

RÈGLES DE CALCUL DES ASSEMBLAGES À BRIDES BOULONNÉES SOU MIS À UNE PRESSION INTÉRIEURE

C6.1 - BRIDES AVEC JOINT INTÉRIEUR AU CERCLE DE PERCAGE DES TROUS DE BOULONS

C6.1.1 - OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Les règles du présent chapitre permettent de vérifier la section des boulons et la résistance des brides des assemblages soumis à une pression intérieure, dont le joint est situé à l'intérieur du cercle de perçage des trous de boulons.

Elles concernent les assemblages à joint plat ou à joint annulaire métallique plein d'un des types indiqués au tableau C6.1.1a ou d'un type équivalent.

L'application des présentes règles aux assemblages à joint annulaire en élastomère ou métallique creux fait l'objet de l'Annexe C6.A4.

Les règles s'appliquent aux brides des types suivants :

- brides tournantes (voir fig. C6.1.1.1),
- brides vissées (voir fig. C6.1.1.2),
- brides emmanchées-soudées (voir fig. C6.1.1.3),
- brides monoblocs à collerette ou reconstituées (voir fig. C6.1.1.4).

L'application des présentes règles aux brides assemblées par boulons à griffes ou par boulons basculants fait l'objet de l'Annexe C6.A5.

Les brides peuvent être constituées de plusieurs éléments assemblés par soudure à pénétration totale ; il n'y a alors pas lieu de tenir compte d'un coefficient de soudure dans les calculs.

La règle C6.1.4 de vérification de la boulonnerie est la même pour tous les types de brides. Par contre, les règles de vérification des contraintes dans la bride sont différentes : la règle à utiliser pour chaque type de bride est indiquée au tableau C6.1.1b.

Les règles 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 P_A 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 la température ambiante.

b) la ou les situations normales de service, exceptionnelles de service, d'essais de résistance, susceptibles d'être déterminantes pour l'assemblage (voir C1.1.6) dites « *situations sous pression* ».

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

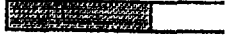
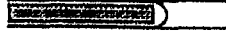
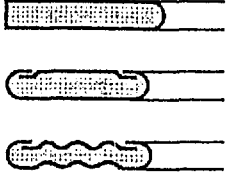





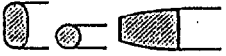
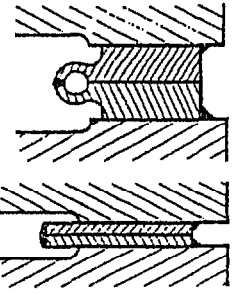
Le rapport m entre la compression minimale du joint et la pression intérieure est une caractéristique du joint dite « *coefficient de serrage du joint* ».

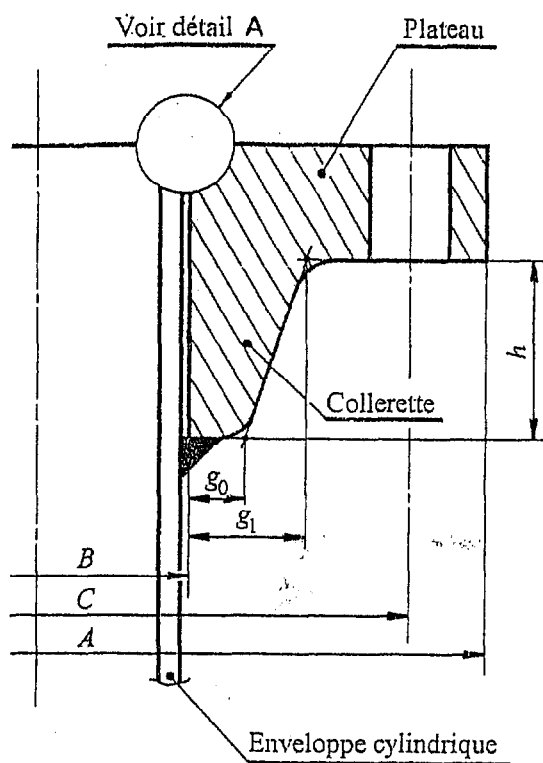
Les valeurs de la pression d'assise P_A et du coefficient de serrage m doivent être indiquées par le fournisseur du joint ; à défaut, on peut utiliser les valeurs données à l'Annexe C6.A1.

