

AVANT-PROPOS

Les efforts à prendre en compte pour l'application de cette norme résultent :

- en classe 1, du chapitre 1 de la norme DTU NF P 22-701 "Règles de calcul des constructions en acier",
- en classe 2, du chapitre 1 du Titre V, fascicule 61 du Ministère de l'Équipement : "Conception et calcul des ponts et constructions métalliques en acier".

SOMMAIRE

	Page
1 SYMBOLES ET UNITÉS	2
2 OBJET	3
3 DOMAINE D'APPLICATION	3
4 QUALITÉS ET DIMENSIONS DES BOULONS	3
5 EMPLOI DE BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS D'ASSEMBLAGE	3
5.1 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET RIVETS	3
5.2 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET BOULONS NON PRÉCONTRAINS	3
5.3 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET SOUDURE	3
6 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS PAR DES EFFORTS PERPENDICULAIRES À L'AXE DES BOULONS	4
6.1 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	4
6.2 EFFORT ADMISSIBLE PAR BOULON ET PLAN DE GLISSEMENT	6
6.3 ASSEMBLAGES TENDUS OU COMPRIMÉS	6
6.4 ASSEMBLAGES CISAILLÉS	7
6.5 PRESSION DIAMÉTRALE	9
7 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS EN TRACTION DANS LA DIRECTION DE L'AXE DES BOULONS	9
7.1 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	9
7.2 EFFORT ADMISSIBLE PAR LES BOULONS	10
7.3 VÉRIFICATION DES PIÈCES	10
7.4 RAIDISSEURS	11
7.5 SOUDURES	11
8 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS À LA FOIS PERPENDICULAIREMENT ET PARALLÈLEMENT À L'AXE DES BOULONS	11
8.1 EFFORTS	11
8.2 VÉRIFICATION DES BOULONS	11
8.3 VÉRIFICATION DES PIÈCES	11
8.4 RAIDISSEURS	11
8.5 SOUDURES	11
9 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS PAR UN MOMENT FLÉCHISSANT, UN EFFORT TRANCHANT ET UN EFFORT NORMAL. ASSEMBLAGES PAR PLATINE SOUDÉE	12
9.1 CONDITIONS D'EMPLOI DE LA MÉTHODE	12
9.2 ASSEMBLAGES À DEUX FILES DE BOULONS	12
9.3 ASSEMBLAGES À QUATRE FILES DE BOULONS	19
9.4 RAIDISSEURS	20
9.5 SOUDURES	20
9.6 ÂME DU POTEAU	20

1 SYMBOLES ET UNITÉS

1.1 SYMBOLES

A	: aire de la section d'un élément d'une pièce,
A_s	: aire de la section résistante d'une vis,
N	: effort normal relatif à l'état limite ultime (effort pondéré) appliqué à l'assemblage,
N_1	: effort parallèle à l'axe des boulons,
N_{adm}	: résistance limite admissible d'un boulon à l'effort normal,
M	: moment fléchissant relatif à l'état limite ultime appliqué à l'assemblage,
$M_{rés}$: moment résistant à l'état limite ultime de l'assemblage,
Q	: effort tranchant, ou de glissement, relatif à l'état limite ultime appliqué à l'assemblage,
Q_1	: effort de glissement repris par un boulon,
Q_{adm}	: résistance limite admissible de glissement d'un boulon,
P_v	: effort de précontrainte d'un boulon (sauf indication contraire, P_v est égal à $0,8 \sigma_{eb} \cdot A_s$),
a	: distance, en général,
$a_{//}$: distance de l'axe d'un boulon au bord le plus voisin de la pièce assemblée, dans le sens de l'effort sollicitant l'assemblage (pince longitudinale),
a_{\perp}	: distance de l'axe d'un boulon au bord le plus voisin de la pièce assemblée, dans la direction normale à l'effort sollicitant l'assemblage (pince transversale),
b	: largeur en général,
b_p	: largeur de platine,
b_r	: largeur d'un raidisseur,
e	: épaisseur d'une pièce assemblée quelconque,
e_a	: épaisseur d'âme,
e_{ext}	: épaisseur d'une pièce non pincée entre deux autres,
e_{min}	: épaisseur de la plus mince des pièces assemblées (fourrure exclue),
e_s	: épaisseur de semelle,
e_{exc}	: excentricité,
d	: diamètre nominal des vis,
d_{tr}	: diamètre des trous de boulons,
h	: hauteur d'un profilé,
ℓ_{eff}	: longueur de la ligne de moindre résistance pour le calcul de la section nette,
ℓ_r	: longueur d'un raidisseur,
n	: nombre de boulons contenus dans un assemblage,
n_1	: nombre de boulons rencontrés dans la détermination de ℓ_{eff} ,
s	: entraxe des trous, en général,
$s_{//}$: entraxe des trous, dans le sens de l'effort,
s_{\perp}	: entraxe des trous, dans le sens perpendiculaire à l'effort,
σ_e	: limite d'élasticité garantie de l'acier constituant les pièces,
σ_{eb}	: limite d'élasticité garantie de l'acier constituant les vis,
μ_f	: coefficient conventionnel de frottement entre les surfaces de contact des pièces assemblées.

1.2 UNITÉS

- efforts en newtons,
- limite d'élasticité en mégapascals, M Pa ($1 \text{ M Pa} = 1 \text{ N/mm}^2$),
- dimensions linéaires en millimètres,
- surfaces en millimètres carrés.

2 OBJET

La présente norme a pour objet de définir les conditions à respecter lors de la conception des assemblages par boulons à serrage contrôlé.

Elle indique également les conditions de calcul et de vérification des boulons, des pièces assemblées et des pièces de liaison.

Elle comprend deux classes de qualité. Sauf prescriptions contraires des documents du marché, c'est la classe 1 qui est retenue.

3 DOMAINE D'APPLICATION

Cette norme s'applique à la construction, au renforcement ou à la réparation des ouvrages, ou éléments d'ouvrages, en acier, fixes ou mobiles, inclus dans une opération de bâtiment, de génie civil, de travaux publics, d'aménagement et d'équipement, soumis, entre autres, à des charges d'origine climatique, hydraulique ou marine.

Le cahier des clauses techniques générale ou la lettre d'engagement, précise, complète ou modifie ces prescriptions lorsque les ouvrages sont soumis à des règles de sécurité particulières ou lorsque les conditions de chargement sont telles qu'il y a lieu d'envisager des risques spécifiques.

4 QUALITÉS ET DIMENSIONS DES BOULONS

Les qualités et dimensions des boulons relèvent des normes :

- **NF E 27-701** : Boulonnerie à serrage contrôlé destinée à l'exécution des constructions métalliques - Spécifications techniques (boulons protégés ou non),
- **NF E 27-711** : Boulonnerie à serrage contrôlé destinée à l'exécution des constructions métalliques - Boulons à tête hexagonale à collerette - Dimensions et tolérances - Boulons non protégés.

Les boulons d'un même assemblage sont d'une même classe de qualité et d'un même diamètre.

5 EMPLOI DE BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS D'ASSEMBLAGE

5.1 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET RIVETS

Dans un même assemblage, l'emploi simultané de boulons à serrage contrôlé et de rivets est interdit pour les ouvrages neufs.

5.2 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET BOULONS NON PRÉCONTRAINS

Dans un même assemblage, l'emploi simultané de boulons à serrage contrôlé et de boulons non précontraints est toléré à condition :

- de ne pas tenir compte dans les calculs de la présence des boulons non précontraints sauf pour la détermination de la section nette (5.3.3.2),
- que le diamètre des boulons non précontraints soit inférieur à celui des boulons à serrage contrôlé, la différence devant être de deux millimètres (exemple : pour des boulons à serrage contrôlé de 20 mm, les boulons non précontraints sont de 18 mm).

5.3 BOULONS À SERRAGE CONTRÔLÉ ET SOUDURE

L'emploi simultané de boulons à serrage contrôlé et de soudure n'est admissible que si les déformations de l'assemblage n'entraînent pas un report d'effort sur l'un ou l'autre des procédés d'assemblage.

