



# M.V.E

## Caractéristique Technique des métaux

Pages	Désignation
2	Résistance contre les attaques des produits chimiques
3	Elastomères et résistance chimique ( 1 )
4	Résistance chimique (2) et les substances chimiques
5	Inflammabilité
6	Les procédés électrolytiques 1 <sup>er</sup> partie
7	Les procédés électrolytiques 2 <sup>er</sup> partie
8	Pourquoi utiliser l'inox
9	Corrosion due aux électrochimiques entre les matériaux ou revêtement
10	Caractéristiques mécanique des vis et goujons en Inox
11	Caractéristiques mécanique des écrous en Inox
12	Essai de torsion pour les vis sans tête et vis à tole
13	Revêtement des métaux et résistance la corrosion
14 à 17	Caractéristiques mécaniques et physiques des aciers ( vis, goujon, tiges filetées )



## Résistance contre les attaques de produits chimiques

résistant résistant sous réserve non résistant

### Elastomères

Abréviation des matériaux	Eau, froide	Eau, chaude	Acides, faibles	Acides, forts	Acides oxydants	Acides fluorhydriques	Lessives, faibles	Lessives, fortes	Solutions de sels	Halogène, sec	EC aliphatique	EC chlorée	Alcool	Ester	Cétone	Ether	Aldéhydes	Amines	Acides organiques	EC aromatique	Carburants	Huiles minérales	Graisses, huiles	ECT chlorée non saturée	Térébenthine	Absorption d'eau % ASTM D 570
PE-HD	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	< 0,01
PE-LD	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	< 0,01
PP	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0,01 à 0,03
POM	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	0,22 à 0,25
PA 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1,3 à 1,9

Abréviation	signification
PE-HD	Polyéthylène haute densité
PE-LD	Polyéthylène faible densité
PP	Polypropylène
POM	Polyméthylène, Polyacétal

(1) Les valeurs minimales dans le domaine de température d'utilisation sont seulement valables pour des éléments à l'état de repos et sans sollicitation de chocs.

## Résistance chimique (2)

Abréviation de matière selon ISO 1629		CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nom		Caoutchouc chloroprène	Caoutchouc fluor	Caoutchouc butadiène-nitrile	Caoutchouc éthylène-propylène-diène	Thermoplastiques élastomères
Inflammabilité selon		UL 94 - V2	UL 94 - V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB
Température d'utilisation <sup>1)</sup>	min.	-30 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-30 °C
	max. permanente	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
	courte durée	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

Abréviation de matière selon ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nom	Caoutchouc chloroprène	Caoutchouc fluor	Caoutchouc butadiène-nitril	Caoutchouc éthylène-propylène-diène	Thermoplastiques élastomères
Alcool	A	A	A	A	A
Carburant	C	A	A	C	B
Diesel	C	A	A	C	B
Huile minérale	B	A	A	B	B
Graisses animales et végétales	B	A	A	B	A
Lessives faibles	A	B	B	A	A
Lessives fortes	B	C	C	A	B
Acides faibles	B	A	B	A	A
Acides forts	C	A	C	A	A
Eau	C	A	C	A	A
Ozone	C	A	C	A	A

## Résistance chimique

**(2)** Toutes les valeurs se réfèrent sur des indications de producteurs de matières premières, c'est pourquoi nous ne pouvons pas donner de garantie. Ces données doivent être considérées comme des valeurs indicatives. Une information concrète peut seulement être établie en rapport avec le cas d'utilisation.

Un élément de précision peut par exemple déjà avoir une défaillance en raison d'une faible modification de volume. D'autre part il est possible d'utiliser, lors d'une courte durée, des produits agressifs comme détergent.

**A** Très bonne résistance chimique, si l'influence permanente du produit ne cause pas de détérioration de matière dans une période de 30 jours. La matière peut résister pendant des années.

**B** Résistance chimique bonne à limitée, l'influence permanente du produit cause dans une période de 7 à 30 jours une détérioration peu importante, qui est en partie réversible (origine, affaissement, diminution de la résistance mécanique, décoloration)

**C** Résistance chimique limitée, pas approprié à une exposition permanente du produit. Des détériorations peuvent se produire immédiatement (diminution de la résistance mécanique, déformation, décoloration, fissures, dissolution).