Les présentes règles ne concernent pas les plaques tubulaires formant bride qui sont traitées à l'Annexe C7.A4.

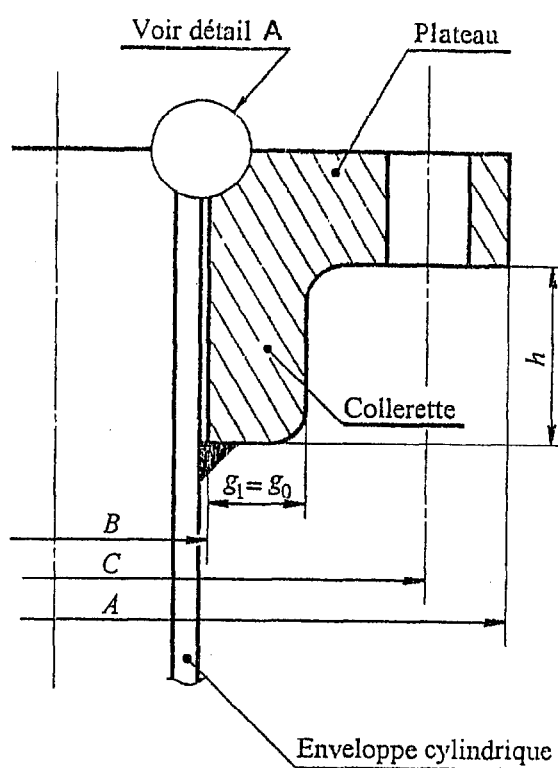
Les règles du présent chapitre couvrent le mode de défaillance par déformation excessive de la bride et des boulons.

Tableau C6.1.1a - TYPES DE JOINTS CONCERNÉS PAR LES RÈGLES

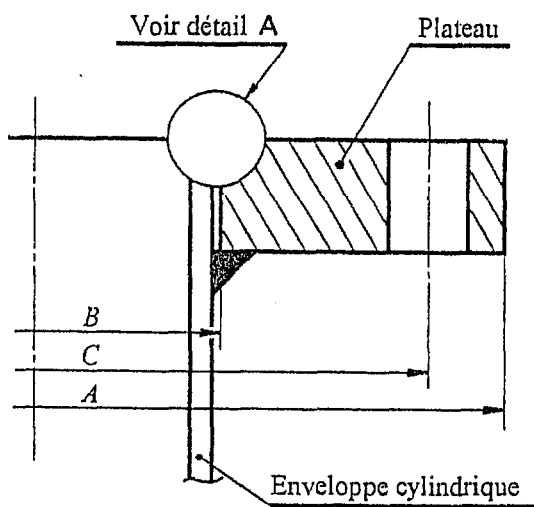
Jointts plats non métalliques en :	
- élastomère non entoilé ou sans forte proportion de fibres d'amiante.	
- élastomère avec entoilage coton ou amiante.	
- PTFE ou similaire.	
- fibre végétale.	
- amiante-élastomère avec ou sans armature métallique.	
- amiante-élastomère (avec ou sans armature métallique) avec jaquette PTFE ou similaire.	
Jointts plats métallo-plastiques en :	
- amiante enrobé d'une enveloppe métallique mince, ondulée ou non, en une ou plusieurs pièces.	
- métal enroulé en spirale avec garniture amiante, PTFE ou similaire, graphite...	
- métal ondulé avec garniture d'amiante.	
Jointts plats métalliques :	
- lisses.	
- striés.	
- ondulés.	
Jointts annulaires métalliques pleins.	
	
Jointts métalliques à lèvres soudées.	
	



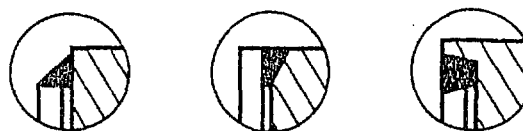
a) Bride emmanchée-soudée à collerette tronconique



b) Bride emmanchée-soudée à collerette cylindrique



c) Bride emmanchée-soudée sans collerette



Détail A

Fig. C6.1.1.3 - Brides emmanchées-soudées.
(Les détails d'exécution des assemblages soudés sont donnés en FA1)

C6.1.2 - CONDITIONS D'APPLICATION DES RÈGLES

a) Les brides doivent être de révolution.

b) Les boulons doivent être répartis régulièrement sur le cercle de perçage.