On admet qu'il en est ainsi :

- dans l'assemblage d'éléments reconstitués de différentes parties et lorsque celles-ci sont assemblées par un même procédé, figure 1,

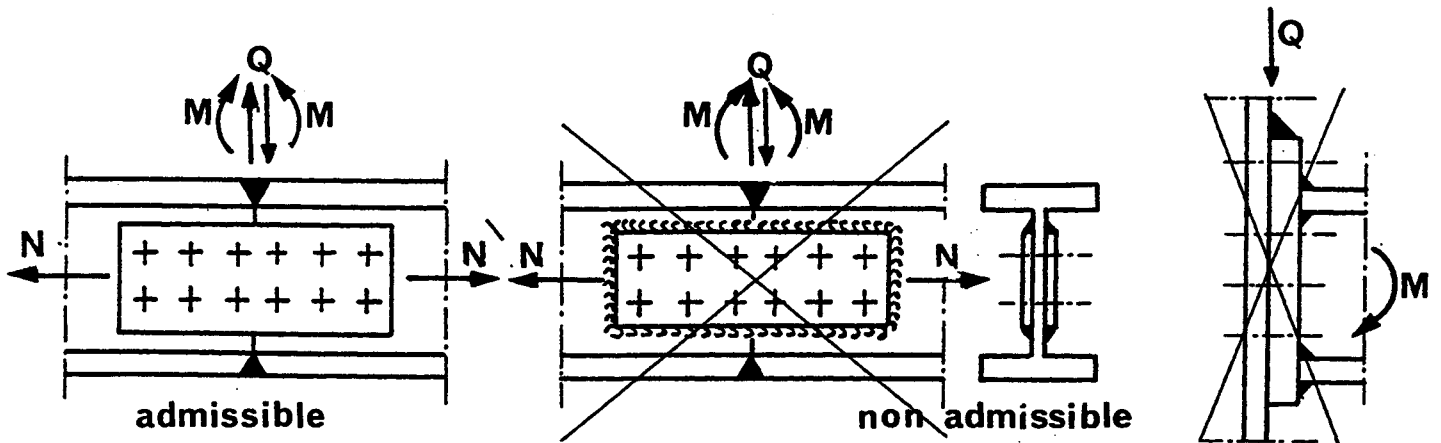


Figure 1

- dans l'assemblage de deux parties constitutives d'éléments lorsque les boulons et les soudures sont sollicités, et dimensionnés pour des efforts indépendants, vis-à-vis de l'autre procédé d'assemblage, figure 2,

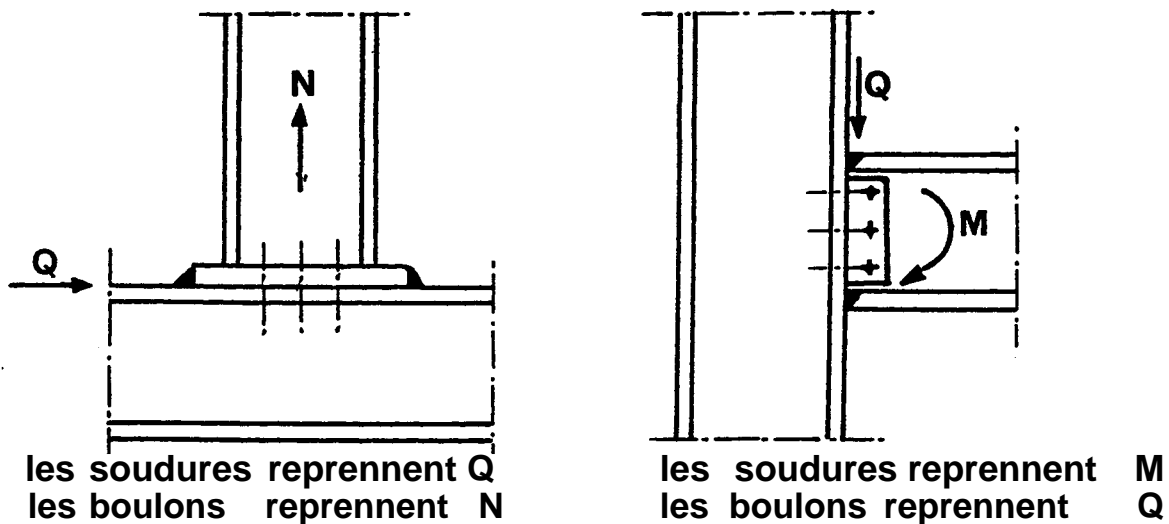


Figure 2

6 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS PAR DES EFFORTS PERPENDICULAIRES À L'AXE DES BOULONS

6.1 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

6.1.1 Épaisseur des pièces élémentaires - Classes 1 et 2

6.1.1.1 Épaisseur des pièces élémentaires

Les pièces assemblées étant classées par ordre d'épaisseur décroissante, en appelant e_2 l'épaisseur de la deuxième :

$$\begin{aligned} d &\geq (e_2 + 2) \text{ mm} && \text{si on a } e_2 \leq 20 \text{ mm} \\ d &\geq 22 \text{ mm} && \text{si on a } e_2 > 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

6.1.1.2 Épaisseur totale

Aucune limitation n'est imposée à l'épaisseur totale des éléments, pièces et parties assemblées. Toutefois, il est rappelé que pour une épaisseur supérieure à 8 fois le diamètre nominal des boulons, des précautions particulières sont à envisager pour la mise en œuvre.

6.1.2 Entraxe des boulons, pincés longitudinales, pincés transversales, figure 3

Classe 1.

Les entraxes "s" des boulons, les pincés longitudinales $a_{//}$ et les pincés transversales a_{\perp} doivent respecter les conditions du tableau 1. (Par e_{ext} il faut entendre l'épaisseur de la pièce extérieure la plus mince).

Classe 2.

Les entraxes "s" des boulons, les pincés longitudinales $a_{//}$ et les pincés transversales a_{\perp} doivent respecter les conditions du tableau 2.

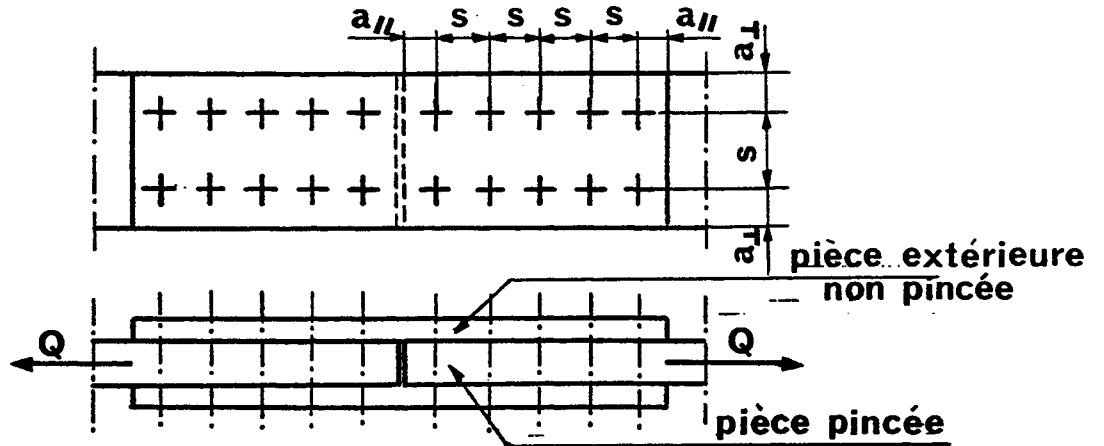


Figure 3

TABLEAU 1 - CLASSE 1

			ASSEMBLAGES	
			pièces pincées	pièces non pincées
Entraxe s	files extérieures	\geq	3 d_{tr}	
		\leq	7 d_{tr} (*)	7 d_{tr} et 15 e_{ext}
	files intérieures	\leq	30 e_{min}	
Pince longitudinale $a_{//}$		\geq	$1,5 d_{tr}$ et $\frac{0,8 Q_t}{e \sigma_e}$	
		\leq	4 d_{tr}	2,5 d_{tr} et 6 e_{ext}
Pince transversale a_{\perp}		\geq	1,5 d_{tr}	
		\leq	2,5 d_{tr}	2,5 d_{tr} et 6 e_{ext}
(*) Lorsque l'assemblage n'est pas soumis aux intempéries cette valeur peut être portée à 10 d_{tr} .				

TABLEAU 2 - CLASSE 2

			ASSEMBLAGES	
			pièces pincées	pièces non pincées
Entraxe s	files extérieures	\geq	3 d _{tr}	
		\leq	5 d _{tr} (*)	
	files intérieures	\leq	12 e _{min}	
Pince longitudinale a//	\geq	2 d _{tr}		
	\leq	4 d _{tr}	2,5 d _{tr}	
Pince transversale a⊥	\geq	1,5 d _{tr}		
	\leq	2,5 d _{tr}		
(*) Lorsque l'assemblage n'est pas soumis aux intempéries cette valeur peut être portée à 10 d _{tr} .				

