage dans les matières thermoplastiques. La fabrication de plus de 150 dimensions différentes est réalisée selon les standards du domaine automobile.

#### Géométrie de filetage

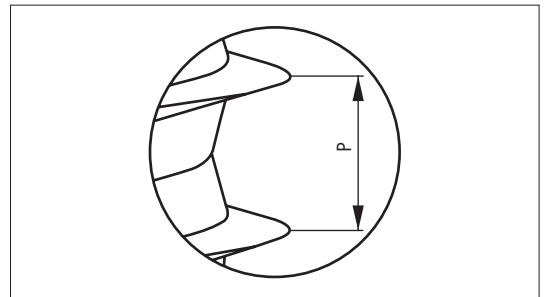
##### Filetage à 30°



- Réduction des tensions radiales  
Possibilité d'utiliser des bossages à faible épaisseur de parois, réduction du coût et du volume matière/poids  
Pas de détérioration du bossage

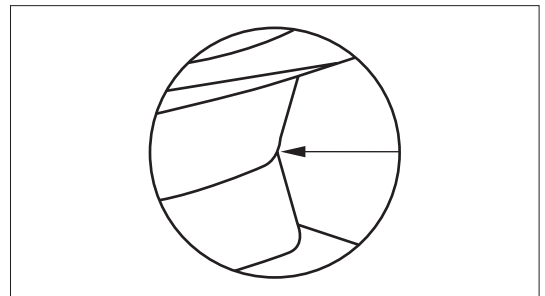
- Taux de recouvrement important entre le filetage et la matière. La résistance à l'arrachement élevée garantit la fiabilité du process et la sécurité de l'assemblage.

#### Pas du filetage optimisé



- Meilleur ancrage des filets  
Réduit considérablement le risque de desserage
- Limite la déformation du bossage  
Permet une tension importante dans l'assemblage

#### Fond de filet optimisé

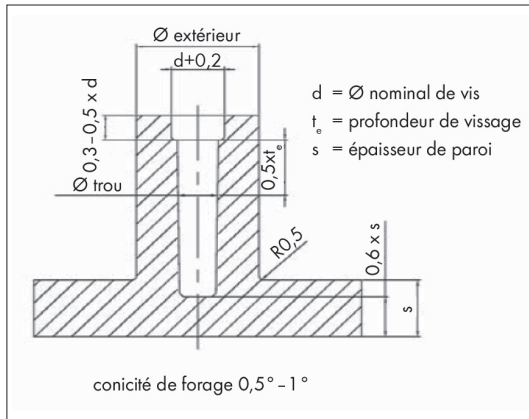


- Refoulement optimal de la matière  
Pas de détérioration de la matière  
sécurité de l'assemblage augmentée
- Couples de serrage réduits  
L'important écart entre le couple de vissage et le couple de ruine augmente la sécurité de l'assemblage

La combinaison des caractéristiques permet une fixation fiable même en cas de vissage/dévisage multiples des vis WÜPLAST®.



## Conception du bossage :



## Conception :

Les caractéristiques des vis WÜPLAST® permettent l'utilisation de bossages à faible épaisseur de paroi.

Lamage à l'entrée de l'alésage :

Le diamètre augmenté réduit le phénomène de déformation par contrainte à l'entrée de l'alésage et par conséquent le risque d'éclatement du bossage.

En outre, il constitue un guide, facilitant la mise en place de la vis.

La géométrie du bossage doit être adaptée en fonction de la nature du matériau.

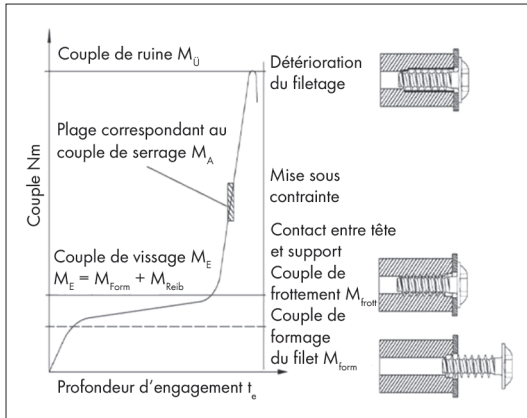
Matériau		Ø de trou mm	Ø extérieur mm	Profondeur de vissage recommandée mm e
ABS	acrylonitrile/butadiène/styrène	0,8x d	2x d	2x d
ASA	acrylonitrile/styrène/ester acrylique	0,78x d	2x d	2x d
PA 4.6	polyamide	0,73x d	1,85x d	1,8x d
PA 4.6-GF30	polyamide	0,78x d	1,85x d	1,8x d
PA 6	polyamide	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6-GF30	polyamide	0,8x d	2x d	1,8x d
PA 6.6	polyamide	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PA 6.6-GF30	polyamide	0,82x d	2x d	1,8x d
PA 30GV	polyamide	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PBT	polybutylène téréphthalate	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PBT-GF30	polybutylène téréphthalate	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PC	polycarbonate	0,85x d	2,5x d	2,2x d*
PC-GF30	polycarbonate	0,85x d	2,2x d	2,2x d*
PE (tendre)	polyéthylène	0,7x d	2x d	2x d
PE (dur)	polyéthylène	0,75x d	1,8x d	1,8x d
PET	polyéthylène téréphthalate	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PET-GF30	polyéthylène téréphthalate	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PETP	polyéthylène téréphthalate	0,75x d	1,85x d	1,7x d
PETP 30GV	polyéthylène téréphthalate	0,8x d	1,8x d	1,7x d
PMMA	polyméthyl-métaacrylate	0,85x d	2x d	2x d
POM	polyoxyméthylène	0,75x d	1,95x d	2x d
PP	polypropylène	0,7x d	2x d	2x d
PP-TV20	polypropylène	0,72x d	2x d	2x d
PPO	oxyde polyphényle	0,85x d	2,5x d	2,2x d**
PS	polystyrène	0,8x d	2x d	2x d
PVC (dur)	polyvinyle chlorure	0,8x d	2x d	2x d
SAN	styrène/acrylonitrile	0,77x d	2x d	1,9x d

\* Test TnP

\*\* Test TnBP matériaux sensibles aux fissures de contrainte

## Recommandations de mise en oeuvre

Représentation des différentes phases d'un vissage



### Couple de serrage :

Pour garantir un processus de vissage sécurisé, il est impératif d'avoir un écart important entre le couple de serrage et le couple de ruine. La formule ci dessous permet un calcul théorique du couple de serrage:

$$M_A = M_E + 1/3 \dots 1/2 (M_0 - M_E)$$

Les couples de vissage et de ruine doivent être déterminés par essais.