Leur nombre doit être au moins égal à 4.

c) Les trous de passage des boulons doivent être circulaires ; leur diamètre doit être au plus égal à celui de la série moyenne de la norme NF E 25-017 (voir Annexe C6.A3).

d) Pour les brides à collerette le rayon de congé r doit être au moins égal à :

$$\text{MIN} \{(0,25 g_1), (5\text{mm})\}$$

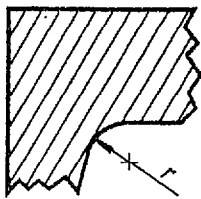


Fig. C6.1.2

e) Lorsque la pente de la collerette d'une bride est inférieure à 6° , le calcul peut être effectué avec :

$$g_1 = g_0$$

f) Si la bride est tournante sur collet, vissée ou emmanchée-soudée, la zone d'influence du raccordement de l'enveloppe cylindrique avec une autre enveloppe, un fond, une plaque tubulaire, une autre bride, etc., peut s'étendre jusqu'à l'extrémité de cette enveloppe cylindrique.

Il en est de même (voir C5.1) de la longueur d'enveloppe cylindrique participant à la résistance d'une ouverture proche de la bride.

Si la bride est monobloc, les prescriptions de C6.1.7.1b relatives à cette zone d'influence sont à respecter.

g) D'autres conditions d'application spécifiques aux brides monoblocs sont indiquées en C6.1.7.1.

h) Les règles du présent chapitre ne prennent en compte que l'action de la pression intérieure et des efforts exercés par les boulons.

Elles ne prennent pas en compte les efforts agissant sur l'enveloppe cylindrique.

Elles ne prennent pas en compte non plus les différences de dilatation pouvant exister entre les boulons et la bride, qui peuvent être négligées tant que la différence de température entre bride et boulons n'excède pas 50°C , pour autant que les coefficients de dilatation des deux matériaux ne soient pas trop différents.

C6.1.3 - NOTATIONS

e_p ,	=	épaisseurs admises du plateau de la bride, mesurées comme l'indiquent les figures du tableau C6.1.3a.
$e_{p,1}$,		
$e_{p,2}$		
e_{br}	=	épaisseur du plateau de la bride à utiliser dans les calculs (voir tableau C6.1.3a).
A	=	diamètre extérieur de la bride.
B	=	diamètre intérieur de la bride.
C	=	diamètre du cercle de perçage des trous de boulons.
A'	=	diamètre extérieur de contact d'une bride tournante sur son collet.
B'	=	diamètre intérieur de contact d'une bride tournante sur son collet.
D'_J	=	diamètre moyen de contact d'une bride tournante sur son collet :

$$D'_J = \frac{A' + B'}{2}$$

e_c	=	épaisseur admise du collet, mesurée comme l'indique la figure C6.1.1.1bis.
g_0	=	épaisseur admise de la collerette à son extrémité.
g_1	=	épaisseur admise de la collerette à son raccordement avec le plateau.
h	=	longueur de la collerette.
h_0	=	$\sqrt{B \cdot g_0}$
h_B	=	différence entre les rayons du cercle de perçage des trous de boulons et du cercle sur lequel s'applique la force F_B .
h_F	=	différence entre les rayons du cercle de perçage des trous de boulons et du cercle sur lequel s'applique la force F_F .
h_J	=	différence entre les rayons du cercle de perçage des trous de boulons et du cercle sur lequel s'applique la force F_J .

Les distances h_B , h_F et h_J sont indiquées sur la figure C6.1.3. (Page 8/12)

$D_{e,J}$	=	diamètre extérieur de la surface de contact d'un joint plat sur sa portée.
J	=	largeur de contact possible du joint sur sa portée.
J_0	=	largeur de base d'un joint plat.
J_E	=	largeur efficace du joint.