6.2 EFFORT ADMISSIBLE PAR BOULON ET PAR PLAN DE GLISSEMENT

Lorsque l'assemblage est sollicité par un effort perpendiculaire à l'axe des boulons, les valeurs admissibles Q_{adm} sont :

- classe 1 : $Q_{adm} = 1,1 \cdot P_v \cdot \mu_f$
- classe 2 : $Q_{adm} = \mu_f \cdot P_v$

Le coefficient de frottement conventionnel μ_f dépend du traitement de surface des pièces assemblées; sa définition et son mode de détermination sont fixés par la norme P 22-461 :

"Construction métallique - Assemblage par boulons à serrage contrôlé - Détermination du coefficient conventionnel de frottement"

En tout état de cause, il convient de s'assurer que les coefficients de frottement pris en compte pour la justification des assemblages pourront effectivement être obtenus lors de l'exécution.

6.3 ASSEMBLAGES TENDUS OU COMPRIMÉS - CLASSES 1 ET 2

6.3.1 Effort de glissement Q_1

L'effort de glissement Q_1 repris par un boulon est égal au quotient de l'effort de glissement relatif à l'état limite ultime Q par le nombre de boulons du demi-assemblage (figure 5) ou de l'assemblage, figure 6 :

$$Q_1 = \frac{Q}{n}$$

6.3.2 Vérification au glissement

L'effort de glissement Q_1 doit vérifier la condition :

$$Q_1 \leq Q_{adm}$$

Q_{adm} est donné par l'article 6.2 de la présente norme.

6.3.3 Vérification des pièces assemblées, figure 4

6.3.3.1 Section nette

Le calcul de la section nette est effectué sur la ligne effective de moindre résistance.

La longueur de la ligne effective de moindre résistance est prise égale à la valeur minimale, pour différentes possibilités du chemin de rupture, de l'expression :

$$l_{eff} = b - n_1 \cdot d_{tr} + \sum \frac{(s//i)^2}{4 s \perp i}$$

La section nette est égale au produit de l_{effmin} par l'épaisseur de la pièce considérée.

Dans le cas où l'assemblage comporte des boulons non précontraints, on doit tenir compte des trous correspondants dans la détermination de la section nette.

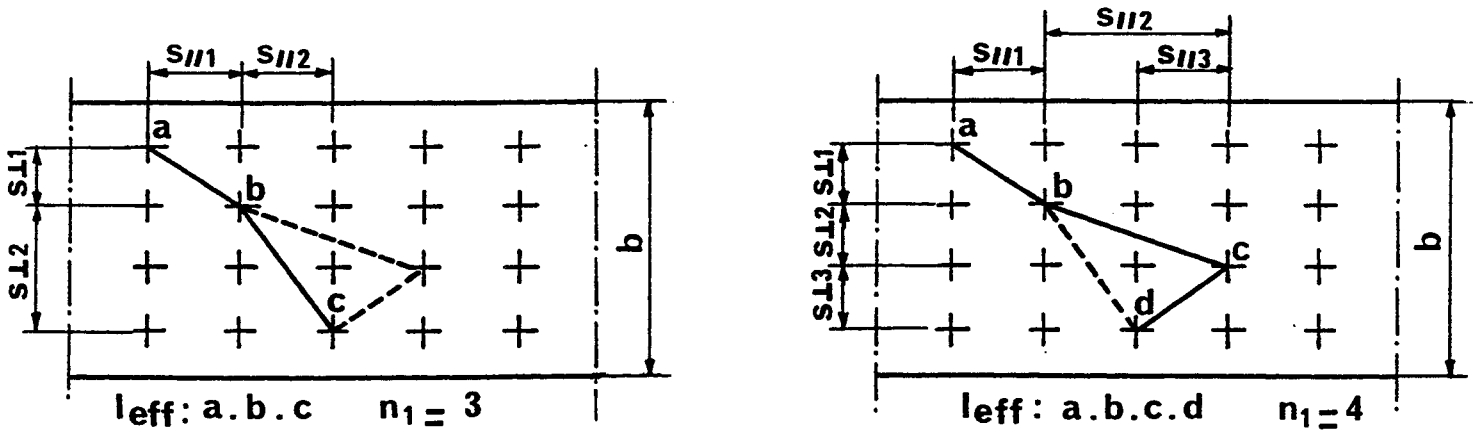


Figure 4

6.3.3.2 Vérification des pièces

L'effort dans une section donnée est égal à l'effort total Q diminué des efforts Q_1 (et non Q_{adm}) des boulons situés en avant de la section considérée.

On adopte comme contrainte normale de traction dans les pièces ou éléments de pièces, la plus forte des valeurs obtenues :

- soit en divisant l'effort dans la section par la section brute,
- soit en divisant par la section nette l'effort dans la section, diminué de 40 % de la somme des efforts Q_1 transmis par les boulons situés dans la section considérée.

Dans les pièces ou éléments de pièces soumis à une compression, la contrainte de compression est égale au rapport de l'effort dans la section par la section brute de la pièce ou de l'élément de pièce comprimée.

Les contraintes ainsi calculées doivent être inférieures ou égales à σ_e .

6.4 ASSEMBLAGES CISAILLÉS - CLASSES 1 ET 2

6.4.1 Effort de glissement Q_1

6.4.1.1 Assemblages de continuité d'âme de poutre, figure 5

Par rapport au centre de rotation (CdR) de l'attache, l'effort de glissement Q_1 équilibré par chacun des boulons est obtenu par composition vectorielle des efforts résultant des éléments de réduction de M , N et Q

Les éléments de réduction au centre de rotation sont :

$$M_{\text{CdR}} = M + Q \cdot e_x + N \cdot e_y \text{ et } N_{\text{CdR}} = N \text{ et } Q_{\text{CdR}} = Q$$

avec e_x : valeur de l'excentrement de Q par rapport au centre de rotation,

e_y : valeur de l'excentrement de N par rapport au centre de rotation.

Pour chaque boulon, les efforts résultants à composer vectoriellement sont :

$$Q_{11R} = \frac{M_{\text{CdR}} \sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{\sum_{i=1}^n (x_i^2 + y_i^2)}$$

$$Q_{12R} = \frac{Q}{n}$$

$$Q_{13R} = \frac{N}{n}$$

$$\vec{Q}_1 = \vec{Q}_{11} + \vec{Q}_{12} + \vec{Q}_{13}$$

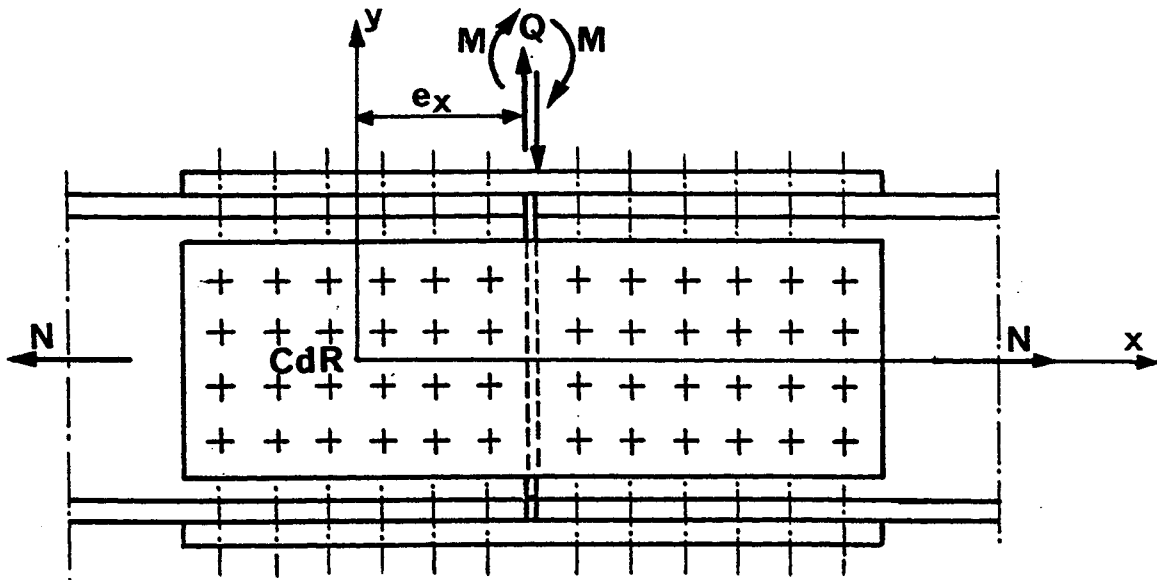


Figure 5

Dans le cas d'une disposition symétrique des boulons, le centre de rotation de l'assemblage peut être confondu avec le centre de gravité de l'ensemble des boulons.

