

Tableau 1 — Tolérances sur l'épaisseur

Dimensions en millimètres

Épaisseur nominale	Tolérance sur l'épaisseur nominale (voir 7.1.1) <sup>1)</sup>								Différence maximale d'épaisseur dans une même tôle					
	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D		Largeur nominale de la tôle					
	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	Écart inférieur	Écart supérieur	≥ 600 < 2 000	≥ 2 000 < 2 500	≥ 2 500 < 3 000	≥ 3 000 < 3 500	≥ 3 500 < 4 000	≥ 4 000
≥ 3 < 5	- 0,4	+ 0,8	- 0,3	+ 0,9	0	+ 1,2	- 0,6	+ 0,6	0,8	0,9	0,9	—	—	—
≥ 5 < 8	- 0,4	+ 1,1	- 0,3	+ 1,2	0	+ 1,5	- 0,75	+ 0,75	0,9	0,9	1,0	1,0	—	—
≥ 8 < 15	- 0,5	+ 1,2	- 0,3	+ 1,4	0	+ 1,7	- 0,85	+ 0,85	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
≥ 15 < 25	- 0,6	+ 1,3	- 0,3	+ 1,6	0	+ 1,9	- 0,95	+ 0,95	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
≥ 25 < 40	- 0,8	+ 1,4	- 0,3	+ 1,9	0	+ 2,2	- 1,1	+ 1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
≥ 40 < 80	- 1,0	+ 1,8	- 0,3	+ 2,5	0	+ 2,8	- 1,4	+ 1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
≥ 80 < 150	- 1,0	+ 2,2	- 0,3	+ 2,9	0	+ 3,2	- 1,6	+ 1,6	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
≥ 150 < 250	- 1,2	+ 2,4	- 0,3	+ 3,3	0	+ 3,6	- 1,8	+ 1,8	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	—

<sup>1)</sup> Ces tolérances d'épaisseur s'appliquent hors des zones meulées (voir 7.1.2).

## C6.1.3 – NOTATIONS

<p><math>A_b</math> = section totale de la boulonnerie :</p> $A_b = n \cdot a_b$ <p>(formule C6.1.3.1)</p> <p><math>A_{b,min}</math> = section minimale nécessaire de la boulonnerie.</p> <p><math>a_b</math> = section d'un boulon ou goujon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pour un boulon ou goujon à filetage à filet triangulaire au profil ISO (NF ISO 68-1) : section résistante définie par la norme NF ISO 262 (voir Annexe C6.A4),</li> <li>• pour un boulon ou goujon à filetage d'un autre type : section à fond de filet,</li> <li>• pour un boulon ou goujon à tige allégée : section de la tige cylindrique non filetée.</li> </ul> <p><math>b</math> = largeur efficace du joint (voir C6.1.5.).</p> <p><math>f_b</math> = contrainte nominale de calcul des boulons ou goujons pour une situation sous pression.</p> <p><math>f_{b,A}</math> = contrainte nominale de calcul des boulons ou goujons pour la situation d'assise du joint.</p> <p><i><math>f_{b,A}</math> est la contrainte nominale de calcul pour une situation normale de service à température ambiante.</i></p>	<p><math>G</math> = diamètre du cercle sur lequel s'applique la force de compression du joint (voir C6.1.5).</p> <p><math>G_0</math> = diamètre extérieur de la surface de contact d'un joint plat sur sa portée.</p> <p><math>H_G</math> = force de compression du joint dans une situation sous pression.</p> <p><math>m</math> = coefficient de serrage du joint (voir C6.1.5).</p> <p><math>n</math> = nombre de boulons ou goujons.</p> <p><math>P</math> = pression de calcul pour la situation sous pression considérée.</p> <p><math>W_A</math> = force minimale à exercer par la boulonnerie dans la situation d'assise du joint.</p> <p><math>W'_A</math> = force exercée par la boulonnerie à prendre en compte pour le calcul des éléments assemblés dans la situation d'assise du joint.</p> <p><math>W_p</math> = force de traction s'exerçant sur la boulonnerie dans une situation sous pression.</p> <p><math>w</math> = largeur de contact du joint sur sa portée (voir C6.1.5).</p> <p><math>y</math> = pression d'assise du joint (voir C6.1.5).</p>
--	--

## C6.1.4 – SITUATIONS À ÉTUDIER

La règle C6.1.6 ainsi que les règles concernant les éléments assemblés doivent être appliquées pour chacune des situations suivantes :

a) La situation relative au serrage initial du joint avant mise sous pression, dite *situation d'assise du joint*.