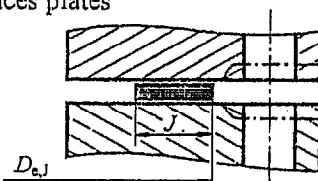
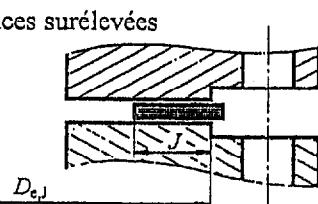
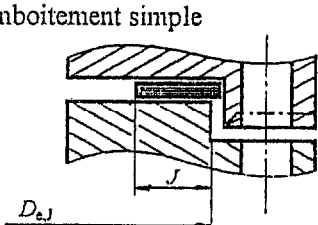
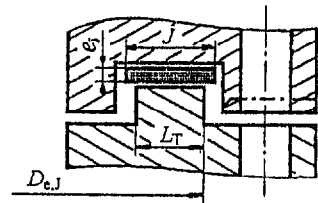
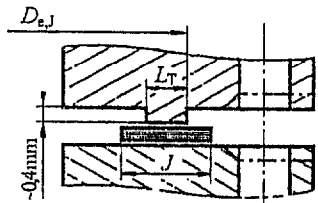
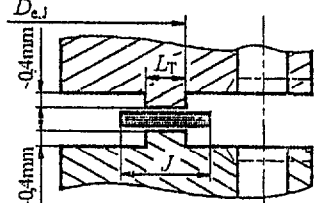
<p>D_J = diamètre du cercle sur lequel s'applique la réaction du joint.</p> <p>J_0, J_E et D_J sont définis aux tableaux C6.1.3b et c.</p> <p>m = coefficient de serrage du joint.</p> <p>P_A = pression d'assise du joint.</p> <p>n = nombre de boulons.</p> <p>d = diamètre nominal d'un boulon.</p> <p>s_r = section d'un boulon.</p> <p style="margin-left: 20px;">- pour un boulon à filet triangulaire au profil ISO (NF E 03-001) : section résistante définie par la norme NF E 03-014 (voir Annexe C6.A3),</p> <p style="margin-left: 20px;">- pour un boulon à filet d'un autre type : section à fond de filet,</p> <p style="margin-left: 20px;">- pour un boulon à tige allégée : section de la tige cylindrique non filetée.</p> <p>S = section minimale nécessaire pour l'ensemble des n boulons.</p> <p>l_{cyl} = longueur d'enveloppe cylindrique participant à la résistance d'une bride monobloc lorsqu'elle est calculée au moyen de la règle C6.1.7 :</p> $l_{cyl} = \sqrt{(B + g_0) \cdot g_0}$ <p>P = pression de calcul.</p> <p>F_A = force minimale à exercer par les n boulons, dans la situation d'assise du joint.</p> <p>F'_A = force de traction s'exerçant sur les n boulons, à prendre en compte pour le calcul de la bride, dans la situation d'assise du joint.</p> <p>F_B = force résultant de l'action de la pression sur la surface annulaire comprise entre les cercles de diamètres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D_J et B' pour les brides tournantes, • D_J et B pour les autres types de brides. <p>F_F = force résultant de l'action de la pression sur la surface du cercle de diamètre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • B' pour les brides tournantes, • B pour les autres types de brides. <p>F_J = force de compression du joint dans une situation sous pression.</p> <p><i>Les points d'application des forces F_B, F_F et F_J sont indiqués sur la fig C6.1.3.</i></p>	<p>F_P = force de traction s'exerçant sur les n boulons dans une situation sous pression.</p> <p><i>Cette force F_P est la somme des forces F_B, F_F et F_J.</i></p> <p>M_A = moment s'exerçant sur la bride dans la situation d'assise du joint.</p> <p>M_P = moment s'exerçant sur la bride dans une situation sous pression.</p> <p>M = moment s'exerçant sur la bride dans la situation considérée :</p> <p>$M = M_A$ ou M_P selon qu'il s'agit de la situation d'assise du joint ou d'une situation sous pression.</p> <p>$f_{b,A}$ = contrainte nominale de calcul des boulons pour la situation d'assise du joint.</p> <p>$f_{b,P}$ = contrainte nominale de calcul des boulons pour une situation sous pression.</p> <p>f_{br}, f_v, f_c = contrainte nominale de calcul du matériau respectivement de la bride, de l'enveloppe cylindrique, du collet pour la situation considérée (assise du joint ou sous pression).</p> <p>ν = coefficient de Poisson du matériau de la bride.</p> <p>σ_l = contrainte méridienne maximale dans la collerette.</p> <p>σ_r = contrainte radiale maximale dans le plateau.</p> <p>σ_θ = contrainte circonférentielle maximale dans le plateau.</p> <p>C_0 = coefficient correctif pour tenir compte de l'espacement des boulons :</p> $C_0 = \text{MAX} \left\{ (1), \left(\frac{\pi C / n}{\sqrt{2d + \frac{6e_{br}}{m + 0,5}}} \right) \right\}$ <p>α_1, V_1 = coefficients relatifs aux brides tournantes ou indépendantes, donnés par les graphiques C6.1.5a et b ou par l'Annexe C6.A2.</p> <p>$x_1 = \frac{\alpha_1 \cdot e_{br}}{h_0}$</p> <p>$L_1 = \frac{x_1 + 1}{T} + \frac{V_1}{U} \frac{e_{br}^3}{h_0 \cdot g_0^2}$</p> <p style="margin-left: 20px;">} Coefficients relatifs aux brides tournantes ou indépendantes.</p>
---	--