6.4.1.2 Assemblages de consoles, figure 6

Par rapport au centre de rotation de l'attache, l'effort de glissement Q_1 équilibré par chacun des boulons est obtenu par composition vectorielle des efforts résultant des éléments de réduction en ce point des sollicitations auxquelles est soumis l'assemblage.

Dans le cas d'une disposition symétrique des boulons, le centre de rotation de l'assemblage peut être confondu avec le centre de gravité de l'ensemble des boulons.

6.4.2 Vérification au glissement

L'effort de glissement Q_1 pour le boulon le plus sollicité doit vérifier :

$$Q_1 \leq Q_{adm}$$

Q_{adm} est donné par l'article 6.2 de la présente norme.

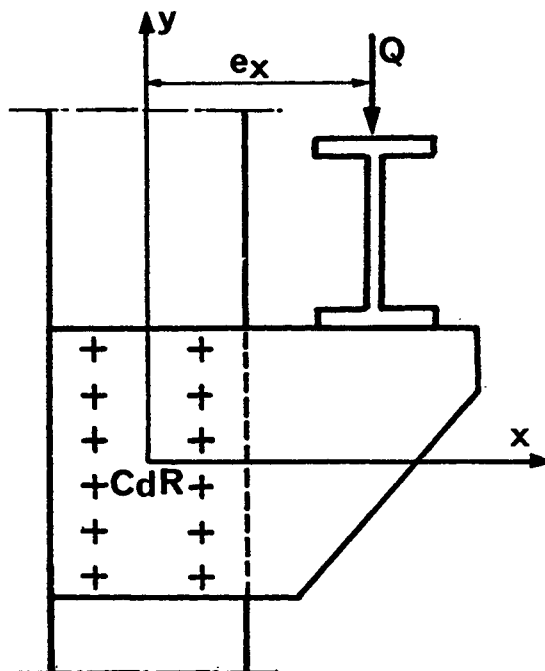


Figure 6

6.4.3 Vérification des pièces

6.4.3.1 Pièces assemblées

Pour l'effort Q_1 maximal, on vérifie :

- la condition de pression diamétrale de l'article 6.5,
- la condition de pince longitudinale $a_{//}$ de l'article 6.1.2.

6.4.3.2 Pièces d'assemblage

Les pièces d'assemblage sont vérifiées dans la section la plus sollicitée sous les conditions suivantes :

- on vérifie indépendamment la contrainte normale et la contrainte de cisaillement,
- la contrainte normale est calculée en section nette,
- la contrainte de cisaillement est calculée en section brute.

6.5 PRESSION DIAMÉTRALE

6.5.1 Classes 1 et 2

La pression diamétrale admissible est égale à quatre fois la limite d'élasticité de la pièce assemblée :

$$\frac{Q_1}{d \cdot e} \leq 4 \sigma_e$$

6.5.2 Classe 2

Dans le cas d'une structure soumise à des efforts dynamiques, la pression diamétrale admissible est :

$$\frac{Q_1}{d \cdot e} \left(1 + k \frac{|-Q_1|_{\max}}{|Q_1|_{\max}} \right) \leq 4 \sigma_e$$

avec $k = 0,3$ si $\sigma_e = 235$ MPa

$k = 0,9$ si $\sigma_e = 355$ MPa

$|Q_1|_{\max}$: valeur absolue de la plus grande contrainte normale,

$|-Q_1|_{\max}$: valeur absolue de la plus grande contrainte normale de signe opposé.

7 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS EN TRACTION DANS LA DIRECTION DE L'AXE DES BOULONS

7.1 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES, FIGURE 7

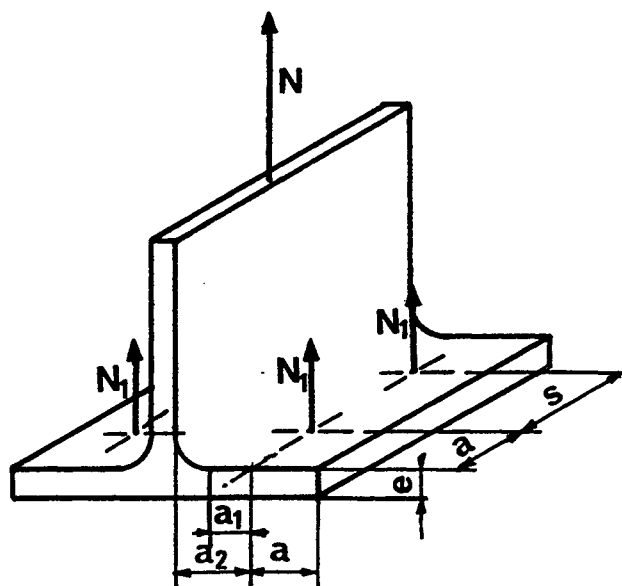


Figure 7

7.1.1 Distance "s" entraxe des boulons

La distance "s", entraxe des boulons, doit être inférieure à 15 fois l'épaisseur minimale des pièces assemblées :

$$s \leq 15 e_{\min}$$

7.1.2 Distance "a" au bord libre des pièces

La distance "a" au bord libre des pièces doit être supérieure ou égale à $1,5 d_{tr}$ et inférieure à 6 fois l'épaisseur minimale des pièces assemblées :

$$1,5 d_{tr} \leq a \leq 6 e_{\min}$$

7.1.3 Disposition des boulons

Les boulons doivent être disposés symétriquement par rapport à la ligne d'action de l'effort N appliqué à l'assemblage.

7.2 EFFORT ADMISSIBLE PAR LES BOULONS - CLASSES 1 ET 2

L'effort admissible N_{adm} relatif à l'état limite ultime par boulon ne doit pas être supérieur à la précontrainte du boulon :

$$N_{adm} \leq P_v$$

En outre, N_{adm} doit être inférieur ou égal à l'effort N_1 calculé suivant les formules du paragraphe 7.3.

7.3 VÉRIFICATION DES PIÈCES - ASSEMBLAGES EN EXTENSION - CLASSES 1 ET 2

7.3.1 Effort appliqué à chaque boulon N_1

L'effort N_1 appliqué à chaque boulon est obtenu en divisant l'effort normal relatif à l'état limite ultime N appliqué à l'assemblage par le nombre de boulons :

$$N_1 = \frac{N}{n}$$

7.3.2 Pièces non raidies (figure 7)

L'effort relatif à l'état limite ultime appliqué à chaque boulon et parallèlement à l'axe de ceux-ci doit vérifier la condition :

$$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{s}{s + a_2} \right)$$

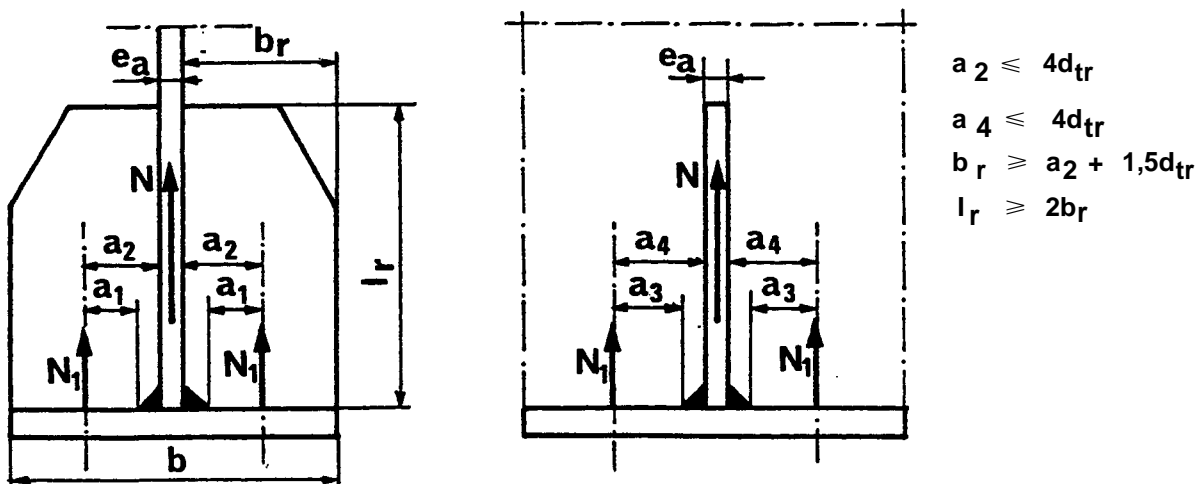


Figure 8

7.3.3 Pièces raidies, figure 8

On considère qu'un élément de pièce est raidi vis-à-vis d'un effort agissant parallèlement à l'axe du boulon lorsque ce dernier est situé dans l'angle créé par la pièce et le raidisseur, et sous réserve que la distance de l'axe du trou du boulon à la pièce ou au raidisseur soit inférieure ou égale à $4 d_r$.