Dans cette situation, l'assemblage est soumis uniquement à l'effort résultant de la compression du joint nécessaire pour réaliser l'étanchéité attendue.

La compression minimale  $y$  à exercer sur le joint, dite *pression d'assise du joint*, dépend de la nature de celui-ci.

La situation d'assise du joint est unique pour un

assemblage donné ; elle doit être considérée comme une situation normale de service à température ambiante.

b) La ou les situations normales de service, exceptionnelles de service ou d'essai de résistance susceptibles d'être déterminantes pour l'assemblage, dites *situations sous pression*.

Dans ces situations, l'assemblage doit résister à l'action de la pression qui tend à écarter les deux éléments, tout en maintenant sur le joint un effort de compression suffisant pour assurer l'étanchéité.

Le rapport  $m$  entre la compression minimale du joint et la pression intérieure est une caractéristique du joint dite *coefficient de serrage du joint*.

### C6.1.5 – CARACTÉRISTIQUES DU JOINT

a) Les valeurs de la pression d'assise  $y$  et du coefficient de serrage  $m$  doivent être indiquées par le fournisseur du joint ; à défaut il est possible d'utiliser les valeurs données en Annexe C6.A2.

b) La largeur efficace du joint  $b$  et le diamètre  $G$  du cercle sur lequel s'applique la force de compression du joint sont définis par le tableau C6.1.5.

### C6.1.6 – VÉRIFICATION DE LA BOULONNERIE

a) La force minimale que doit exercer la boulonnerie dans la situation d'assise du joint est donnée par la formule :

$$W_A = \pi b \cdot G \cdot y \quad \text{(formule C6.1.6a)}$$

b) La force de traction s'exerçant sur la boulonnerie dans une situation sous pression est donnée par la formule :

$$W_p = \frac{\pi}{4} G^2 \cdot P + H_G \quad \text{(formule C6.1.6b1)}$$

dans laquelle :

$$H_G = 2 \pi b \cdot G \cdot m \cdot P \quad \text{(formule C6.1.6b2)}$$

c) La section minimale nécessaire de la boulonnerie est donnée par la relation :

$$A_{b,\min} = \text{MAX} \left\{ \left[ \frac{W_A}{f_{b,A}} \right], \left[ \left( \frac{W_p}{f_b} \right)_{\max} \right] \right\} \quad \text{(relation C6.1.6c)}$$

dans laquelle  $\left( \frac{W_p}{f_b} \right)_{\max}$  est la plus grande valeur du rapport  $\left( \frac{W_p}{f_b} \right)$  pour l'ensemble des situations sous pression étudiées.

d) La section totale de la boulonnerie doit être telle que :