Pour garantir la sécurité des vissages dans les matières thermoplastiques, il est nécessaire d'utiliser des visseuses asservies au couple et à l'angle. La vitesse de vissage doit se situer entre 300 tours/min et 800 tours/min.

Une vitesse plus importante provoque un échauffement du support et une réduction du couple de ruine avec comme conséquence une détérioration du bossage.

Les caractéristiques du bossage, ainsi que le couple deserrage doivent être validés par des essais pratiques sur le produit fini.

## 9.2 Vissage direct dans les métaux

Les vis autoformeuses pour métaux sont des vis taraudeuses présentant un filetage métrique ou tôle. Le terme «vis autoformeuses» englobe tous les types de vis formant un taraudage sans copeau. Elles peuvent être employées dans les métaux ductiles tels que l'acier, ou des matériaux de construction allant jusqu'à 140 HV10. Elles peuvent

aussi être sollicitées jusqu'à une résistance à la traction de 450 Mpa.

### 9.2.1 Vis autoformeuses métriques

Ces vis sont utilisées dans les trous de passage et très souvent dans les avant-trous coulés (aluminium ou moulage sous pression de zinc).

La norme DIN 7500 est la plus ancienne et la plus répandue. Elle définit le filetage et les conditions techniques de livraison. Toutefois des vis optimisées telles que les Taptite, Duo-Taptite ou Taptite 2000 occupent une partie importante du marché.

Lors du vissage, les vis forment un filetage métrique sans enlèvement de copeaux, dans lequel une vis métrique standard peut être vissée. En règle générale ces vis sont cémentées trempées, ce qui permet d'avoir une dureté élevée en surface et tendre à coeur tout en gardant une bonne tenacité.

En vue de faciliter le taraudage, les sections des vis possèdent une forme trilobulaire sur toute la longueur ou uniquement à l'extrémité des vis.

Pour l'engagement dans l'avant-trou, l'extrémité du filetage est conique sur une longueur max. de  $4 \times P$  selon la norme DIN 7500.

Le pas de vis inférieur à celui des vis à tôle et le recouvrement élevé du filetage confèrent aux vis une certaine sécurité contre le desserrage.

### 9.2.2 Assemblages par vis autoformeuses selon DIN 7500 (type 1 et 2)

Le diamètre optimal des avant-trous est à déterminer par essais. Les deux tableaux suivants donnent des recommandations à titre indicatif.

**Type 1:** Avant-trous recommandés pour les matériaux déformables à froid en fonction de la longueur du vissage

Filetage d	M3			M4			M5			M6		
	Ø d'avant trou (tolérance H11)											
Épaisseur du support, s	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu
1,0		2,7										
1,2		2,7										
1,5		2,7			3,6			4,5				
1,6		2,7			3,6			4,5				
1,7		2,7			3,6			4,5				
1,8	2,75	2,7			3,6			4,5				
2,0	2,75	2,7	2,7		3,6			4,5			5,4	
2,2		2,75			3,6			4,5			5,4	
2,5		2,75		3,65	3,6	3,6		4,5			5,4	
3,0		2,75		3,65	3,6	3,6		4,5			5,45	
3,2		2,75		3,65	3,6	3,6	4,55	4,5	4,5		5,45	
3,5		2,75			3,6			4,55			5,45	
4,0		2,75			3,6			4,55		5,5	5,45	5,45
5,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6		5,5	5,45	5,45
5,5		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,0		2,75		3,7	3,65	3,65		4,6			5,5	
6,3		2,75						4,65			5,5	
6,5		2,75						4,65			5,5	
7,0		2,75						4,65		5,55	5,5	5,5
7,5								4,65		5,55	5,5	5,5
8 à ≤ 10								4,65			5,55	
>10 à ≤ 12												
>12 à ≤ 15												

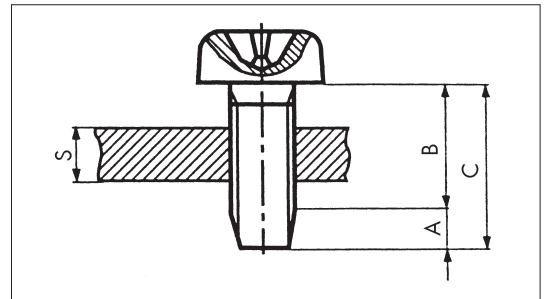
**Type 2:** Avant-trous recommandés pour les matériaux ductiles

Filetage d	M5			M6			M8		
	Ø d'avant trou (tolérance H11)								
Épaisseur du support, s	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu
1,0									
1,2									
1,5	4,5	4,5	4,5						
1,6	4,5	4,5	4,5						
1,7	4,5	4,5	4,5						
1,8	4,5	4,5	4,5						
2,0	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4			
2,2	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
2,5	4,5	4,5	4,5	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25
3,0	4,5	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
3,2	4,55	4,5	4,5	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
3,5	4,55	4,55	4,55	5,45	5,45	5,45	7,25	7,25	7,25
4,0	4,55	4,55	4,55	5,5	5,45	5,45	7,3	7,3	7,3
5,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,45	5,45	7,4	7,3	7,3
5,5	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3

Filetage d	M5			M6			M8		
Épaisseur du support, s	Ø d'avant trou (tolérance H11)								
	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu	Ac	Al	Cu
6,0	4,6	4,6	4,6	5,5	5,5	5,5	7,4	7,3	7,3
6,3	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
6,5	4,65	4,65	4,65	5,5	5,5	5,5	7,4	7,35	7,35
7,0	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
7,5	4,65	4,65	4,65	5,55	5,5	5,5	7,5	7,4	7,4
8 à <= 10	4,65	4,65	4,65	5,55	5,55	5,55	7,5	7,4	7,4
>10 à <=12							7,5	7,5	7,5
>12 à <=15							7,5	7,5	7,5

### 9.2.3 Vissages directs dans les métaux avec vis autoformeuses selon DIN 7500

Lors du vissage, les vis DIN 7500 forment elles-mêmes leur taraudage sans enlèvement de copeaux par une déformation plastique du matériau de base (acier, dureté HB max. 135, métaux légers, métaux non-ferreux). Les vis en inox A2 ne peuvent être vissées que dans des métaux légers.