L'effort N_1 doit vérifier la condition $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$;

7.4 RAIDISSEURS, FIGURE 8

Dans le sens perpendiculaire à l'effort N , les raidisseurs doivent être tels que :

$$b_r \geq a_2 + 1,5 d_r$$

Dans le sens de l'effort N , les raidisseurs doivent avoir une longueur ℓ_r supérieure ou égale à deux fois b_r : $\ell_r \geq 2 b_r$.

L'épaisseur d'un raidisseur est au moins égale à l'épaisseur la plus faible des pièces sur lesquelles il est soudé.

7.5 SOUDURES

Sauf justification, les cordons de soudure doivent avoir une épaisseur utile égale à 0,7 fois l'épaisseur la plus faible des pièces assemblées. L'épaisseur utile pour un cordon ne doit pas être inférieure à 3 mm.

8 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS À LA FOIS PERPENDICULAIREMENT ET PARALLÈLEMENT À L'AXE DES BOULONS

8.1 EFFORTS

8.1.1 Effort repris par un boulon

- Effort de glissement Q_1 .

L'effort de glissement repris par un boulon est égal au quotient de l'effort de glissement relatif à l'état limite ultime par le nombre de boulons de l'assemblage.

- Effort parallèle à l'axe des boulons N_1 .

L'effort parallèle à l'axe des boulons est égal au quotient de l'effort normal relatif à l'état limite ultime divisé par le nombre de boulons.

8.1.2 Efforts admissibles

- Effort de glissement admissible Q_{adm} .

L'effort de glissement admissible par-plan de glissement et par boulon, est :

- Classe 1 : $Q_{adm} = 1,1 \mu_f (P_v - N_1)$

- Classe 2 : $Q_{adm} = \mu_f (P_v - N_1)$

- Effort dans l'axe des boulons.

L'effort admissible dans l'axe des boulons est égal à la précontrainte :

$$N_{adm} = P_v$$

8.2 VÉRIFICATION DES BOULONS

- Au glissement : $Q_1 \leq Q_{adm}$
- Dans l'axe des boulons : $N_1 \leq N_{adm}$

8.3 VÉRIFICATION DES PIÈCES

Voir paragraphes 6 et 7 de la présente norme.

8.4 RAIDISSEURS

Voir paragraphe 7.4 de la présente norme.

8.5 SOUDURES

Voir paragraphe 7.5 de la présente norme.

9 ASSEMBLAGES SOLLICITÉS PAR UN MOMENT FLÉCHISSANT, UN EFFORT TRANCHANT ET UN EFFORT NORMAL ASSEMBLAGES PAR PLATINE SOUDÉE

9.1 CONDITIONS D'EMPLOI DE LA MÉTHODE

La présente méthode de vérification ne s'applique que :

- pour les assemblages soumis à des sollicitations (M, N, Q) résultant d'actions statiques ou considérées comme telles (vent, par exemple),
- pour les poutres en profils I symétriques, laminés ou reconstitués par soudure, d'une hauteur maximale de 1 000 mm, quand ils comportent des boulons extérieurs, figure 9, et d'une hauteur maximale de 600 mm, quand ils ne comportent pas de boulons extérieurs, figure 10, les poteaux étant en profilés I laminés.
- si la pièce comportant la platine d'extrémité est soumise à un effort normal inférieur ou égal à la plus petite des valeurs :

$$\begin{aligned} \pm N &= 0,15 A \cdot \sigma_e \\ \pm N &= 0,15 n \cdot P_v \end{aligned}$$

avec A : aire de la section de la poutre,
+ N : effort normal de traction,
- N : effort normal de compression.

Dans le cas où $N \leq 0,05 A$ de on n'a pas à tenir compte de cet effort dans la vérification de l'assemblage.

- si la platine présente une planéité suffisante. On considère qu'il en est ainsi lorsque l'écart entre la platine et la pièce sur laquelle elle s'appuie est inférieur à $b_p/100$ (avec b_p : largeur de la platine) ; cet écart étant mesuré à la périphérie de la platine.

Cette méthode ne s'applique pas dans le cas où des raidisseurs sont placés entre les boulons centraux, une autre méthode de calcul devant être employée.

9.2 ASSEMBLAGES À DEUX FILES DE BOULONS

9.2.1 Dispositions constructives

9.2.1.1 *Distance "s", entraxe des boulons, figure 11*

La distance "s", entraxe des boulons, ne doit pas être supérieure à 15 fois l'épaisseur de la pièce la plus mince :

$$s \leq 15 e_{\min}$$

9.2.1.2 *Pince*

La distance "a" au bord libre des pièces doit être supérieure ou égale à $1,5 d_{tr}$ et inférieure ou égale à 6 fois l'épaisseur minimale des pièces assemblées :

$$1,5 d_{tr} \leq a \leq 6 e_{\min}$$

9.2.1.3 *Pièces raidies*

Un élément de pièce est considéré comme raidi s'il répond aux conditions de l'article 7.3.3 de la présente norme.

9.2.1.4 *Épaisseur des platines*

L'épaisseur d'une platine doit être inférieure ou égale à deux fois le diamètre nominal des vis prévues dans l'assemblage :

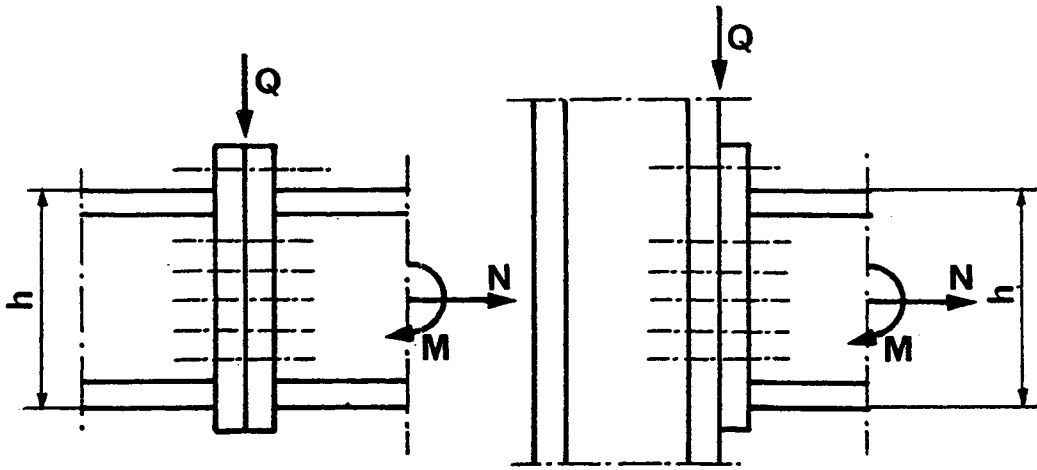
$$e \leq 2 d$$

9.2.2 Résistance de l'assemblage

9.2.2.1 *Résistance de l'assemblage à l'effort tranchant*

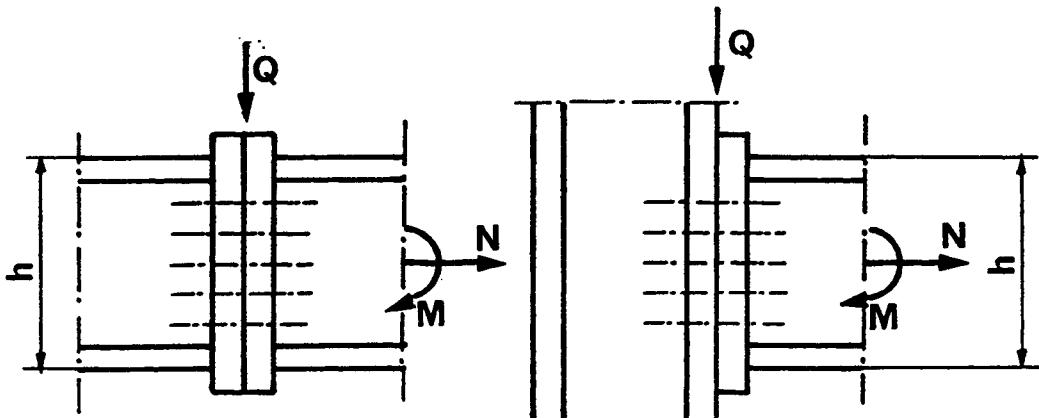
La résistance de l'assemblage à l'effort tranchant peut être calculée comme si le moment fléchissant n'existait pas.