---

## Les substances chimiques

Abréviation de matière selon ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nom	Caoutchouc chloroprène	Caoutchouc fluor	Caoutchouc butadiène-nitril	Caoutchouc éthylène-propylène-diène	Thermoplastiques élastomères
Sans halogène	–	–	oui	oui	oui
Sans phosphate	oui	oui	oui	oui	oui
Sans silicone	oui	oui	oui	oui	oui

## Les Procédés électrolytiques

### Inflammabilité

Abréviation de matière selon ISO 1629		CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nom		Caoutchouc cloro-prene	Caoutchouc fluor	Caoutchouc butadiène-nitrile	Caoutchouc éthylène-propylène-diène	Thermoplastiques élastomères
Inflammabilité selon		UL 94 - V2	UL 94 - V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB
Température d'utilisation <sup>1)</sup>	min.	-30 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-30 °C
	max.permanente	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
	courte durée	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

<sup>1)</sup> Les valeurs minimales dans le domaine de température d'utilisation sont seulement valables pour des éléments à l'état de repos et sans sollicitation de chocs.

**Elements d'assemblage avec revêtements électrolytiques** selon ISO 4042

**Zingage — chromatisation.** Le zingage avec chromatisation des éléments d'assemblage est une protection contre la corrosion qui a un bel aspect et qui est éprouvée. Notre assortiment d'articles zingués est très large; nous pouvons vous offrir une gamme de produits étendue et variée, cromage noir, étamage, argenture, nickel, d'argent, d'or, d'étain et de palladium-nickel pour des applications techniques...

**La passivation (chromatisation)** est effectuée immédiatement après le zingage par immersion brève dans des bains d'acide chromique. Le processus de chromatisation augmente la protection contre la corrosion et protège la couche de zinc. L'efficacité de la couche de chromatisation varie selon le procédé de finition (voir tableau!).

**Le développement de nouveaux procédés avec revêtements sans chrome (VI)**, ayant le même effet de protection ou un effet de protection similaire, a été accéléré par les normes en matière de protection de l'environnement instituées par les nouvelles directives de l'UE 2000/53/CE (VHU) et 2002/95/CE

(RoHS). Jusqu'alors, on utilisait habituellement des revêtements de zinc (150 4042) avec une chromatisation à base de chrome (VI) pour protéger les éléments d'assemblage contre la corrosion. Les nouveaux traitements de surface à base de systèmes sans chrome (VI) (passivation) nécessitent généralement la mise en oeuvre d'un procédé plus onéreux et, là où cela est nécessaire, de revêtements supplémentaires, étant donné qu'il n'y a plus «d'effet de régénération spontanée». On a peu d'expérience

sur le long terme dans des conditions de service; ces dernières sont d'ailleurs influencées par des facteurs externes spécifiques tels que la manutention, le transport, sans oublier les dispositifs d'approvisionnement. Ainsi, l'adaptation aux différentes conditions de service dans la pratique demande une vérification.

Procédés de finition de la chromatisation des revêtements électrolytiques de zinc

Effet protecteur des revêtements de zinc avec chromatisation dans les conditions de l'essai au brouillard salin selon ISO 9227 (DIN 50021 SS)

Procédé de finition	Désignation de la chromatisation	Couche de chromatisation, couleur propre	Epaisseur nominale de revêtement		
			[µm]	Temps jusqu'à la première rouille blanche h	apparition de rouille rouge h
Passivation incolore	A	transparente	3	2	12
			5	6	24
			8	6	48
Passivation bleue	B	transparente avec coloration bleutée (standard)	3	6	12
			5	12	36
			8	24	72
Chromatisation jaune	C	aspect jaunâtre à jaune-brun iridescent	3	24	24
			5	48	72
			8	72	120
Chromatisation olive		olive-verte à olive-brune (rare)	3	24	24
			5	72	96
			8	96	144
Chromatisation noire <sup>1)</sup>	BK	brune-noire à noire (décoratif)	3		
			5	12	
			8	24	72

Sur les arêtes, les bords des empreintes cruciformes etc., il faut s'attendre à une détérioration de la couche de chromate noire et à une apparition locale du zinc clair parce que le procédé du traitement s'effectue au tonneau

### **Diminution du risque de fragilisation induite par l'hydrogène (ISO 4042)**

Pour les éléments d'assemblage ayant un revêtement électrolytique en acier de résistance à la traction  $R_m \geq 1\ 000\ \text{N/mm}^2$ , représentant une dureté  $\geq 320\ \text{HV}$ , et qui sont mis sous contrainte, un risque de rupture par la fragilisation induite par l'hydrogène existe.