#### Propriétés de résistance, géométrie de l'avant-trou

Lors du choix de la longueur de vis, il est important de tenir compte de la partie conique non utile à l'extrémité de la vis. Pour les matériaux plus durs, les diamètres de trou sont à déterminer de manière expérimentale.

- A = max. 4 P
- B = longueur de filetage utile
- C = longueur totale, tolérance js 16
- s = épaisseur du support

Fig. AB

Indications techniques	Diamètre nominal de filetage								
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	
Pas de vis P [mm]	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25	
Couple de serrage max.	env. 80% du couple de rupture								
Couple de rupture min. [Nm]	0,5	1	1,5	2,3	3,4	7,1	12	29	
Force de traction min. [kN]	1,7	2,7	4	5,4	7	11,4	16	29	
Épaisseur du support, s [mm]	Diamètre d'avant-trou d – H11 pour acier, dureté HB max. 135 ; percé ou estampé								
2 et inférieur	1,8	2,25	2,7	3,15	3,6	4,5	5,4	7,25	
4,0	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,5	5,45	7,3	
6,0		2,35	2,8	3,25	3,7	4,6	5,5	7,35	
8,0				3,3	3,75	4,65	5,55	7,4	
10,0						4,7	5,6	7,45	
12,0							5,65	7,5	
14,0								7,5	
16,0								7,55	

## Avant-trous pour pièces moulées

Toutes les recommandations doivent toujours être vérifiées par des essais pratiques de montage.

### Généralités

$t_1$  [mm]: zone supérieure du trou, avec une conicité élevée apportant les avantages suivants: opération de moulage facilitée, bossage renforcé, meilleur centrage de la vis, refoulement de matière évité sous la tête de vis.

$t_2/t_3$  [mm]: profondeur utile de l'avant-trou, conicité (angle  $\alpha$  1° max).

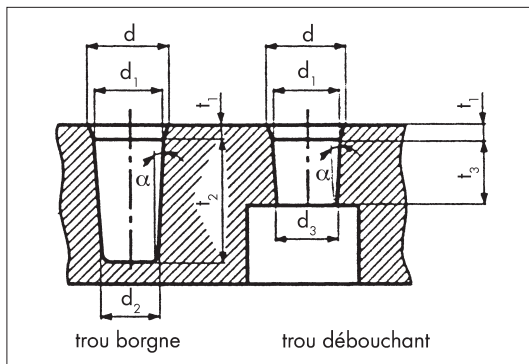


Fig. AC

Diamètre nominal du filetage	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
dH12 [mm]	2,7	3,2	3,7	4,3	5,3	6,4	8,4
$d_1$ [mm]	2,36	2,86	3,32	3,78	4,77	5,69	7,63
$d_2$ [mm]	2,2	2,67	3,11	3,54	4,5	5,37	7,24
$d_3$ [mm]	2,27	2,76	3,23	3,64	4,6	5,48	7,35
Tolérances pour $d_1, d_2, d_3$ en [mm]	+0 -0,06	+0 -0,06	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,075	+0 -0,09
$t_1$ [mm]	variable, minimum 1x pas de vis P						
$t_2$ [mm]	5,3	6	6,9	7,8	9,2	11	14
Tolérances pour $t_2$ en [mm]	+0,2 -0,0	+0,2 -0,0	+0,6 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0	+0,5 -0,0
$t_3$ [mm]	2,5	3	3,5	4	5	6	8

## **9.3 Vis à tôle**

### **9.3.1 Assemblages par vis à tôle**

Les exemples suivants concernent les assemblages par vis à tôle avec filetage selon DIN EN ISO 1478. Les vis à tôle de forme C avec bout pointu sont les plus couramment utilisées, notamment dans le cas de vissage de plusieurs tôles, ou un décalage de trous est fréquent.

#### **Valeur minimale de l'épaisseur totale des tôles à visser**

L'épaisseur de tôle des pièces à visser doit être supérieure au pas du filetage de la vis sélectionnée, de manière à garantir le bon assemblage des éléments entre eux et permettre l'application du couple de serrage optimal. Si cette condition n'est pas remplie, il est nécessaire de réaliser un vissage selon les cas de figure 3 à 6 ci-après.

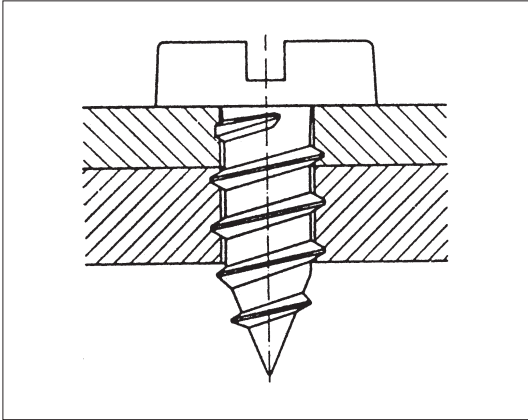


Fig. 1: Vissage simple (deux avant-trous)

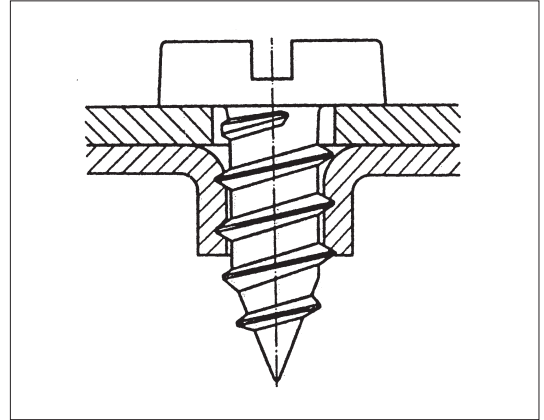


Fig. 4: Avant-trou estampé (tôles minces)