L'effort admissible par boulon et par plan de glissement est donné par l'une des deux conditions de l'article 6.2.



$h \leq 1000 \text{ mm}$

Figure 9



$h \leq 600 \text{ mm}$

Figure 10

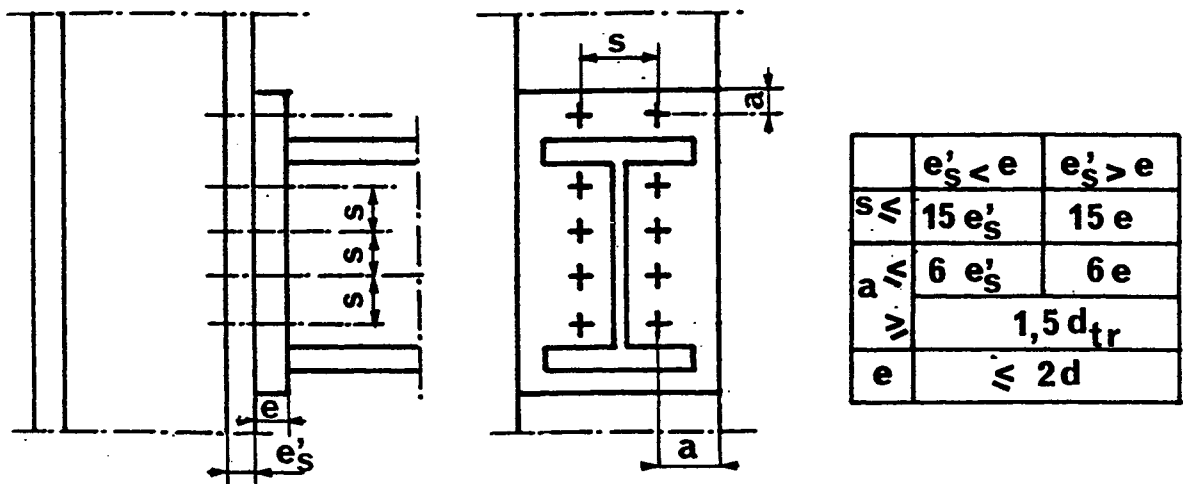


Figure 11

9.2.2.2 Résistance de l'assemblage au moment fléchissant et à l'effort normal

9.2.2.2.1 Moment résistant

Si M et N sont le moment fléchissant et l'effort normal relatifs à l'état limite ultime appliqué à l'assemblage, le moment résistant, figure 12, doit être tel que :

$$M_{rés} \geq M + N \cdot h' \frac{b \cdot e_s}{A}$$

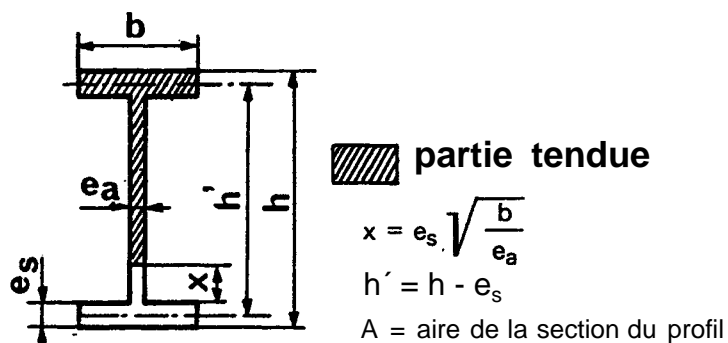


Figure 12

Pour le calcul du moment résistant, on ne prend en compte que les boulons situés dans la partie tendue définie par la distance x de la figure 12.

Après avoir déterminé :

- l'effort admissible de la partie comprimée de l'assemblage (9.2.2.2.2),
- les efforts N_1 admissibles de la partie tendue de l'assemblage (article 9.2.2.2.3) et dont la somme prise en compte dans le calcul ne doit pas excéder l'effort admissible de la partie comprimée,

le moment résistant de l'assemblage est donné par la somme des produits des efforts N_1 déterminés ci-dessus par la distance de chaque boulon à la face intérieure de la semelle comprimée, figure 13.

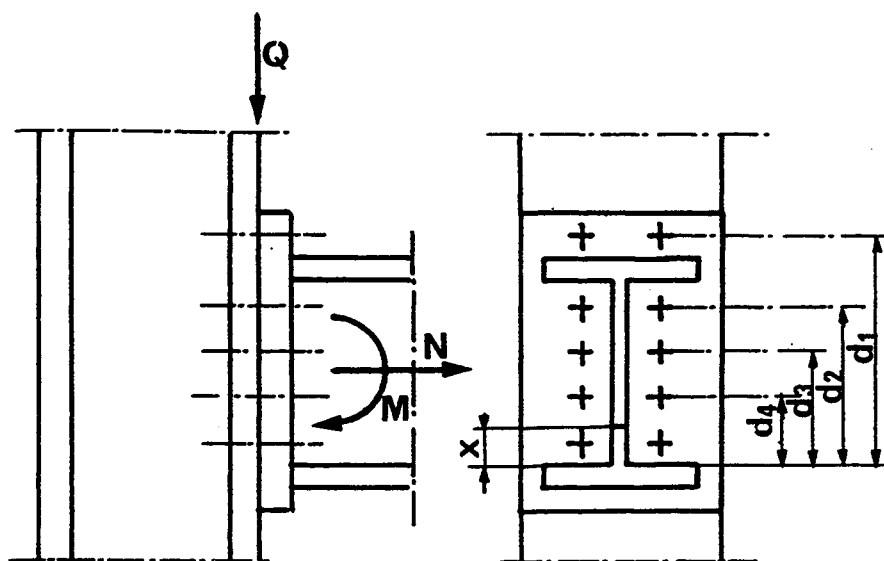


Figure 13

9.2.2.2.2 Effort admissible de compression

Suivant que l'on néglige ou non l'effort normal N , l'effort de compression admissible est donné par l'une des deux expressions suivantes :

$$N_{c \text{ adm}} = - A_c \cdot \sigma_e$$

$$N_{c \text{ adm}} = - A_c \cdot \sigma_e + \frac{N \cdot A_c(\text{poutre})}{A}$$

avec A_c : aire de la surface de compression calculée d'après le tableau 3, ci-après ; en cas d'assemblage d'éléments différents, on ne retiendra que la plus faible des valeurs de A_c ,

σ_e : limite d'élasticité garantie de l'acier constituant la pièce d'assemblage.

9.2.2.2.3 Efforts N_1 admissibles de la partie tendue de l'ensemble

Définitions, figure 14

Par boulons extérieurs, il faut entendre ceux qui sont placés à l'extérieur du profil, du côté tendu,

Par boulons intérieurs, il faut entendre ceux qui sont placés le plus près de l'aile tendue, à l'intérieur du profil.