Un traitement thermique (dégazage) des pièces après le passage dans les bains électrolytiques ou après le revêtement métallique réduit le risque de rupture. Une élimination totale du risque de fragilisation par l'hydrogène ne peut néanmoins pas être garantie. Si le risque d'une fragilisation par l'hydrogène doit être éliminé, d'autres procédés de revêtement doivent être pris en compte.

Pour les pièces de sécurité, des alternatives de protection anticorrosion ou des procédés de revêtement particuliers devraient être utilisés, tels que zingage anorganique, zingage mécanique ou alors choisir des aciers résistants à la corrosion et aux acides.

Les éléments d'assemblage des classes  $\geq 10.9$  ( $\geq 320\ \text{HV}$ ) sont disponibles avec zingage anorganique ou mécanique lorsque la possibilité technique existe de les traiter.

L'utilisateur des éléments d'assemblage connaît l'objectif de la fonction et les exigences, c'est pourquoi il doit spécifier le traitement de surface approprié!

## Pourquoi utilise t'on l'inox ?

L'une des propriétés la plus importante des aciers inoxydables dit « inox » est sa résistance à la corrosion. La résistance de ces alliages métalliques aux attaques chimiques des produits corrosifs, provient de leur faculté à s'auto-protéger par la formation spontanée à leur surface d'un film complexe d'oxydes et d'hydroxydes de chrome, appelé « couche passive », qui protège le substrat métallique de la corrosion généralisée et des attaques localisées. Cette couche extrêmement mince, d'une épaisseur de l'ordre de 1,0 à 2,0 nm, rend négligeable la vitesse de corrosion. ( source inox)

L'élément le plus important dans les aciers inoxydables est le chrome, mais d'autres éléments tels que le molybdène, le nickel etc....ont aussi une influence sur sa résistance à la corrosion. Néanmoins, dans certaines conditions, des éléments tels que les chlorures peuvent conduire à une rupture du film passif en fonction de leur concentration, de la température et bien sûr selon la nuance d'inox utilisée. Il est donc essentiel de bien connaître les agressions auxquelles les inox vont

### **I) DESCRIPTION DES GROUPES ET NUANCES D'ACIERS INOXYDABLES : Source d'inox et ISO 3506)**

Les aciers inoxydables peuvent être classés en quatre grandes familles possédant chacune leurs propres caractéristiques.

- Les aciers inoxydables austénitiques
- Les aciers inoxydables martensitiques
- Les aciers inoxydables ferritiques
- Les aciers inoxydables austéno-ferritiques également appelés « duplex »

#### **Les aciers inoxydables austénitiques (nuances A1 à A5)**

Ce sont, de loin, les plus connus et les plus employés parmi les aciers inoxydables : Ils contiennent,

outre une teneur en chrome minimale de l'ordre de 17 %, du nickel (généralement 7 % et plus) et des additions éventuelles de molybdène, titane, niobium,...

- Afin de réduire la susceptibilité à l'érouissage, du cuivre peut être ajouté aux aciers de nuance A1 à A5.

- Leurs caractéristiques mécaniques en traction sont généralement modestes mais peuvent être, pour certaines nuances, considérablement accrues par érouissage.

Ils sont par contre très indiqués, de par leur absence de fragilité à basse température, pour les emplois cryogéniques.

- Leur tenue à la corrosion augmente avec les teneurs en chrome et en molybdène.

Leur résistance à l'oxydation croît avec leur teneur en chrome : les standards à 18 % de chrome

résistent –en atmosphère oxydante non sulfureuse –jusque vers 800° C. Au-delà, il faut s'orienter vers des nuances dites « réfractaires », nettement plus alliées.

L'introduction d'éléments stabilisants tels que le titane ou le niobium permet d'éviter la corrosion

intergranulaire, en particulier sur les soudures, et accroît la résistance mécanique à haute température.

Lorsque le risque de corrosion est élevé, des spécialistes devront être consultés.