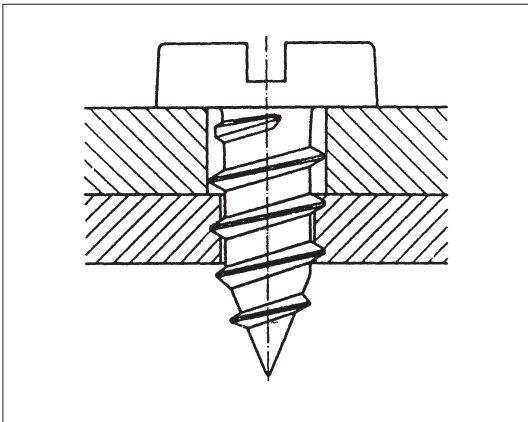


Fig. 2: Vissage simple avec trou de passage

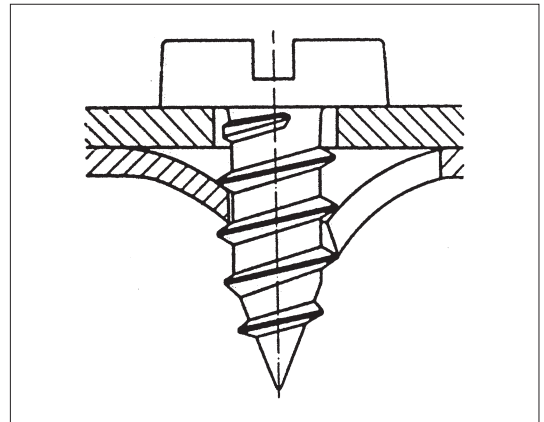


Fig. 5: Vissage par pression

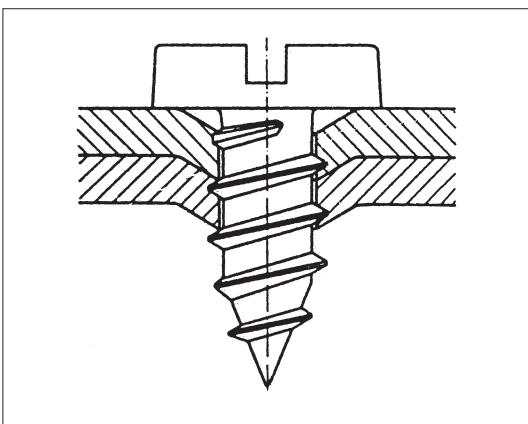


Fig. 3: Avant-trou mandriné (tôles minces)

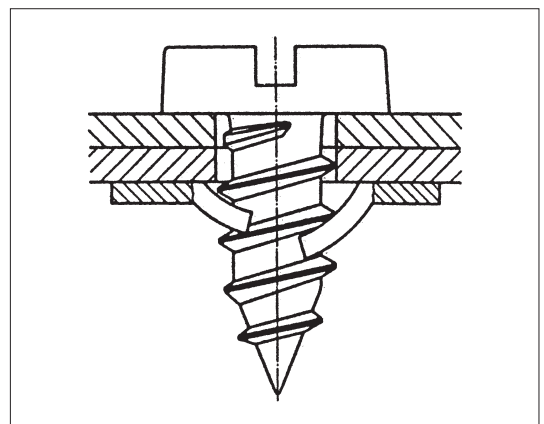


Fig. 6: Vissage avec écrou ressort

## Diamètres d'avant-trou

Les diamètres d'avant-trou indiqués dans les tableaux suivants s'appliquent dans les conditions ci-dessous :

- assemblage simple par vis à tôle conformément à la figure 2.
- avant-trou percé
- vis à tôle trempée
- couple de serrage  $\leq 0,5$  x couple minimum de rupture
- vissage uniquement dans l'axe de l'estampage
- les trous estampés peuvent éventuellement être augmentés de 0,1 - 0,3 mm

Pour d'autres matériaux de vis ou de tôle, il convient d'effectuer des essais préalables.

## Valeurs indicatives pour les diamètres d'avant-trou

Épaisseur de tôle s	Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 2,2								
	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
0,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9

Épaisseur de tôle s	Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 2,9								
	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5
1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5

Épaisseur de tôle s	Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 3,5								
	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0
2,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1

Épaisseur de tôle s	Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 3,9								
	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1
1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2
1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3
1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
1,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

Épaisseur de tôle s	Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 4,2								
	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,4	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4
1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4
1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4
1,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5
1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5
2,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5
2,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6
2,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
2,8	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
3,0	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
3,5	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7



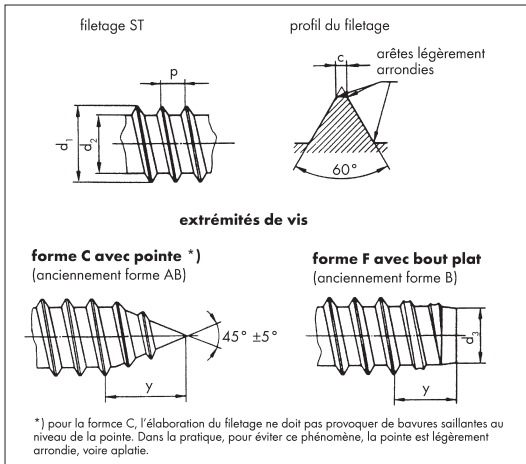
		Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 4,8								
Épaisseur de tôle $s$	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	
1,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	
1,8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0	
1,9	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	
2,0	3,6	3,6	3,6	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	
2,2	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	
2,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	
2,8	3,6	3,8	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	
3,0	3,7	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	
3,5	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	
4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	

		Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 8								
Épaisseur de tôle $s$	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
2,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	
2,2	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,9	7,0	
2,5	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1	
2,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	
3,0	6,3	6,5	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	
3,5	6,4	6,8	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	
4,0	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	
4,5	6,8	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4	
5,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	
5,5	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	
6,5	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	

		Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 5,5								
Épaisseur de tôle $s$	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	
1,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	
2,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	
2,5	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	
2,8	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	
3,0	4,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9	
3,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	
4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	
4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0	

		Diamètre d'avant-trou $d_b$ pour filetages de taille ST 6,3								
Épaisseur de tôle $s$	Résistance du matériau $R_m$ N/mm <sup>2</sup>									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
1,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4	
1,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	
2,0	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	
2,2	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	
2,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6	
2,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	
3,0	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	
3,5	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	
4,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	
4,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	
5,0	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	

### 9.3.2 Filetage des vis à tôle



Les dimensions des vis à tôle tels que le pas de vis et le diamètre, sont représentés dans le tableau 48 pour les vis ST 1,5 à ST 9,5.

