

CALCULS ASSEMBLAGES PAR BOULONS HR

Calcul aux normes françaises :

Précautions constructives :

- toujours interposer une rondelle afin de ne pas poinçonner les pièces
- la force de précontrainte doit bien être appliquée à sa valeur de calcul, d'où la nécessité d'utiliser des clés dynamométriques.
- Le coefficient de frottement doit correspondre à sa valeur de calcul, d'où nécessité de préparer les surfaces par brossage ou grenailage, pour éliminer toute trace de rouille, calamine, etc. (ne jamais les peindre). on admet des coefficients de 0.3 pour les surfaces brossées et de 0.45 pour les surfaces grenillées
- Le serrage doit être effectué progressivement, suivant un ordre établi par les normes NF P.22464 et suivantes afin de ne pas déformer les platines d'appui et préserver leur planéité

Notations :

- A aire de la section d'un profil
- Ac aire de la section de la zone comprimée d'un profil
- N effort normal pondéré appliqué à l'assemblage
- N1 effort admissible dans l'axe d'un boulon
- M moment fléchissant appliqué à l'assemblage
- Mr moment résistant de l'assemblage
- Q effort tranchant ou de glissement appliqué à l'assemblage
- Q1 effort de glissement admissible par boulon
- Pv effort de précontrainte d'un boulon
- n nombre de boulons dans l'assemblage
- μ coefficient de frottement entre les pièces en contact
- σ_e limite élastique de l'acier des pièces
- σ_{eb} limite élastique de l'acier des boulons

couple serrage des boulons : le couple de serrage est donné par la formule $M_s = K d P_v$

d est le diamètre et k un coefficient dépendant de l'état des boulons ; pour des boulons légèrement graissés (cas habituel de livraison) $K=0.18$; afin de garantir avec certitude l'existence réelle de moment de serrage, on impose un moment supérieur de 10%.

couples en DaN*m / diamètre	10	12	14	16	18	20	22	24
boulons HR 8.8 galvanisés		7,4	11,9	18,6	26	36	49	63
boulons HR 10.9 galvanisé		10,4	16,9	26	36	51	70	89
boulons HR 8.8 normaux	5,5	9,6	15,4	24	33	46,9	63,8	81,1
boulons HR 10.9 normaux	7,8	13,6	21,6	33,8	46,5	65,9	89,7	114

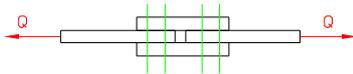
Calculs préliminaires :

Condition de non glissement :
 $Q_1 \leq \mu P_V$

Effort de précontrainte : $P_V = 0.8 A_S \sigma_{eb}$

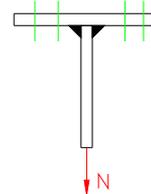
Pression diamétrale : $\frac{Q_1}{de} \leq 4\sigma_e$

Cas 1 assemblages sollicités par des efforts perpendiculaires à l'axe des boulons :



effort admissible par boulon et par plan de glissement : $Q_1 = \frac{Q}{n} \leq 1.1 P_V \mu$

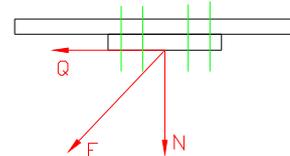
Cas 2 assemblages sollicités en traction dans l'axe des boulons :



Effort admissible par boulon :

$$N_1 = \frac{N}{n} \leq 1 P_V$$

Cas 3 assemblage sollicité à la fois perpendiculairement et parallèlement à l'axe des boulons :



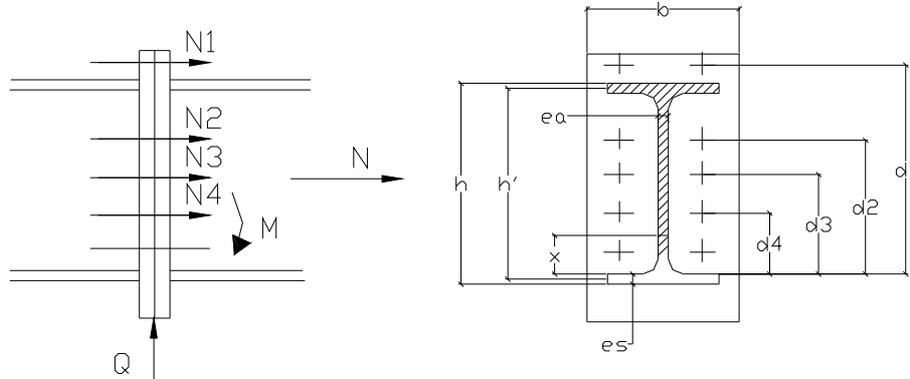
effort tranchant admissible par boulon et par plan de glissement :