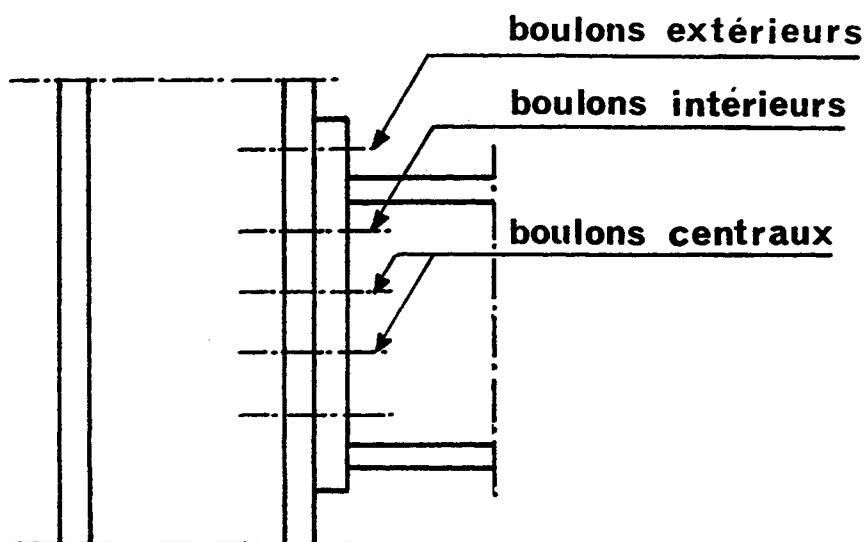


Figure 14

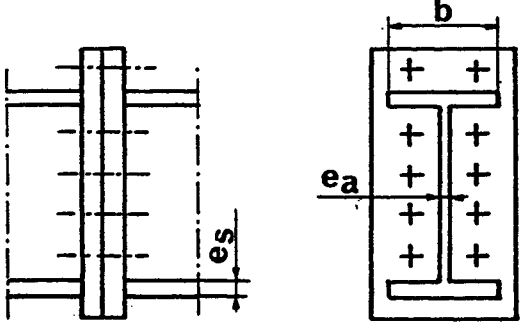
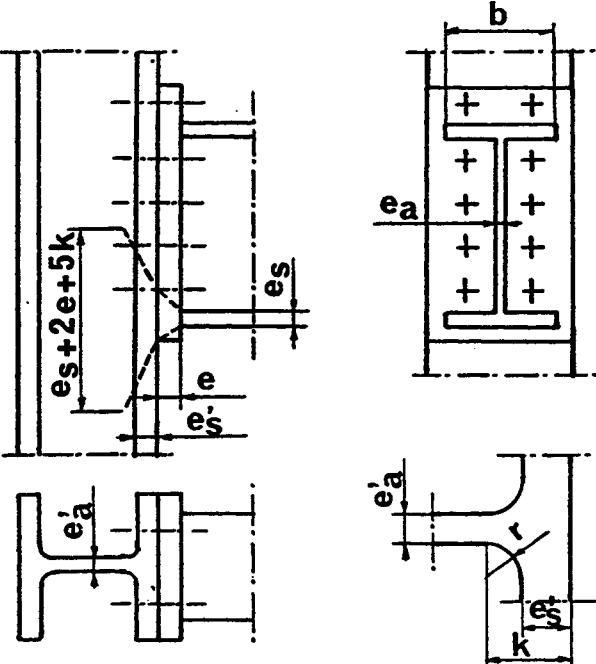
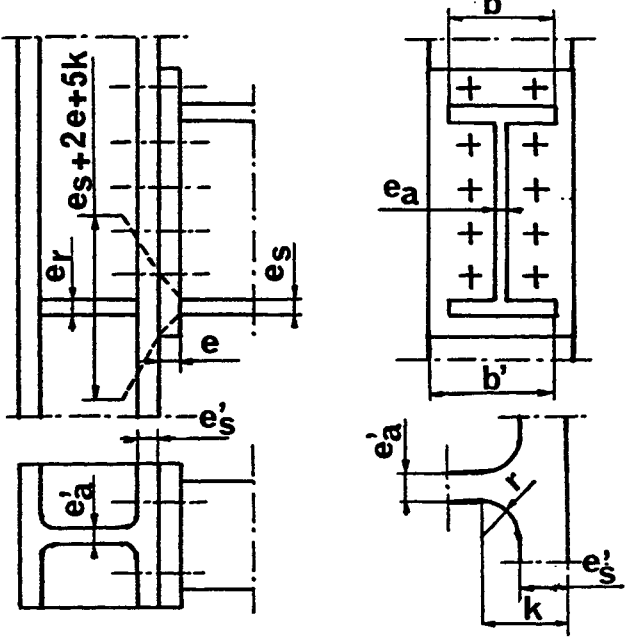
Par boulons centraux, il faut entendre ceux qui sont placés à l'intérieur mais qui ne répondent pas au critère précédent.

Des raidisseurs placés entre des boulons centraux ne confèrent pas à ceux-ci la propriété de boulons intérieurs.

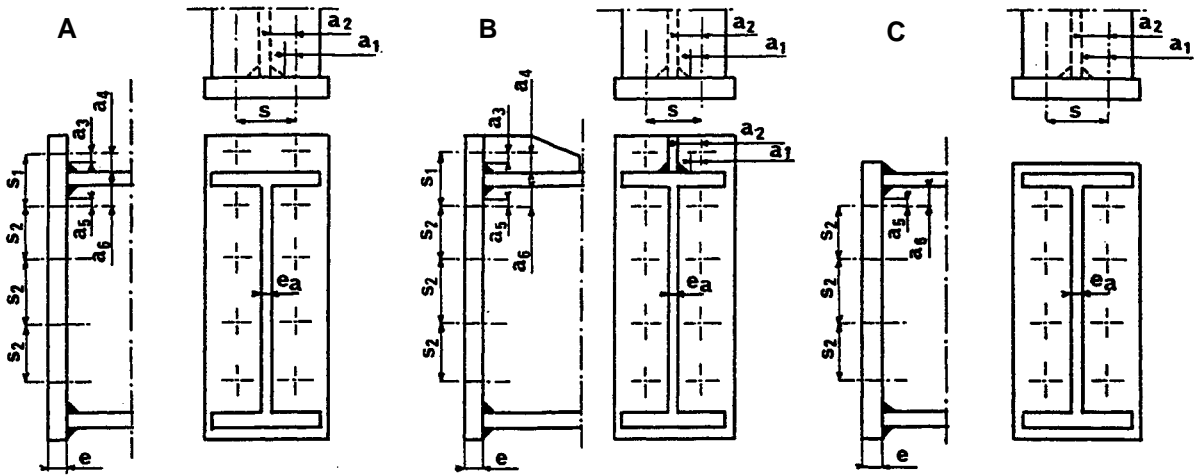
- Efforts admissibles.

Les efforts N_1 admissibles dans la partie tendue de l'assemblage sont les plus petites valeurs résultant de l'application des formules du tableau 4, ci-après, en fonction des notations des poutres et poteaux suivantes.

TABLEAU 3 - SURFACE DE COMPRESSION

Types d'assemblages	A_c Poutre	A_c Poteau
		
	$e_s [b + \sqrt{b \cdot e_a}]$	$e'_a [e_s + 2e + 5k]$ $k = e'_s + r$
		$e'_a [e_s + 2e + 5k] + e_r \cdot b'$ $k = e'_s + r$

■ Notations poutres



• Notations poteaux

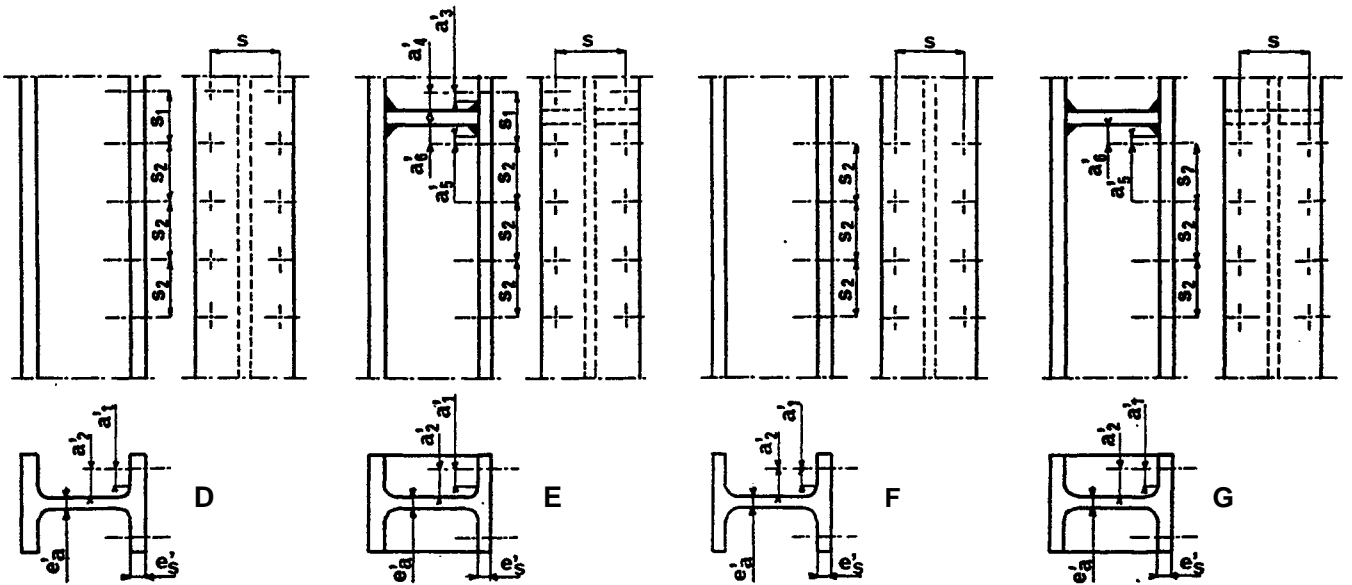


TABLEAU 4

Type	Repères des notations	Position des boulons		
		Extérieurs	Intérieurs	Centraux
	A	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$	$N_1 \leq P_v$	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750e \left(\frac{a_2}{a_1} \times \frac{s_2}{s_2+a_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e_a \cdot s_2$
	B	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$	$N_1 \leq 3750e \left(\frac{a_2 + a_6}{a_1 + a_5} \right)$	
	C		$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$	