Taille de filetage		ST 1,5	ST 1,9	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5
P	≈	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,3
d <sup>1</sup>	max.	1,52	1,90	2,24	2,57	2,90	3,30	3,53
	min.	1,38	1,76	2,1	2,43	2,76	3,12	3,35
d <sub>2</sub>	max.	0,91	1,24	1,63	1,90	2,18	2,39	2,64
	min.	0,84	1,17	1,52	1,80	2,08	2,29	2,51
d <sub>3</sub>	max.	0,79	1,12	1,47	1,73	2,01	2,21	2,41
	min.	0,69	1,02	1,37	1,60	1,88	2,08	2,26
c	max.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
y	forme C	1,4	1,6	2	2,3	2,6	3	3,2
	forme F	1,1	1,2	1,6	1,8	2,1	2,5	2,5
numéro <sup>2)</sup>		0	1	2	3	4	5	6

Dimensions du filetage des vis à tôle

Taille de filetage		ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
P	≈	1,3	1,4	1,6	1,8	1,8	2,1	2,1
d <sup>1</sup>	max.	3,91	4,22	4,8	5,46	6,25	8	9,65
	min.	3,73	4,04	4,62	5,28	6,03	7,78	9,43
d <sub>2</sub>	max.	2,92	3,10	3,58	4,17	4,88	6,20	7,85
	min.	2,77	2,95	3,43	3,99	4,70	5,99	7,59
d <sub>3</sub>	max.	2,67	2,84	3,30	3,86	4,55	5,84	7,44
	min.	2,51	2,69	3,12	3,68	4,34	5,64	7,24
c	max.	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
y	forme C	3,5	3,7	4,3	5	6	6,5	8
	forme F	2,7	2,8	3,2	3,6	3,6	4,2	4,2
numéro <sup>2)</sup>		7	8	10	12	14	16	20

<sup>1)</sup> Longueur du filetage incomplet

<sup>2)</sup> Uniquement à titre d'information

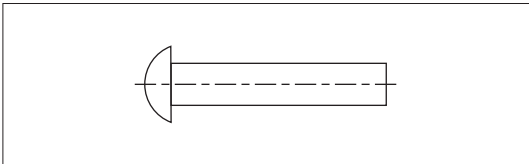
## 10. TECHNIQUE DE RIVETAGE

### 10.1 Types de rivets

#### 10.1.1 Rivet plein

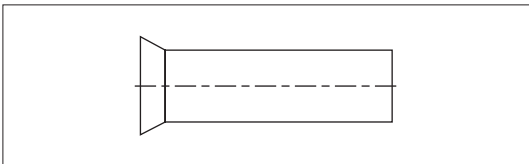
Les rivets pleins sont de moins en moins utilisés. Ils sont très souvent remplacés par le soudage ou le collage.

La forme de tête la plus courante est la tête ronde (DIN 660 (jusqu'à 8 mm), DIN 124 (à partir de 10 mm)), ce type de rivets est encore occasionnellement employé dans la construction métallique. Cependant, dans ce domaine, le rivetage est très souvent remplacé par le vissage avec éléments HR.



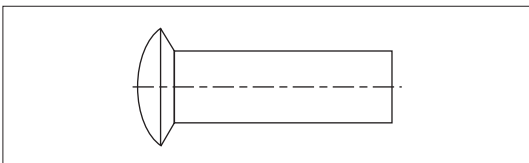
Tête ronde

Les rivets à tête fraisée (DIN 661 (jusqu'à 8 mm), DIN 302 (à partir de 10 mm)) sont employés partout où la tête de rivet doit être affleurante. Cependant, l'assemblage présente une capacité de sollicitation moins élevée.



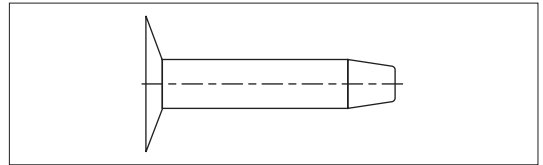
Tête fraisée

Les rivets à tête fraisée bombée (DIN 662) sont encore employés pour la construction de marches d'escalier, de lieux de passage et de passerelles devant garantir une sécurité aux usagers.



Tête fraisée bombée

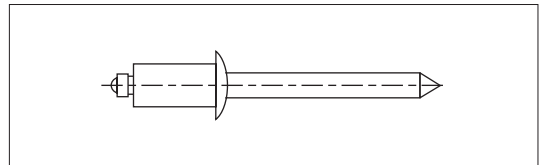
Les rivets à tête fraisée large (DIN 675) sont employés très souvent dans l'assemblage de matériaux tendres tels que le cuir, le feutre, le caoutchouc (aucun déchirement) en raison de leur grand angle de la tête de 140°.



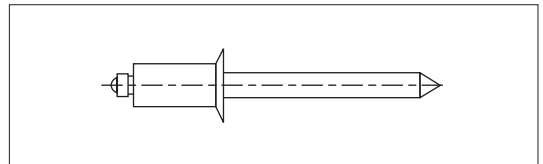
Rivet à tête fraisée large

#### 10.1.2 Rivets aveugles

Contrairement aux rivets pleins, les rivets aveugles sont largement utilisés. Ce type de rivet a connu un énorme essor au cours de la dernière décennie, grâce à leur facilité de mise en œuvre.



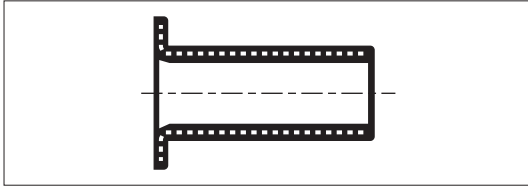
Rivet aveugle à tête plate



Rivet aveugle à tête fraisée

#### 10.1.3 Rivet tubulaire

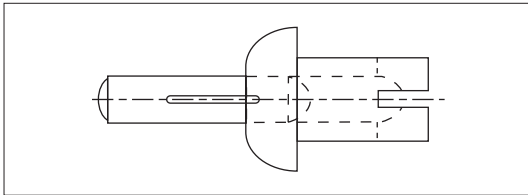
Les rivets tubulaires (DIN 7339 (par emboutissage), 7340 (à partir d'un tube)) sont des manchons cylindriques possédant à une extrémité un bord aplati. L'autre extrémité est rabattue lors du montage à l'aide d'un outil spécial. Ce type de rivet est fréquemment utilisé pour l'assemblage de pièces métalliques avec des matériaux fragiles (cuir, carton, matières synthétiques), dans l'électronique et dans l'industrie du jouet. Un autre avantage de ces rivets est la possibilité de faire traverser des cables.