$$Q_1 = \frac{Q}{n} \leq 1.1 (P_V - N_1) \mu$$

effort admissible dans l'axe d'un

boulon : $N_1 = \frac{N}{n} \leq 1 P_V$

ASSEMBLAGE PAR PLATINE FRONTALE ET BOULONS HR (méthode Delesques)



nous avons : un moment fléchissant M, un effort tranchant Q et un effort normal N

résistance de l'assemblage à l'effort tranchant Q :

effort admissible Q1 par boulon et par plan de glissement : $Q_1 = \frac{Q}{n} \leq 1.1 P_v \mu$

résistance de l'assemblage au moment fléchissant M et à l'effort normal N :

A aire de la section totale

Ac aire de la section comprimée

$h' = h - e_s$

$$x = e_s \sqrt{\frac{b}{e_a}}$$

$$A_c = e_s (b + \sqrt{b e_a})$$

moment extérieur : le moment extérieur appliqué à l'assemblage vaut:

$$M_e = M + N h \frac{b e_s}{A}$$

moment résistant : le moment résistant M_r de l'assemblage est obtenu par la somme des produits des efforts de traction dans les boulons situés dans la zone tendue par la distance des boulons respectifs à la face intérieure de la semelle comprimée : $M_r = \sum N_i d_i$

$$N_i = \frac{M_r d_i}{\sum d_i^2}$$

effort Ni dans un boulon :

$$N_i = \frac{\left[M + N h \frac{b e_s}{A} \right] d_i}{\sum d_i^2} \leq n P_v$$

vérification : il faut que $M_r > M_e$, soit :

nombre de files verticales de boulons

effort admissible N_c dans la zone comprimée de l'assemblage :

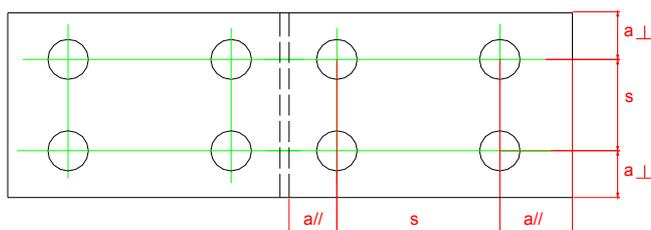
on a : $N_c = A_c \sigma e^{-N \frac{A_c}{A}}$

il faut vérifier que $\sum N_i \leq N_c$ soit : $\sum N_i \leq e_s \left[b + \sqrt{b e_a} \right] \sigma e^{-\frac{N}{A}}$

avec n

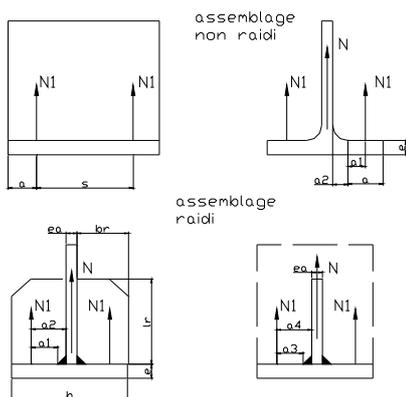
METHODE DE CALCULS DES ASSEMBLAGES PAR BOULONS HR (NF P22.460)

on doit respecter les conditions générales de pincés et d'épaisseurs ; l'emploi simultané de boulons HR et de soudures est autorisé à conditions que les déformations de l'assemblages n'entraînent pas un report d'efforts sur l'un ou l'autre des procédés d'assemblage. On doit aussi respecter les pincés suivantes :



			ASSEMBLAGES	
			Pièces pincées	Pièces non pincées
Entraxe s	Files extérieures	\geq	3 dtr	
		\leq	7 dtr	7 dtr ou 15 e-ext
	Files intérieures	\leq	30 e-min	
Pincés longitudinales a//		\geq	$1.5 \text{ dtr ou } \frac{0.8Q_1}{e\sigma e}$	
		\leq	4 dtr	2.5 dtr et 6 e-ext
Pincés transversales a⊥		\geq	1.5 dtr	
		\leq	2.5 dtr	2.5 dtr ou 6 e-ext