TABLEAU 4 (suite et fin)

Types	Position des boulons		
	Extérieurs	Intérieurs	Centraux
	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$ D $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5} \right)$	
	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$ D $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$	$N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$	
	$N_1 \leq P_v$ A $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$ E $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_4}{a'_3} \right)$	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5} \right)$	$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} \times \frac{s_2}{s_2+a_2} \right)$ $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_2}{s_2+a'_2} \right)$
	$N_1 \leq P_v$ B $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$ E $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_4}{a'_3} \right)$	$N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_6}{a'_5} \right)$	$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e_a \cdot s_2$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_2$
		$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$ $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_2}{s_2+a'_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_2$	
		$N_1 \leq P_v$ $N_1 \leq 3750 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$ $N_1 \leq 3750 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_6}{2a'_5} \right)$	

9.3 ASSEMBLAGES À QUATRE FILES DE BOULONS, FIGURE 15

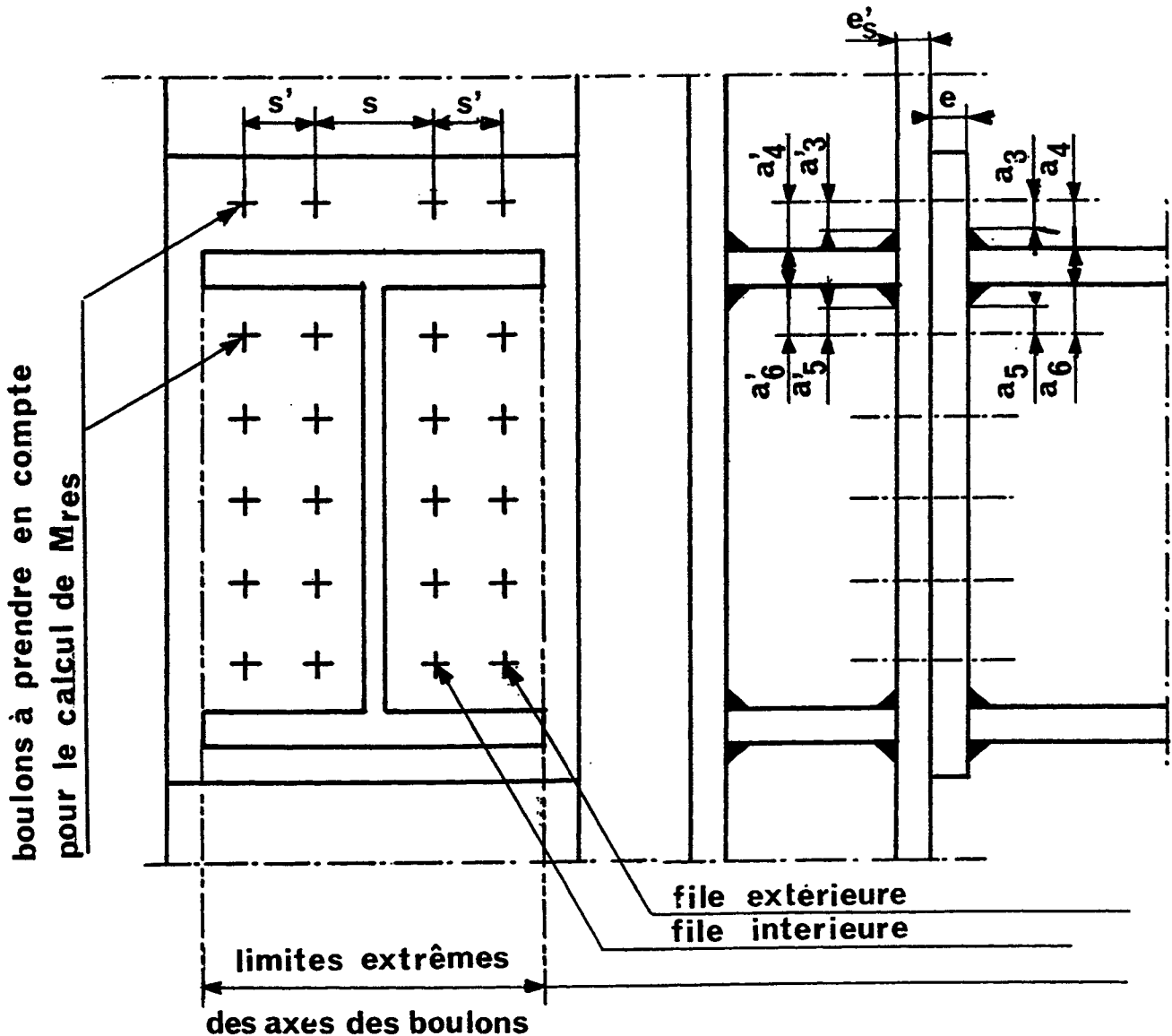


Figure 15

9.3.1 Dispositions constructives

9.3.1.1 Les dispositions constructives de l'article 9.2.1 doivent être appliquées.

9.3.1.2 Les axes des boulons des files extérieures doivent être placés entre les droites joignant les extrémités des ailes de la poutre.

9.3.1.3 La pièce sur laquelle est boulonnée la platine doit comporter un raidisseur dans le prolongement de l'aile tendue de la poutre.

9.3.2 Moment résistant

Le moment résistant se détermine comme dans le cas d'un assemblage à deux files de boulons (9.2.2.2).

Le moment résistant de l'assemblage est la somme des produits de la distance de chaque boulon à la face intérieure de la semelle comprimée par les efforts ci-après.

- Files intérieures de boulons.

Les efforts à considérer sont ceux du tableau 4.

- Files extérieures de boulons.

Seuls les boulons situés de part et d'autre de l'aile tendue sont à considérer.

- Boulons extérieurs.

La plus petite des valeurs :

$$N_1 = P_v$$

$$N_1 \leq 300 e \left(\frac{a_4}{a_3} \cdot \frac{s'}{s' + a_4} \right)$$

$$N_1 \leq 300 e'_s \left(\frac{a'_4}{a'_3} \cdot \frac{s'}{s' + a_4} \right)$$

- Boulons intérieurs

La plus petite des valeurs :

$$N_1 = P_v$$

$$N_1 \leq 300 e \left(\frac{a_6}{a_5} \cdot \frac{s'}{s' + a_6} \right)$$

$$N_1 \leq 300 e'_s \left(\frac{a'_6}{a'_5} \cdot \frac{s'}{s' + a_6} \right)$$

9.4 RAIDISSEURS

9.4.1 Raidisseur entre boulons extérieurs, figure 16

Dans le sens perpendiculaire à l'effort N_1 le raidisseur doit avoir une largeur b_r , au moins égale à $a_4 + 1,5 d_{tr}$.

Dans le sens parallèle à l'effort N_1 le raidisseur doit avoir une longueur l_r , au moins égale à deux fois sa largeur b_r .

L'épaisseur du raidisseur doit être au moins égale à l'épaisseur de l'âme de la poutre.

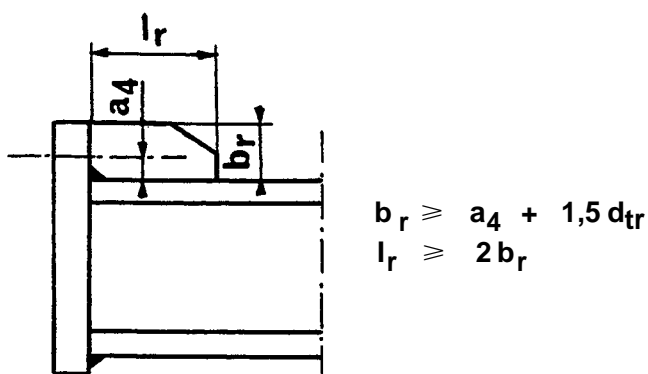


Figure 16

9.4.2 Raidisseurs de poteaux

Les raidisseurs doivent avoir une épaisseur permettant de transférer l'effort de traction ou de compression apporté par les semelles de la poutre.

9.5 SOUDURES

Les soudures de platine sur la poutre et celles des raidisseurs peuvent être des doubles cordons d'angle.

Sauf justifications, les cordons doivent avoir une épaisseur utile égale à 0,7 fois l'épaisseur de l'âme, des ailes ou des raidisseurs; cette épaisseur utile ne doit cependant pas être inférieure à 3 mm.

Pour des épaisseurs d'ailes supérieures à 16 mm, les cordons de soudure doivent être pénétrés.

9.6 ÂME DU POTEAU

L'âme du poteau est vérifiée sous l'effort tranchant dû au moment fléchissant.