**DETERMINATION DE L'ÉPAISSEUR e_{br} DU PLATEAU
DE LA BRIDE A UTILISER DANS LES CALCULS**

Tableau C6.1.3a - suite

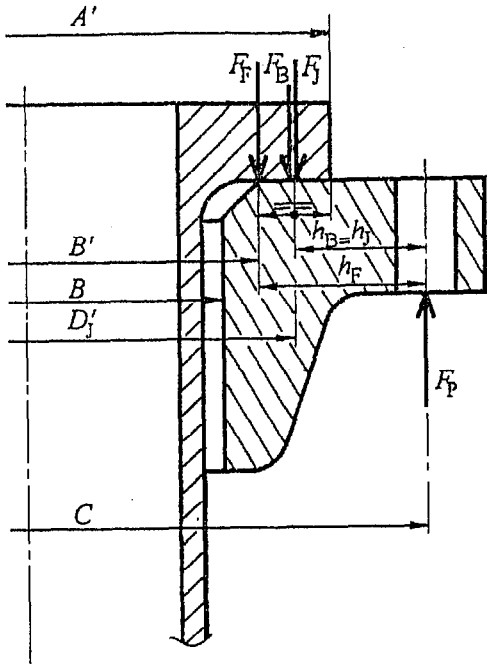
2 - Brides indépendantes ou monoblocs		
2.1 - Face plate ou surélevée		
$e_{br} = e_p$		
2.2 - Emboîtement simple		
a) femelle $e_{br} = \text{MIN} \{ (e_p), (e_{p,1}) \}$		
b) mâle $e_{br} = e_p$		
2.3 - Emboîtement double		
a) femelle $e_{br} = \text{MIN} \{ (e_p), (1,1 e_{p,1}) \}$		
b) mâle $e_{br} = e_p$		
2.4 - Gorge pour joint annulaire		
$e_{br} = \text{MIN} \{ (e_p), (1,1 e_{p,1}) \}$		