Assemblages sollicités en traction dans l'axe des boulons :



on a $N_1 = \frac{N}{n} \leq P_v$; $s \leq 15e_{\min}$;

$1.5d_{tr} \leq a \leq 6e_{\min}$

dans le cas d'assemblages non raidis on doit vérifier :

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

dans le cas d'assemblages raidis

on doit vérifier : $N_1 \leq 375e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_3}{a_4} \right)$

avec $b_r \geq a_2 + 1.5d_{tr}$ et $l_r \geq 2b_r$

assemblage sollicité par un moment, un effort normal et un effort tranchant :

conditions de la méthode :

l'effort normal doit être inférieur à la plus petite valeur $0.15A\sigma_e$ et $0.15nP_v$

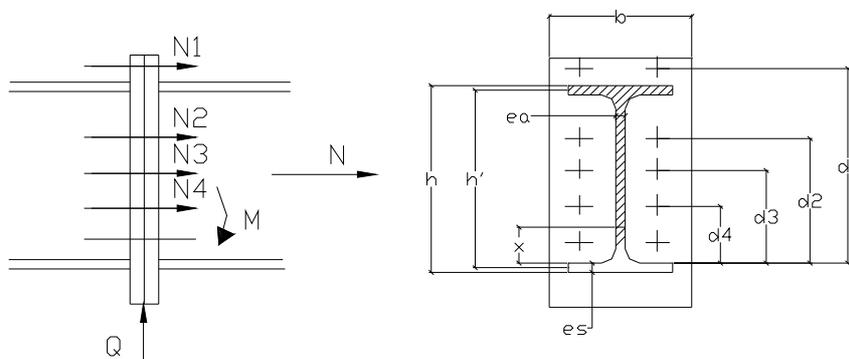
dans le cas où $N \leq 0.05A\sigma_e$ on ne tient pas compte de l'effort normal pour le calcul de l'assemblage.

Cette méthode ne s'applique que dans les cas de profilés symétriques, laminés ou reconstitués. En cas de présence de boulons extérieurs la hauteur de l'assemblage est limité à 1000 (fig.9) ; dans le cas contraire elle est limité à 600 (fig.10). on ne doit théoriquement pas placer de raidisseurs entre les boulons centraux.

Calcul à l'effort tranchant : on calcule l'assemblage comme si le moment

extérieur n'influe en rien $Q_1 = \frac{Q}{n} \leq 1.1P_v\mu$

Calcul du moment résistant : le moment résistant doit être supérieur au moment extérieur appliqué à l'assemblage :



$$M_{rés} \geq M(tjs-positif) + N(\text{valeur-algébrique}) h \frac{b e_s}{A}$$

$$x = e_s \sqrt{\frac{b}{e_a}}$$

la partie tendue se détermine par

les boulons extérieurs sont ceux qui sont placés à l'extérieur du profil, du côté tendu. Les boulons intérieurs sont ceux qui sont placés le plus près de l'aile tendue, à l'intérieur du profil. Les boulons centraux sont ceux qui sont placés à l'intérieur, mais échappent aux définitions précédentes. Des raidisseurs placés entre des boulons centraux ne confèrent pas à ceux-ci la propriété de boulons intérieurs.

Efforts N_i de traction : ceux-ci sont donnés par les plus petites valeurs de N_i donnés par le tableau 4, donnés en fonction des notations des poutres et poteaux suivants.

Effort admissible de compression : $N_{c-adm} = - A_c \sigma_c - \frac{N_{A_c-poutre}}{A}$ (N en valeur algébrique, + en traction et - en compression)

Moment résistant : Le moment résistant est alors donné par la somme des produits de ces efforts N_i par leur bras de levier pris à partir du bord comprimé de la semelle comprimée.