$$A_b \geq A_{b,\min} \quad \text{(relation C6.1.6d)}$$

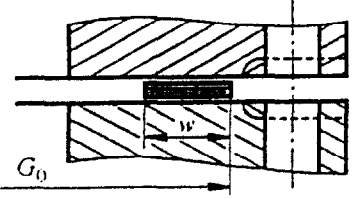
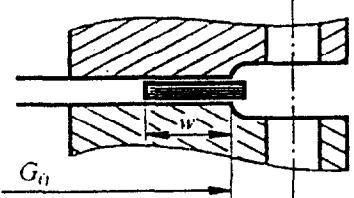
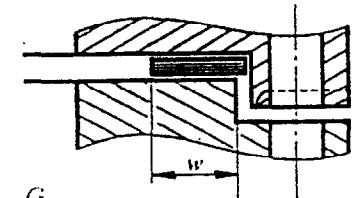
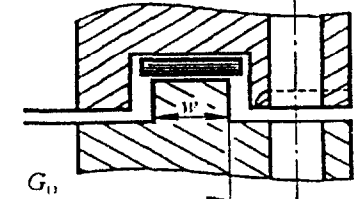
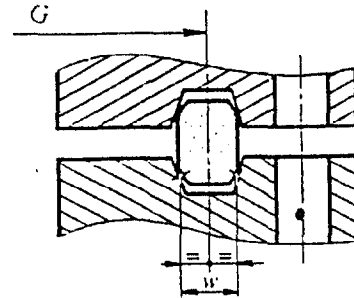
e) La force exercée par la boulonnerie à prendre en compte pour le calcul des éléments assemblés dans la situation d'assise du joint est donnée par la formule :

$$W_A' = \frac{A_b + A_{b,\min}}{2} f_{b,A} \quad \text{(formule C6.1.6e)}$$

f) Dans le cas d'un joint plat, lorsque la portée de joint n'est pas à emboîtement double ou qu'aucune disposition mécanique (telle qu'un anneau ou emboîtement limiteur d'écrasement) ne protège le joint contre un serrage excessif, la force  $W_A'$  doit vérifier la relation :

$$W_A' \leq 2 \pi w \cdot G \cdot y \quad \text{(relation C6.1.6f)}$$

Tableau C6.1.5 – Largeur efficace du joint  $b$  et diamètre  $G$  du cercle sur lequel s'applique la force de compression du joint.

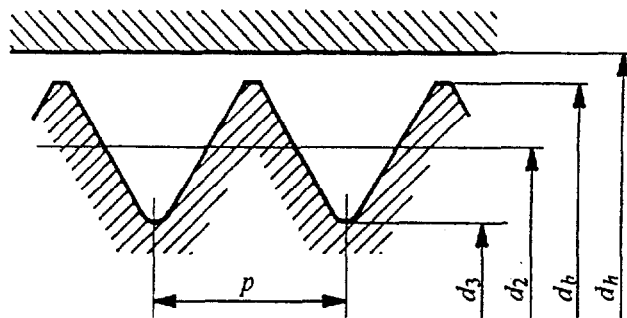
1 – Joint plat	
<p>a) Faces plates</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largeur de base du joint <math>b_0</math> :           <math display="block">b_0 = \frac{w}{2}</math> </li> </ul>
<p>b) Faces surélevées</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Largeur efficace du joint <math>b</math> :           <ul style="list-style-type: none"> <li>– si <math>b_0 \leq 6,3</math> mm : <math>b = b_0</math></li> <li>– si <math>b_0 &gt; 6,3</math> mm : <math>b = 2,52\sqrt{b_0}</math> <sup>(1)</sup></li> </ul> </li> </ul>
<p>c) Emboîtement simple</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diamètre <math>G</math> :           <math display="block">G = G_0 - 2b</math> <sup>(2)</sup> </li> </ul>
<p>d) Emboîtement double</p> 	<p><sup>(1)</sup> Dans cette formule, la largeur <math>b_0</math> doit être exprimée en millimètres.</p> <p><sup>(2)</sup> Si <math>b_0 \leq 6,3</math> mm, <math>G</math> est alors le diamètre moyen de contact du joint sur sa portée.</p>
2 – Joint annulaire métallique plein	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>b = \frac{w}{8}</math></li> <li>• <math>G</math> = diamètre moyen du joint</li> </ul>

ROE4CAP

## ANNEXE C6.A4

## CARACTÉRISTIQUES DE LA BOULONNERIE À FILETAGE MÉTRIQUE, À FILET TRIANGULAIRE AU PROFIL ISO

(Annexe informative)