Rivet tubulaire en une pièce

### 10.1.4 Rivet à expansion

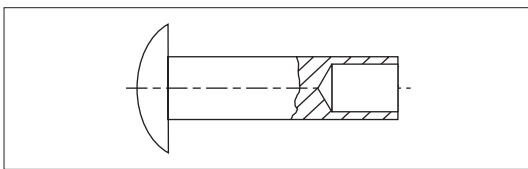
Rivets à expansion (rivets au marteau). Pour ces rivets, un outil spécial n'est pas nécessaire. Une goupille cannelée ou un mandrin expansible rainuré sont enfoncés dans le corps creux à l'aide d'un marteau. Cette méthode permet un rivetage solide présentant de bonnes propriétés contre les vibrations.



Rivet à expansion

### 10.1.5 Rivet semi-tubulaire

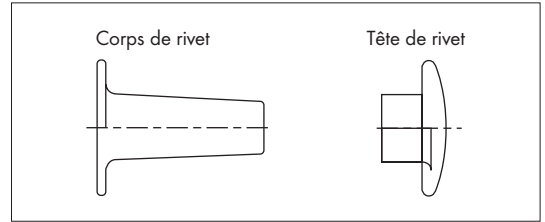
Ce type de rivet (DIN 6791 et DIN 6792) se distingue par le fait que seule l'extrémité du rivet doit être déformée.



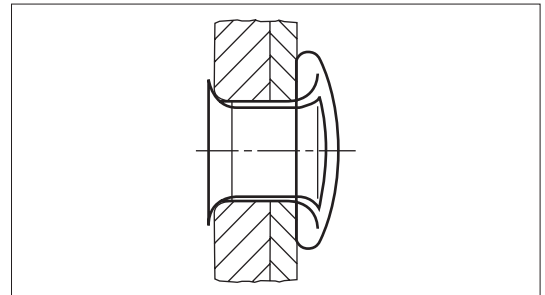
Tête bombée  
Rivet semi-tubulaire

### 10.1.6 Rivet creux en deux parties

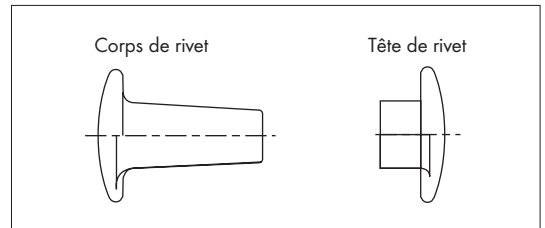
Ce type de rivet est très fréquemment utilisé pour des fins subordonnées. On fait une distinction selon la forme du corps de rivet :



Forme A, corps de rivet ouvert



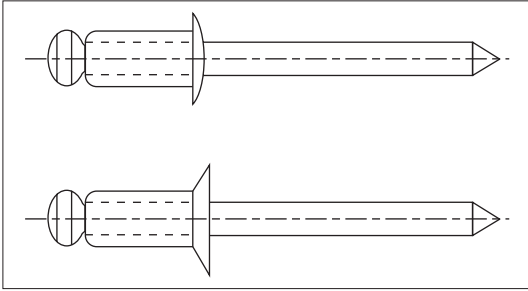
Monté



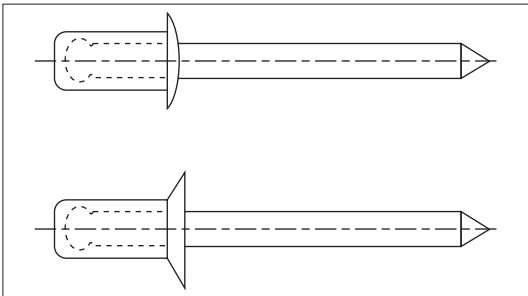
Forme B, corps de rivet fermé

### 10.1.7 Rivet à rupture de tige (aveugle)

Ce type de rivet est largement utilisé particulièrement pour l'assemblage de tôles minces, ou pour des constructions en profilés creux. L'avantage majeur de ce rivet est qu'il est monté d'un seul côté, d'où l'appellation « rivet aveugle ». Il se compose d'un corps de rivet et d'un mandrin. En général, on distingue deux types : les rivets aveugles ouverts et les étanches (rivets aveugles à fût fermé). Ces derniers s'emploient pour la fabrication d'assemblages résistants aux projections d'eau.



Rivet aveugle ouvert (forme standard)

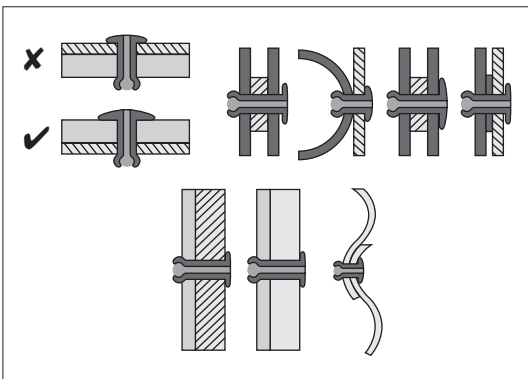


Rivet aveugle étanche (rivet borgne à fût fermé)

## 10.2 Conseils de mise en oeuvre

### 10.2.1 Assemblage de matériaux durs et de matériaux tendres

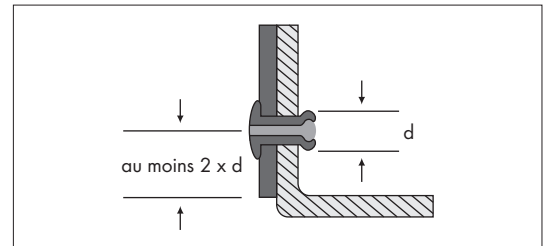
Les pièces dures et les pièces tendres sont souvent assemblées à l'aide d'une rondelle additionnelle placée sous la tête du rivet du côté du matériau tendre. Néanmoins, une autre méthode consiste à utiliser un rivet à tête large également placée contre le matériau tendre.



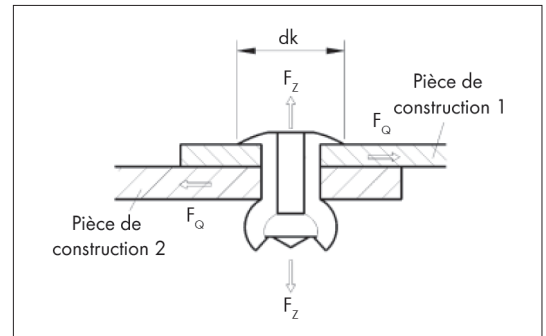
Pour ce cas d'application, il est recommandé d'utiliser des rivets aveugles éclatés, des rivets aveugles à tige striée, des rivets étoilés.