Pour les vis et les goujons :

Domaine d'application :

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux vis et goujons :

- de diamètre nominal de filetage  $d \leq 39$  mm
  - à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et à l'ISO 262.
- de forme quelconque Elles ne s'appliquent pas aux vis possédant des caractéristiques spéciales telles que la soudabilité

### Caractéristiques mécaniques pour vis et goujons - Aciers austénitiques

Groupe de composition	Nuance	Classe de qualité	Résistance à la traction $R_m^a$ min MPa	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% $R_p 0,2^a$ min MPa	Allongement après rupture $A^b$ min mm
Austénitique	A1, A2,	50	500	210	0,6 $d$
	A3, A4,	70	700	450	0,4 $d$
	A5	80	800	600	0,3 $d$

La résistance à la traction est calculée en fonction de la section résistante

A déterminer conformément à 7.2.4 selon la longueur réelle de la vis et non sur une éprouvette préparée

### Couple de rupture minimal, $M_{Bmin}$ - Vis en acier austénitique M1,6 à M16 (filetage à pas gros)

Les valeurs minimales des couples de rupture des éléments de fixation en acier martensitique et ferritique doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Filetage	Couple de rupture, $M_{Bmin}$ Nm		
	Classe de qualité		
	50	70	80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,8
M 4	2,7	3,8	4,3
M 5	5,5	7,8	8,8
M 6	9,3	13	15
M 8	23	32	37
M 10	46	65	74
M 12	80	110	130
M 16	210	290	330

## Pour les écrous

### Domaine d'application :

Les caractéristiques mécaniques qui suivent sont applicables aux écrous :

de diamètre nominal de filetage  $D \leq 39$  mm.

- à filetage métrique ISO triangulaire dont le diamètre et le pas sont conformes à l'ISO 68-1, à l'ISO 261 et l'ISO 262

- de forme quelconque

- avec des cotes surplat telles que spécifiées dans l'iso 272

- dont la hauteur nominale  $m \geq 0,5 D$ .

Elles ne s'appliquent pas aux écrous possédant des caractéristiques spéciales telles que la capacité de freinage, la soudabilité

### Caractéristiques mécaniques des écrous - Acier austénitique

Groupe de composition	Nuance d'acier	Classe de qualité		Résistance à la charge d'épreuve Sp min MPa	
		Ecrous avec $m \geq 0,8 D$	Ecrous avec $0,5 D \leq m \leq 0,8 D$	Ecrous avec $m \geq 0,8 D$	Ecrous avec $0,5 D \leq m \leq 0,8 D$
Austénitique	A1, A2,	50	025	500	250
	A3, A4,	70	035	700	350
	A5	80	040	800	400

## Pour les vis sans tête

### Essai de torsion des vis sans tête à six pans creux :

Les vis sans tête à six pans creux doivent être conformes aux exigences de couples de torsion suivantes :

#### Valeur des couples de torsion

Diamètre nominal de filetage (d) min	Longueur minimale <sup>a</sup> de la vis sans tête soumise à l'essai				Classe de dureté	
					12H	21H
	Bout plat	Bout pointu	Bout à béton	Bout à cuvette	Couple d'essai, min Nm	
1,6	2,5	3	3	2,5	0,03	0,05
2	4	4	4	3	0,06	0,1
2,5	4	4	5	4	0,18	0,3
3	4	5	6	5	0,25	0,42
	5	6	8	6	0,8	1,4
5	6	8	8	6	1,7	2,8
6	8	8	10	8	3	5
8	10	10	12	10	7	12
10	12	12	16	12	14	24
12	16	16	20	16	25	42
16	20	20	25	20	63	105
20	25	25	30	25	126	210
24	30	30	35	30	200	332

a) Les longueurs minimales testées sont les longueurs situées sous les traits interrompus forts dans la norme de produit, c'est-à-dire les longueurs ayant la profondeur normale des six pans creux.

### Pour les vis à tôle : Résistance à la torsion :

Les vis à tôle en acier inoxydable doivent avoir une résistance à la torsion telle que le couple nécessaire pour provoquer une défaillance soit égale ou supérieur aux valeurs minimales de couples données dans le tableau suivant pour la classe de qualité considérée :

#### Couple minimal de rupture

Filetage	Couple de rupture, M <sub>Bmin</sub> , Nm			
	Classe de dureté			
	20H	25H	30H	40H
ST 2,2	0,38	0,48	0,54	0,6
ST 2,6	0,64	0,8	0,9	1
ST 2,9	1	1,2	1,4	1,5
ST 3,3	1,3	1,6	1,8	2
ST 3,5	1,7	2,2	2,4	2,7
ST 3,9	2,3	2,9	3,3	3,6
ST 4,2	2,8	3,5	3,9	4,4
ST 4,8	4,4	5,5	6,2	6,9
ST 5,5	6,9	8,7	9,7	10,8
ST 6,3	11,4	14,2	15,9	17,7
ST 8	23,5	29,4	32,9	36,5

Un revêtement métallique désigne toute couche protectrice de métal appliquée sur une surface, obtenue par un procédé de recouvrement, tel que la surface du produit d'apport soit assez homogène et que les modifications du matériau de base à l'interface restent négligeables.