Caractéristiques de la boulonnerie à filetage métrique à filet triangulaire au profil ISO (NF ISO 68-1) à pas gros (1) (d'après les normes NF ISO 261 et ISO 262)					Diamètre des trous de passage de boulons, série moyenne suivant NF EN 20-273 $d_h$ (1)
Diamètre nominal $d_b$ (2)	Pas $p$	Diamètre sur flancs $d_2 = d_b - 0,6495 p$	Diamètre du noyau de la vis $d_3 = d_b - 1,2268 p$	Section résistante $a_b = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$	
12	1,75	10,863	9,853	84,3	13,5
14	2	12,701	11,546	115	15,5
16	2	14,701	13,546	157	17,5
18	2,5	16,376	14,933	192	20
20	2,5	18,376	16,933	245	22
22	2,5	20,376	18,933	303	24
24	3	22,051	20,319	353	26
27	3	25,051	23,319	459	30
30	3,5	27,727	25,706	561	33
33	3,5	30,727	28,706	694	36
36	4	33,402	31,093	817	39
39	4	36,402	34,093	976	42
42	4,5	39,077	36,479	1120	45
45	4,5	42,077	39,479	1306	48
48	5	44,752	41,866	1473	52
52	5	48,752	45,866	1757	56
56	5,5	52,427	49,252	2030	62
60	5,5	56,427	53,252	2362	66
64	6	60,103	56,639	2676	70
68	6	64,103	60,639	3055	74
72	6	68,103	64,639	3460	78
76	6	72,103	68,639	3889	82
80	6	76,103	72,639	4344	86

(1) Dimensions en millimètres

(2) Employer de préférence les diamètres dans les cases grisées.

DT5-U41-A

Tableau 3 : Caractéristiques mécaniques (valables pour les éprouvettes transversales)

Nuance d'acier		État normal de livraison 1)	Épaisseur de produit mm		Limite d'élasticité 2) $R_{eH}$ N/mm <sup>2</sup> min	Résistance à la traction $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	Allongement à la rupture ( $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ ) A % min	Énergie de rupture par choc (éprouvette à entaille en V) KV	
Désignation symbolique	Désignation numérique		de >	à ≤				Température d'essai °C	Moyenne sur 3 éprouvettes J min
P235GH	1.0345	N 3)		16	235	360 à 480	25 5)	0	27
			16	40	225				
			40	60	215				
			60	100	200	350 à 480	24		
			100	150	185				
			150		4)				
P265GH	1.0425	N 3)		16	265	410 à 530	23 6)	0	27
			16	40	255				
			40	60	245				
			60	100	215	400 à 530	22		
			100	150	200				
			150		4)				
P295GH	1.0481	N 3)		16	295	460 à 580	22	0	27
			16	40	290				
			40	60	285				
			60	100	260	440 à 570	22		
			100	150	235				
			150		4)				