Tableau C6.1.3b - DETERMINATION DE J_0 , J_E et D_J POUR LES JOINTS PLATS

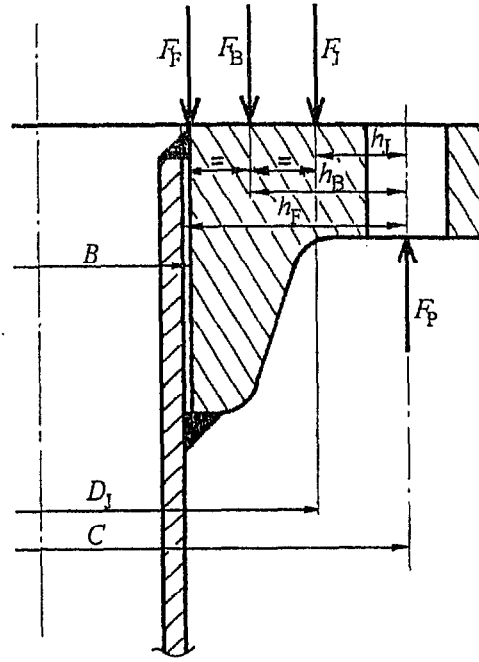
TYPE DE FACE DE JOINT		Valeurs de J_0		Valeurs de J_E et D_J
		joints métalliques lisses	joints de tous types sauf métalliques lisses (2)	
Face plate ou surélevée ou emboîtement simple	<p>Faces plates</p> 	b1) 2 faces lisses (1)	$\frac{J}{2}$	$\frac{J}{2}$
	<p>Faces surélevées</p> 	b2) 1 face striée (1) 1 face lisse	$\frac{3}{8}J$	$\frac{7}{16}J$
	<p>Emboîtement simple</p> 	b3) 2 faces striées (1)	$\frac{J}{4}$	$\frac{3}{8}J$
Emboîtement double		b4) 2 faces lisses (1) $\frac{J}{2} \leq L_T \leq J$	$\frac{L_T + e_1}{2}$ avec un maxi de $\frac{L_T + J}{4}$	$\frac{L_T + e_1}{2}$ avec un maxi de $\frac{L_T + J}{4}$
Portée de joint à languette		b5) languette sur une seule face $L_T \leq \frac{J}{2}$	$\frac{L_T + J}{4}$	$\frac{L_T + 3J}{8}$
		b6) languette sur les deux faces $L_T \leq \frac{J}{2}$	$\frac{J}{4}$	$\frac{3}{8}J$

Si $J_0 \begin{cases} \leq 6,3: J_E = J_0 \text{ et } D_J = D_{e,J} - J \\ > 6,3: J_E = 2,5\sqrt{J_0} \text{ et } D_J = D_{e,J} - 2J_E \end{cases}$

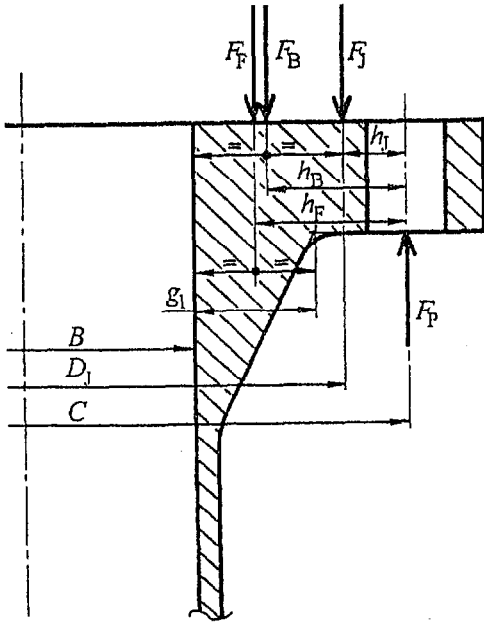
(1) Face « lisse » : face présentant des stries d'usinage de profondeur au plus égale à 0,4 mm et espacées de moins de 0,8 mm.
 Face « striée » : face présentant des stries d'usinage (spirales ou concentriques) de profondeur supérieure à 0,4 mm et espacées de plus de 0,8 mm.
 (2) Certains types de portée de joint peuvent ne pas être compatibles avec certains types de joint.



a) Bride tournante



b) Bride indépendante



c) Bride monobloc

Voir formules paragraphe C6.1.6.2.c

Page 9/12

Fig. C6.1.3 - Forces F_B , F_F , F_J et distances h_B , h_F , h_J .

C6.1.4 - VÉRIFICATION DE LA BOULONNERIE

a) La force minimale que doivent exercer les n boulons dans la situation d'assise du joint est donnée par la formule :

$$F_A = J_E \cdot \pi D_J \cdot P_A$$

(formule C6.1.4a)

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

$$F_P = 2J_E \cdot \pi D_J \cdot m \cdot P + \frac{\pi}{4} D_J^2 \cdot P$$

(formule C6.1.4b)

c) La section minimale nécessaire pour l'ensemble des n boulons est donnée par la relation :

$$S = \text{MAX} \left\{ \left(\frac{F_A}{f_{b,A}} \right), \left(\frac{F_P}{f_{b,P}} \right)_1, \left(\frac{F_P}{f_{b,P}} \right)_2, \dots \right\}$$

(relation C6.1.4c)

dans laquelle :