### 10.2.2 Distance au bord

Afin d'obtenir la meilleure résistance possible pour l'assemblage, l'écartement de l'axe médian du rivet jusqu'au bord de la pièce ne doit pas être inférieur au double du diamètre du corps du rivet.



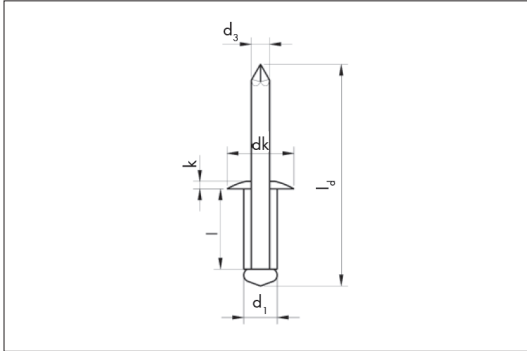
## 10.3 Définitions et caractéristiques mécaniques



$d_k$  diamètre de tête

$F_z$  force de traction agissant sur le corps du rivet

$F_Q$  effort de cisaillement agissant sur le corps du rivet



- $d_1$  diamètre du corps du rivet
- $d_3$  diamètre du mandrin
- $d_k$  diamètre de la tête
- $l$  longueur du corps du rivet
- $l_d$  longueur du mandrin
- $k$  hauteur de la tête

#### 10.4 Mise en place des rivets aveugles

La tige du rivet est introduite dans le nez de pose de l'outil puis le corps est inséré dans le logement. Lors de l'actionnement de l'outil, les mors de serrage saisissent le mandrin et le tirent vers l'outil. (figure 1)

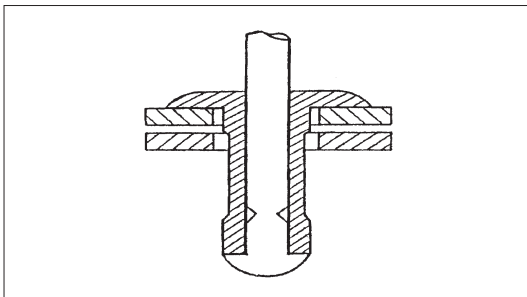


Figure 1

Lors de la traction, la tête du mandrin commence à déformer le corps et entraîne simultanément des tôles à assembler (Figure 2).

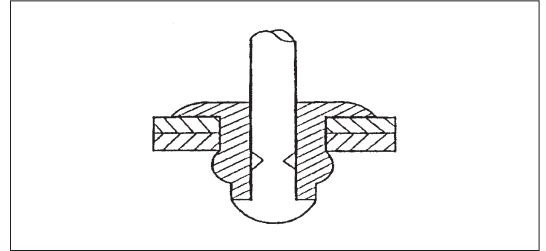


Figure 2

À l'intérieur du perçage, le corps s'expande contre la paroi et il se crée une déformation appelée «bourrelet». Le mandrin se rompt au niveau de la zone de rupture déterminée préalablement, tandis que la partie du mandrin restant dans le rivet est généralement prisonnier du corps du rivet. (Figure 2)

L'assemblage est définitivement riveté et ne nécessite pas de traitement ultérieur. (Figure 3)

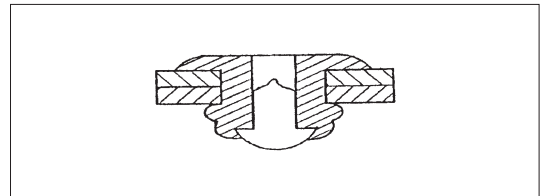
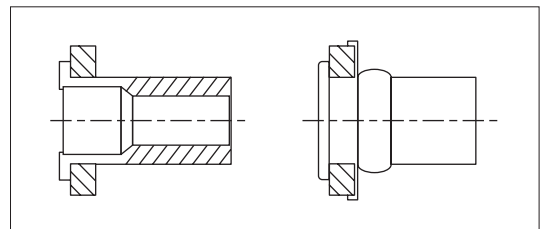


Figure 3

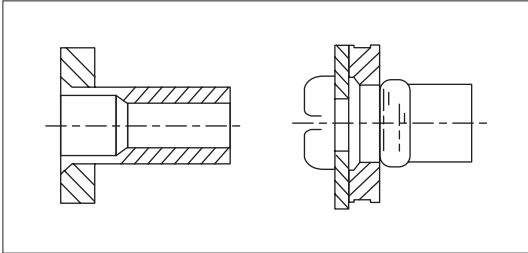
#### 10.5 Insert taraudé

Ces inserts sont principalement utilisés pour des corps creux, car ils sont basés, sur le principe du montage en aveugle. La plage d'utilisation se situe entre 0,5-7,5 mm.



Insert taraudé à tête plate

Les inserts taraudés combinent deux fonctions : l'assemblage par sertissage et l'assemblage par vissage.



Insert tarudé à tête fraisée

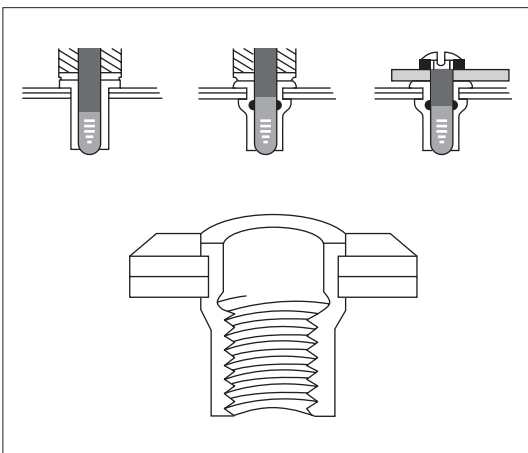
Ceci donne avant tout la possibilité d'assembler par vissage des éléments de construction à parois relativement minces.

### 10.5.1 Pose d'inserts tarudés

La pose d'inserts tarudés s'effectue de manière similaire à celle des rivets aveugles.

L'insert tarudé est vissé sur le mandrin fileté de l'outil de pose.