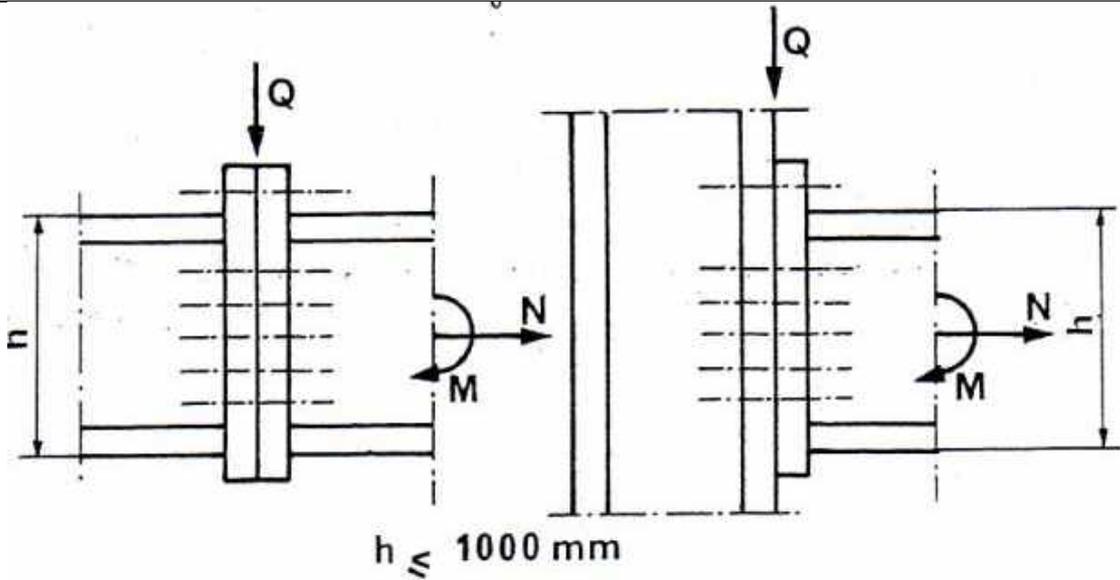
Vérification :

$$M_{rés} \geq M_{ext}$$

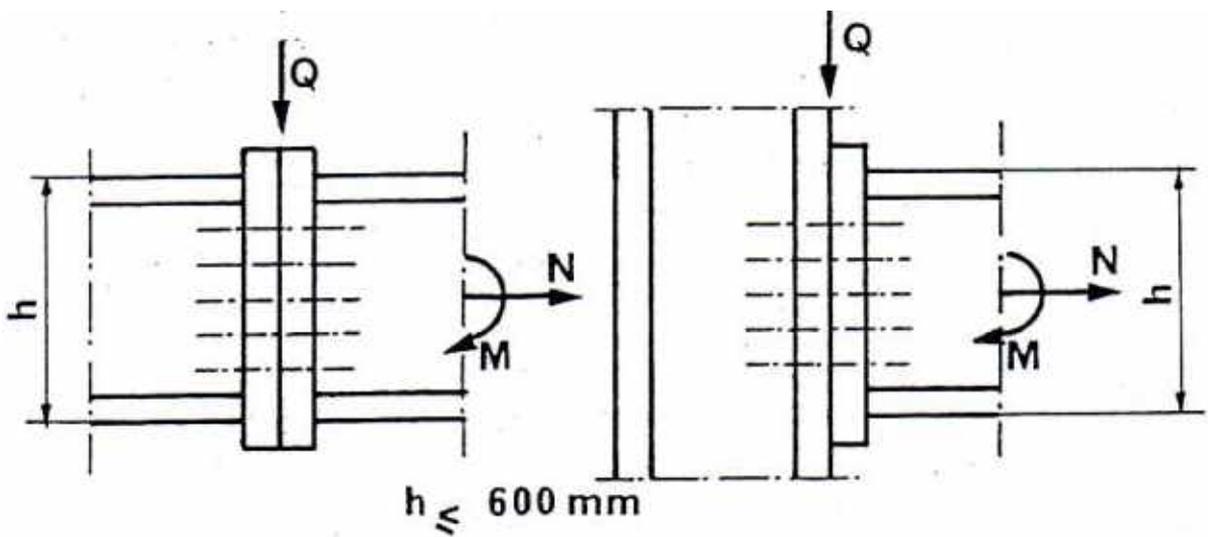
$\sum N_i \leq N_{c-adm}$ si jamais cette condition n'est pas satisfaite on peut calculer l'effort normal correspondant au prorata des du moment extérieur seulement :