$\left(\frac{F_A}{f_{b,A}} \right)$ représente la section minimale nécessaire dans la situation d'assise du joint,

$\left(\frac{F_P}{f_{b,P}} \right)_1$ représente la section minimale nécessaire dans la situation sous pression n°1,

$\left(\frac{F_P}{f_{b,P}} \right)_2$ représente la section minimale nécessaire dans la situation sous pression n°2,

etc.

d) La section s_r de chaque boulon et leur nombre n doivent être tels que :

$$n \cdot s_r \geq S$$

(relation C6.1.4d)

e) La force de traction s'exerçant sur les n boulons à prendre en compte pour le calcul de la bride dans la situation d'assise du joint est donnée par la formule :

$$F'_A = \frac{n \cdot s_r + S}{2} f_{b,A}$$

(formule C6.1.4e)

f) Dans le cas des joints plats, 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, il y a lieu de vérifier la relation :

$$\frac{F'_A}{J \cdot \pi D_J} \leq 2 P_A$$

(relation C6.1.4f)

C6.1.6 - VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LES BRIDES INDÉPENDANTES

C6.1.6.1 - Domaine d'application

La présente règle permet de déterminer, puis de vérifier les contraintes dans :

- les brides emmanchées-soudées avec collerette tronconique (voir fig. C6.1.1.3a) ou cylindrique (voir fig. C6.1.1.3b),
- les brides emmanchées-soudées sans collerette (voir fig. C6.1.1.3c),
- les brides vissées avec ou sans collerette dont l'étanchéité est assurée sur la bride (voir fig. C6.1.1.2a).

C6.1.6.2 - Détermination des moments

a) Le moment s'exerçant sur la bride, dans la situation d'assise du joint, est donné par la formule :

$$M_A = F'_A \cdot h_J$$

(formule C6.1.6.2a)

b) Le moment s'exerçant sur la bride, dans une situation sous pression, est donné par la formule :

$$M_P = F_B \cdot h_B + F_F \cdot h_F + F_J \cdot h_J$$

(formule C6.1.6.2b)

c) Les forces et distances sont données par les formules :

$$F_B = \frac{\pi (D_J^2 - B^2)}{4} P$$

(formule C6.1.6.2c1)

$$h_B = \frac{2C - B - D_J}{4}$$

(formule C6.1.6.2c2)

$$F_F = \frac{\pi B^2}{4} P$$

(formule C6.1.6.2c3)

$$h_F = \frac{C - B}{2}$$

(formule C6.1.6.2c4)

$$F_J = 2 J_E \cdot \pi D_J \cdot m \cdot P$$

(formule C6.1.6.2c5)

$$h_J = \frac{C - D_J}{2}$$

(formule C6.1.6.2c6)

C6.1.6.3 - Détermination des contraintes

Dans les formules ci-après, M représente indifféremment :

- le moment M_A relatif à la situation d'assise du joint,

ou

- le moment M_P relatif à chaque situation sous pression considérée.

a) La contrainte maximale méridienne de flexion dans la collerette est donnée par la formule :

$$\sigma_1 = \frac{1}{L_1 \cdot g_1^2 \cdot B_1} M \cdot C_0$$

(formule C6.1.6.3a)

dans laquelle :

$$\text{si } B \geq 20 g_1 : B_1 = B,$$

$$\text{si } B < 20 g_1 : B_1 = B + g_1.$$

Pour les brides sans collerette : $\sigma_1 = 0$.

b) La contrainte maximale radiale dans le plateau est donnée par la formule :

$$\sigma_r = \frac{\frac{4}{3} x_1 + 1}{L_1 \cdot e_{br}^2 \cdot B} M \cdot C_0$$

(formule C6.1.6.3b)

Pour les brides sans collerette : $\sigma_r = 0$.

c) La contrainte maximale circonférentielle dans le plateau est donnée par la formule :

$$\sigma_\theta = \frac{Y}{e_{br}^2 \cdot B} M \cdot C_0 - Z \cdot \sigma_r$$

(formule C6.1.6.3c1)

Pour les brides sans collerette, cette formule devient :

$$\sigma_\theta = \frac{Y}{e_{br}^2 \cdot B} M \cdot C_0$$

(formule C6.1.6.3c2)

C6.1.6.4 - Valeurs admissibles des contraintes

Pour chacune des situations considérées (situation d'assise du joint et situations sous pression), les contraintes σ_1 , σ_r , σ_θ doivent vérifier les inégalités :

- $\sigma_1 \leq 1,5 f_{br}$
- $\sigma_r \leq f_{br}$
- $\sigma_\theta \leq f_{br}$
- $\frac{\sigma_1 + \sigma_r}{2} \leq f_{br}$
- $\frac{\sigma_1 + \sigma_\theta}{2} \leq f_{br}$

Pour les brides sans collerette, seule l'inégalité :

$$\sigma_\theta \leq f_{br}$$

est à vérifier.