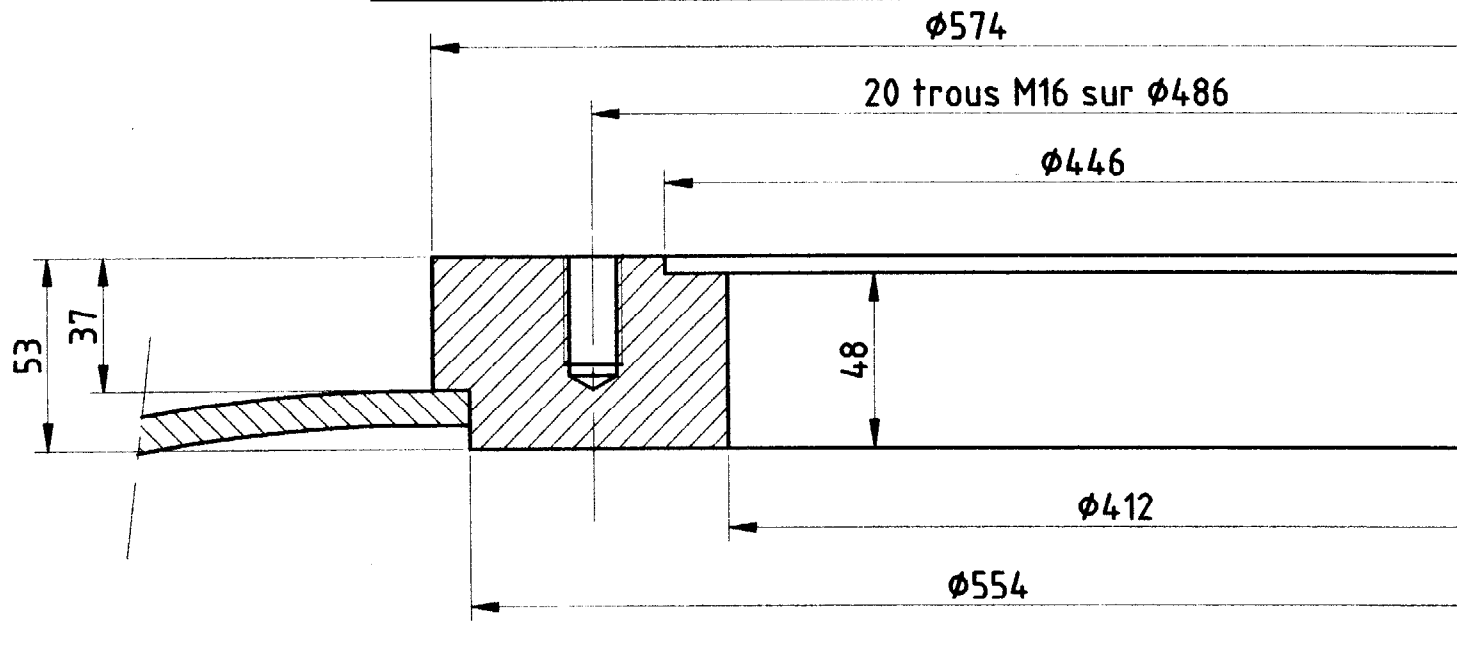
(a suivre)

Tableau 4 : Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % à températures élevées <sup>1)</sup>

Nuance d'acier		Épaisseur du produit		Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, min, en N/mm <sup>2</sup> pour une température en °C de									
Désignation symbolique	Désignation numérique	de >	à ≤	$R_{p0,2}^L$									
				50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345		60	206	190	180	170	150	130	120	110	—	—
		60	100	191	175	165	160	140	125	115	105	—	—
		100	150	176	160	155	150	130	115	110	100	—	—
P265GH	1.0425		60	234	215	205	195	175	155	140	130	—	—
		60	100	207	195	185	175	160	145	135	125	—	—
		100	150	192	180	175	165	155	135	130	120	—	—
P295GH	1.0481		60	272	250	235	225	205	185	170	155	—	—
		60	100	249	230	220	210	195	180	165	145	—	—
		100	150	226	210	200	195	185	170	155	135	—	—
P355GH	1.0473		60	318	290	270	255	235	215	200	180	—	—
		60	100	298	270	255	240	220	200	190	165	—	—
		100	150	278	250	240	230	210	195	175	155	—	—
16Mo3	1.5415		60	—	—	—	215	200	170	160	150	145	140
		60	100	—	—	—	200	185	165	155	145	140	135
		100	150	—	—	—	190	175	155	145	140	135	130
13CrMo4-5	1.7335		60	—	—	—	230	220	205	190	180	170	165
		60	100	—	—	—	220	210	195	185	175	165	160
		100	150	—	—	—	210	200	185	175	170	160	155
10CrMo9-10	1.7380		60	—	—	—	245	230	220	210	200	190	180
		60	100	—	—	—	225	220	210	195	185	175	165
		100	150	—	—	—	215	205	195	185	175	165	155
11CrMo9-10	1.7383		100	—	—	—	—	255	235	225	215	205	195

1) Les valeurs de limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % figurant dans ce tableau n'ont pas été calculées par les méthodes de dérivation indiquées dans la norme ISO 2605-1.

Siège de trou d'homme réel usiné (pour information)



Modélisation à utiliser pour les calculs