La couche est mesurée par son épaisseur ou son poids de couche.

Les revêtements sont obtenus par déposition électrolytique, déposition chimique, immersion dans des métaux fondus, projection à chaud...

#### ↓ **Principaux types de revêtement :**

<i>Galvanisation à chaud</i>	Immersion des pièces dans un bain d'alliage Zinc Alu fondu
<i>Dépôt électrolytique</i>	Immersion des pièces dans un bain d'électrolyte, en vrac tonneau ou à l'attache. Passage d'un courant électrique entre le métal à déposer et les pièces recevant le dépôt.
<i>Dépôt de revêtement lamellaire</i>	Immersion des pièces dans un bain organique contenant du zinc lamellaire + Alu
<i>Shérardisation</i>	Dépôt+diffusion de zinc par procédé thermochimique
<i>Métallisation</i>	Projection de gouttelettes de métal fondu
<i>Matoplastie</i>	Dépôt mécanique de particules en surface des pièces, par impact de billes de verre et de poudre métallique
<i>Phosphatation</i>	Couche de conversion + dépôt de phosphate de zinc ou manganèse en surface des pièces

#### ↓ **Résistance à la corrosion**

- *Exemples :*

Type revêtement	Teinte	Epaisseur Zinc ( $\mu$ )	Tenue au brouillard salin (rouille rouge)
Zinc blanc	Transparent Bleu irisé	5 à 7	36 heures
Zinc bichromaté	Jaune irisé Vert olive, brun Jaune irisé	5 à 7 5 à 7 8 à 10	72 heures 72 heures. 200 heures
Zinc noir	Noir	5 à 7	36 heures
Dacromet <sup>®</sup>	Blanc satiné	6 à 9	500 heures grade A / ép. 5 $\mu$ 1000 heures. grade B / ép. 8 $\mu$
Geomet <sup>®</sup>	Blanc satiné	5 à 10	500 heures grade A / ép. 5 $\mu$ 1000 heures grade B / ép. 8 $\mu$
Galvanisation	Gris mat	$\geq 50$	> 1000 heures

## 7 Caractéristiques mécaniques et physiques

Les vis, goujons et tiges filetées dont la classe de qualité est spécifiée doivent avoir, à température ambiante<sup>3)</sup>, les caractéristiques mécaniques et physiques applicable conformément aux Tableaux 3 à 7, quels qu'aient été les essais réalisés pendant la fabrication ou l'inspection finale.

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

NOTE 1 Même si les propriétés du matériau des éléments de fixation satisfont à toutes les exigences spécifiées dans les Tableaux 2 et 3, certains éléments de fixation présentent une capacité de charge réduite du fait de leurs forme ou dimensions (voir 8.2, 9.4 et 9.5).

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

**Tableau 3 — Caractéristiques mécaniques et physiques des vis, goujons et tiges filetées**

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	
							$d \leq 16$ mm <sup>a</sup>	$d > 16$ mm <sup>b</sup>	$d \leq 16$ mm			
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 %, $R_{p0,2}^e$ , MPa	nom. <sup>c</sup>	—	—	—	—	—	640	640	720	900	1 080
		min.	—	—	—	—	—	640	660	720	940	1 100
4	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,0048 $\delta$ sur produits entiers, $R_{pf}$ , 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 $S_{p,nom}/R_{pf} \min$	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

Tableau 3 (suite)

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	
							$d \leq 16$ mm <sup>a</sup>	$d > 16$ mm <sup>b</sup>	$d \leq 16$ mm			
7	Striction après rupture sur éprouvette, $Z$ , %	min.	—					52		48	48	44
8	Allongement après rupture sur produits entiers, $A_f$ (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
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
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, i	h, j
14	Hauteur de la zone non décarburée dans le filetage, $E$ , mm	min.	—					$1/2 H_1$			$2/3 H_1$	$3/4 H_1$
	Profondeur de décarburation totale dans le filetage, $G$ , mm	max.	—					0,015				
15	Réduction de dureté après le deuxième revenu, HV	max.	—					20				
16	Couple de rupture, $M_B$ , Nm	min.	—					conformément à l'ISO 898-7				
17	Résilience, $K_V^{k,l}$ , J	min.	—	27	—			27	27	27	27	m
18	Défauts de surface, conformément à	ISO 6157-1 <sup>n</sup>									ISO 6157-3	

<sup>a</sup> Les valeurs ne s'appliquent pas à la boulonnerie de construction métallique.