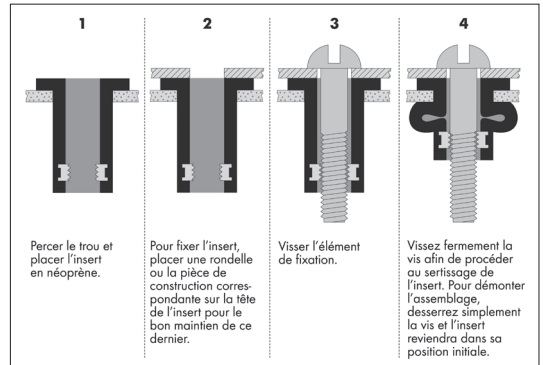
Ensuite, l'insert est introduit dans le perçage prévu à cet effet. Lors de l'actionnement de l'outil, le mandrin fileté est tiré vers l'outil. Sous l'effet de la traction, le mandrin fileté commence à former un bourrelet, ce qui entraîne en même temps une forte pression entre les pièces à assembler pour les plaquer l'une contre l'autre.



### 10.5.2 Variantes spécifiques d'inserts tarudés

#### Insert tarudé en néoprène

Assemblage riveté démontable permettant l'isolation électrique, avec fonction anti-vibrations et anti-bruits, pour la fixation de pièces en métal et en matière synthétique.



Détail d'une mise en place

Exécution : tête plate.

Matière : corps de l'insert en néoprène (EPDM) avec insert tarudé en laiton.

Dureté : 60 Shore.

Avantages : application dans des trous borgnes ou découchants.

Double fonction comme support de fixation tarudé ou comme chevillage.

Assemblage étanche à l'air et à l'humidité. Idéal pour des matériaux de différentes nature.

Températures d'utilisation admissibles : -30°C à +80°C.

Résistant à l'ozone.

#### Domaines d'application :

Construction électronique, automobile, technique, remorques, climatique et technique du froid, technique agricole et dans le domaine de la signalisation.

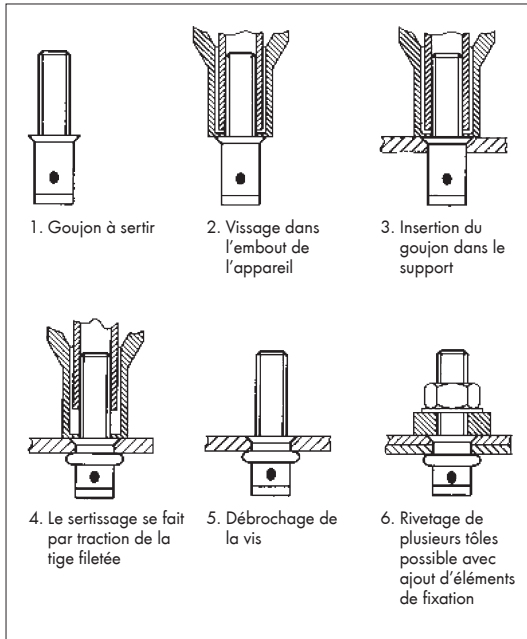
### 10.6 Goujon à sertir

Le montage de goujons à sertir s'effectue d'une manière similaire à celle des inserts tarudés. Le goujon à sertir est vissé dans la douille fileté de l'outil de pose. Ensuite, il est introduit dans le trou prévu à cet effet dans le support.

Lors de la pose, la douille fileté est tirée vers l'outil. Sous l'effet de la traction, le mandrin fileté commence à défor-

mer le corps, ce qui entraîne une forte pression entre les pièces à assembler, pour les plaquer l'une contre l'autre.

Ce type d'assemblage offre un filetage de haute résistance dans des matériaux à parois minces.



Processus de préparation

## 10.7 Résolution de problèmes

### 10.7.1 La plage de sertissage est trop grande :

- Le mandrin ne se rompt pas à l'endroit de rupture théorique ; il se peut donc que le mandrin dépasse du corps du rivet après le montage.
- L'assemblage ne présente que peu ou pas du tout de résistance à la traction ou au cisaillement.

### 10.7.2 La plage de sertissage est trop petite :

- Les valeurs cataloguées de résistance à la traction et au cisaillement ne sont pas garanties.
- Le mandrin de rivet se rompt certes à l'endroit de rupture théorique, mais la déformation du corps n'est pas optimale.

### 10.7.3 Perçage trop grand :

- Le rivet peut certes être introduit, mais on n'obtient pas une résistance élevée de l'assemblage, car l'expansion du corps n'est pas suffisante pour remplir le trou.

### 10.7.4 Perçage trop petit :

- Le corps de rivet ne peut pas être introduit dans le support, car le diamètre du corps est supérieur à celui du trou de passage.

D'autres erreurs de montage peuvent survenir notamment en raison de mauvais choix du nez de pose.

## 10.8 Définitions

### 10.8.1 Rivet aveugle à fût fermé :

Également appelé rivet aveugle étanche. Le corps du rivet aveugle est fermé à son extrémité autour de la tête du mandrin afin d'obtenir une bonne résistance aux projections d'eau par rapport aux rivets aveugles ouverts.

### 10.8.2 Plage de sertissage :

Plage dimensionnelle dans laquelle un rivet aveugle remplit parfaitement son rôle, pour une longueur de corps définie.

La plage de sertissage est constituée de la somme de toutes les pièces de construction à assembler.

### 10.8.3 Rivet aveugle multi-épaisseurs :

Rivet aveugle combinant plusieurs plages de sertissage en un seul rivet (plage de serrage jusqu'à 20 mm possible).

### 10.8.4 Diamètre de douille de rivet :

Diamètre extérieur de la douille de rivet. Couramment appelée diamètre du corps du rivet.

### 10.8.5 Longueur du corps du rivet :

Dans le cas d'un rivet à tête plate (ou cylindrique), il s'agit de la distance entre le dessous de la tête et l'extrémité du rivet (hors mandrin).

Dans le cas d'un rivet à tête fraisé, il s'agit de la distance d'une extrémité à l'autre du corps du rivet, tête comprise (hors mandrin).

### 10.8.6 Tête de fermeture :

Partie noyée du corps du rivet aveugle déformée durant la pose.



**10.8.7 Tête de maintien :**

Il s'agit de la partie du rivet en contact avec le support, non déformée durant la pose.

**10.8.8 Zone de rupture théorique :**

Chaque mandrin possède des entailles où il se rompt à la fin de la déformation du rivet.