C6.1.7 - VÉRIFICATION DES CONTRAINTES DANS LES BRIDES MONOBLOCS

C6.1.7.1 - Domaine et conditions d'application

La présente règle permet de déterminer puis de vérifier les contraintes dans :

- les brides monoblocs avec collerette tronconique (voir fig. C6.1.1.4a) ou cylindrique (voir fig. C6.1.1.4b),
- les brides monoblocs reconstituées (voir fig. C6.1.1.4c).

Si la bride est directement assemblée à un fond elliptique, torisphérique ou hémisphérique, voir C3.1.8.

La présente règle s'applique aux brides qui satisfont aux conditions suivantes :

a) l'épaisseur admise g_0 de la collerette à son extrémité doit être au moins égale à :

$$e_{0,cyl} = \frac{P \cdot B}{2 f_v - P}$$

b) l'épaisseur utile de l'enveloppe cylindrique doit être au moins égale à g_0 sur une longueur, mesurée comme l'indiquent les figures C6.1.1.4a, b, c, au moins égale à :

$$l_{cyl} = \sqrt{(B + g_0) g_0}$$

Cette longueur l_{cyl} d'enveloppe cylindrique participant à la résistance de la bride ne doit pas interférer avec la zone d'influence du raccordement de cette enveloppe cylindrique avec une autre enveloppe, un fond, une plaque tubulaire, une autre bride, etc.

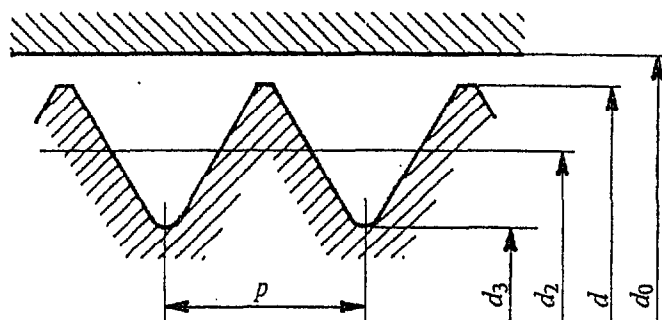
Si cette double condition b n'est pas satisfaite, il est possible de justifier la résistance de la bride par application de la règle C6.1.6. La zone d'influence évoquée ci-dessus peut alors s'étendre jusqu'à l'extrémité de la collerette si la bride est à collerette tronconique, ou jusqu'à la face postérieure du plateau si la bride est à collerette cylindrique (voir figures C6.1.1.4).

Dans tous les cas (voir C5), que la résistance de la bride soit justifiée au moyen de l'une ou l'autre des règles C6.1.6 ou C6.1.7, la longueur d'enveloppe cylindrique participant à la résistance d'une ouverture proche de la bride peut s'étendre jusqu'aux limites indiquées à l'alinéa ci-dessus.

c) Pour les brides monobloc reconstituées, le cordon de soudure plateau-enveloppe cylindrique doit être considéré comme une collerette tronconique dont les

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

(Annexe informative)



Caractéristiques de la boulonnerie à filetage métrique à filet triangulaire au profil ISO (NF E 03-001) à pas gros ⁽¹⁾ (d'après les normes NF E 03-013 et E 03-014)					Diamètre des trous de passage de boulons, série moyenne suivant NF EN 20-073 d_0 ⁽¹⁾
Diamètre nominal d ⁽²⁾	Pas p	Diamètre sur flancs $d_2 = d - 0,6495 p$	Diamètre du noyau de la vis $d_3 = d - 1,2268 p$	Section résistante $s_r = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$	
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 en caractères gras.