<sup>b</sup> Pour les boulons destinés à la construction métallique  $d \geq M12$ .

<sup>c</sup> Les valeurs nominales ne sont spécifiées que pour les besoins du système de désignation des classes de qualité. Voir Article 5.

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

<sup>e</sup> Pour les classes de qualité 4.8, 5.8 et 6.8, les valeurs  $R_{pf \min}$  sont à l'étude. Ces valeurs ne sont indiquées que pour le calcul du ratio des contraintes charge d'épreuve/limite d'élasticité, il ne s'agit pas de valeurs d'essai.

<sup>f</sup> Les charges d'épreuve figurent dans les Tableaux 5 et 7.

<sup>g</sup> La dureté déterminée à l'extrémité d'un élément de fixation doit être de 250 HV, 238 HB ou 99,5 HRB maximum.

<sup>h</sup> La dureté superficielle de l'élément de fixation ne doit pas être supérieure de plus de 30 unités Vickers à la dureté mesurée à cœur, la détermination de la dureté superficielle et de la dureté à cœur étant effectuée à HV 0,3.

<sup>i</sup> Toute augmentation de la dureté à la surface indiquant que la dureté superficielle dépasse 390 HV est inacceptable.

<sup>j</sup> Toute augmentation de la dureté à la surface indiquant que la dureté superficielle dépasse 435 HV est inacceptable.

<sup>k</sup> Les valeurs sont déterminées à une température d'essai de  $-20^\circ\text{C}$ , voir 9.14.

<sup>l</sup> S'applique à  $d \geq 16$  mm.

<sup>m</sup> La valeur de  $K_V$  est à l'étude.

<sup>n</sup> Il est possible d'appliquer l'ISO 6157-3 au lieu de l'ISO 6157-1 par accord entre le fabricant et le client.

Tableau 4 — Charges minimales de rupture — Filetage métrique ISO à pas gros

Filetage <sup>a</sup> <i>d</i>	Section résistante nominale <i>A<sub>s,nom</sub></i> <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
		Charge minimale de rupture, $F_{m\ min} (A_{s,nom} \times R_{m,min})$ , N								
M3	5,03	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3,5	6,78	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8,78	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14,2	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20,1	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28,9	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36,6	14 600 <sup>c</sup>	15 400	18 300 <sup>c</sup>	19 000	22 000	29 200 <sup>c</sup>	32 900	38 100 <sup>c</sup>	44 600
M10	58	23 200 <sup>c</sup>	24 400	29 000 <sup>c</sup>	30 200	34 800	46 400 <sup>c</sup>	52 200	60 300 <sup>c</sup>	70 800
M12	84,3	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400 <sup>d</sup>	75 900	87 700	103 000
M14	115	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000 <sup>d</sup>	104 000	120 000	140 000
M16	157	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000 <sup>d</sup>	141 000	163 000	192 000
M18	192	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	—	200 000	234 000
M20	245	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	—	255 000	299 000
M22	303	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	—	315 000	370 000
M24	353	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	—	367 000	431 000
M27	459	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	—	477 000	560 000
M30	561	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	—	583 000	684 000
M33	694	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	—	722 000	847 000
M36	817	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	—	850 000	997 000
M39	976	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	—	1 020 000	1 200 000

a L'absence d'indication du pas dans la désignation d'un filetage signifie que le pas gros est spécifié.

b Pour le calcul de  $A_{s,nom}$ , voir 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 10684:2004 s'appliquent.

**ECROUS - Valeurs de charge d'épreuve filetage à pas gros (NF EN 20898-2)**

Filetage	Pas du filetage mm	Section résistance nominale du mandrin <i>A<sub>s</sub></i> mm <sup>2</sup>	Classes de qualité								
			4	5	6	8	9	10	12		
			Charges d'épreuve ( $A_s \times S_p$ ) N								
			Style 1	Style 1	Style 1	Style 1	Style 2	Style 2	Style 1	Style 1	Style 2
M3	0.5	5.03	—	2600	3000	4000	—	4500	5200	5700	5800
M3.5	0.6	6.78	—	3550	4050	5400	—	6100	7050	7700	7800
M4	0.7	8.78	—	4550	5250	7000	—	7900	9150	10000	10100
M5	0.8	14.2	—	8250	9500	12140	—	13000	14800	16200	16300
M6	1	20.1	—	11700	13500	17200	—	18400	20900	22900	23100
M7	1	28.9	—	16800	19400	24700	—	26400	30100	32900	33200
M8	1.25	36.6	—	21600	24900	31800	—	34400	38100	41700	42500
M10	1.5	58	—	34200	39400	50500	—	54500	60300	66100	67300
M12	1.75	84.3	—	51400	59000	74200	—	80100	88500	98600	100300
M14	2	115	—	70200	80500	101200	—	109300	120800	134600	136900
M16	2	157	—	95800	109900	138200	—	149200	164900	183700	186800
M18	2.5	192	97900	121000	138200	176600	170900	176600	203500	—	230400
M20	2.5	245	125000	154400	176400	225400	218100	225400	259700	—	294000
M22	2.5	303	154500	190900	218200	278800	269700	278800	321200	—	363600
M24	3	353	180000	222400	254200	324800	314200	324800	374200	—	423600
M27	3	459	234100	289200	330500	422300	408500	422300	486500	—	550800
M30	3.5	561	286100	353400	403900	516100	499300	516100	594700	—	673200
M33	3.5	694	353900	437200	499700	638500	617700	638500	735600	—	832800
M36	4	817	416700	514700	588200	751600	727100	751600	866000	—	980400
M39	4	976	497800	614900	702700	897900	868600	897900	1035000	—	1171000

**Trous de passage pour boulons et vis  
pour application générale (ISO 273)**

Diamètre de filetage <i>d</i>	Trou de passage <i>d<sub>h</sub></i>		
	série		
	fine	moyenne	large
<b>1</b>	1.1	1.2	1.3
<b>1.2</b>	1.3	1.4	1.5
<b>1.4</b>	1.5	1.6	1.8
<b>1.6</b>	1.7	1.8	2
<b>1.8</b>	2	2.1	2.2
<b>2</b>	2.2	2.4	2.6
<b>2.5</b>	2.7	2.9	3.1
<b>3</b>	3.2	3.4	3.6
<b>3.5</b>	3.7	3.9	4.2
<b>4</b>	4.3	4.5	4.8
<b>4.5</b>	4.8	5	5.3
<b>5</b>	5.3	5.5	5.8
<b>6</b>	6.4	6.6	7
<b>7</b>	7.4	7.6	8
<b>8</b>	8.4	9	10
<b>10</b>	10.5	11	12
<b>12</b>	13	13.5	14.5
<b>14</b>	15	15.5	16.5
<b>16</b>	17	17.5	18.5
<b>18</b>	19	20	21
<b>20</b>	21	22	24
<b>22</b>	23	24	26
<b>24</b>	25	26	28
<b>27</b>	28	30	32
<b>30</b>	31	33	35
<b>33</b>	34	36	38
<b>36</b>	37	39	42
<b>39</b>	40	42	45

Diamètre de filetage <i>d</i>	Trou de passage <i>d<sub>h</sub></i>		
	série		
	fine	moyenne	large
<b>42</b>	43	45	48
<b>45</b>	46	48	52
<b>48</b>	50	52	56
<b>52</b>	54	56	62
<b>56</b>	58	62	66
<b>60</b>	62	66	70
<b>64</b>	66	70	74
<b>68</b>	70	74	78
<b>72</b>	74	78	82
<b>76</b>	78	82	86
<b>80</b>	82	86	91
<b>85</b>	87	91	96
<b>90</b>	93	96	101
<b>95</b>	98	101	107
<b>100</b>	104	107	112
<b>105</b>	109	112	117
<b>110</b>	114	117	122
<b>115</b>	119	122	127
<b>120</b>	124	127	132
<b>125</b>	129	132	137
<b>130</b>	134	137	144
<b>140</b>	144	147	155
<b>150</b>	155	158	165

Les tolérances suivantes sont données pour information uniquement, à utiliser lorsqu'il est souhaitable de spécifier des tolérances :

Série fine : H12

Série moyenne : H13

Série large : H14