$$N_i = \left(\sum N_i \right) \frac{M_{ext}}{M_{rés}} \leq N_{c-adm}$$

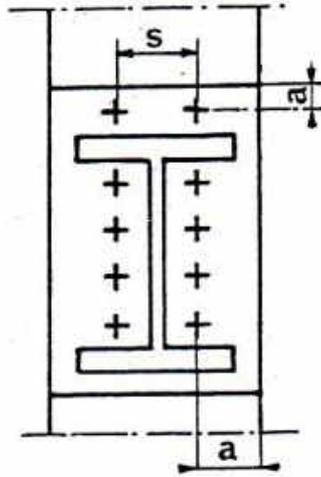
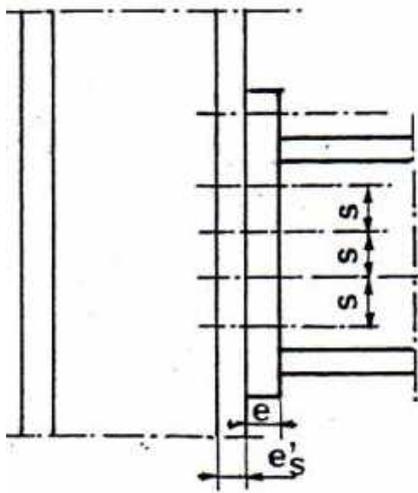
TABLEAUX



assemblage avec boulon extérieur



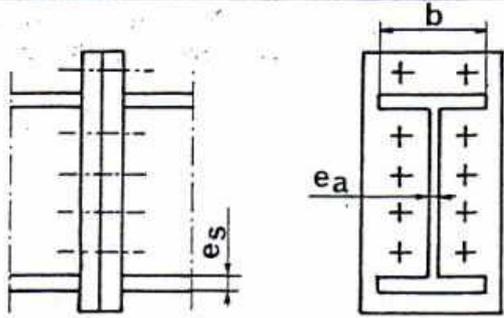
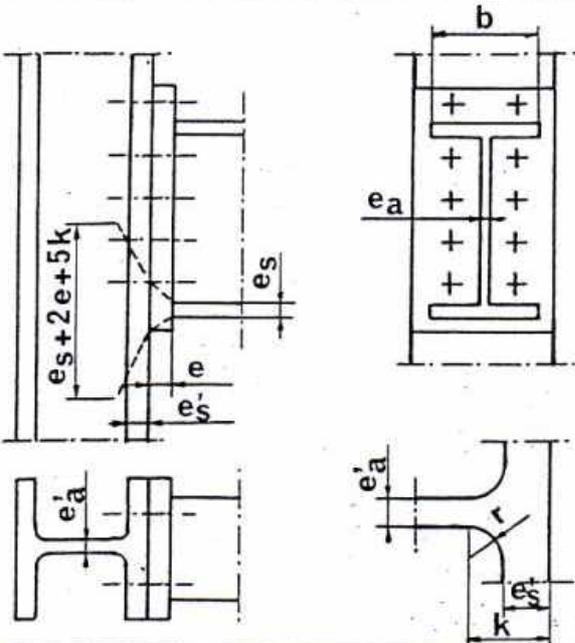
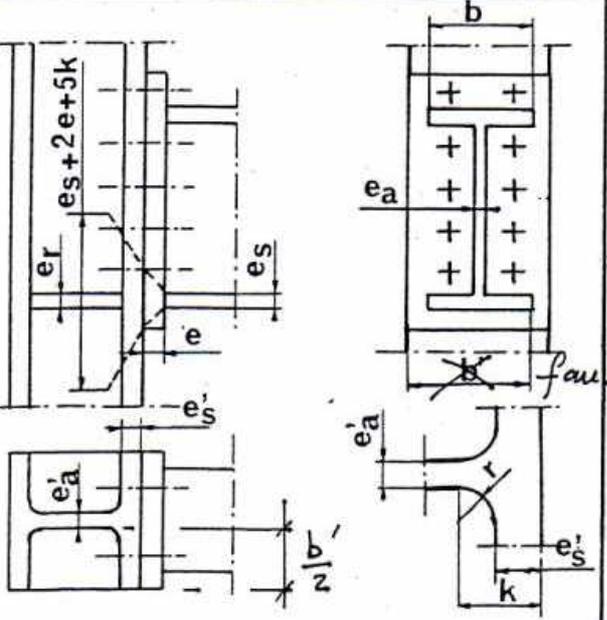
assemblage sans boulon extérieur



	$e'_s < e$	$e'_s > e$
$s \leq$	$15 e'_s$	$15 e$
$a \leq$	$6 e'_s$	$6 e$
\geq	$1,5 d_{tr}$	
e	$\leq 2d$	

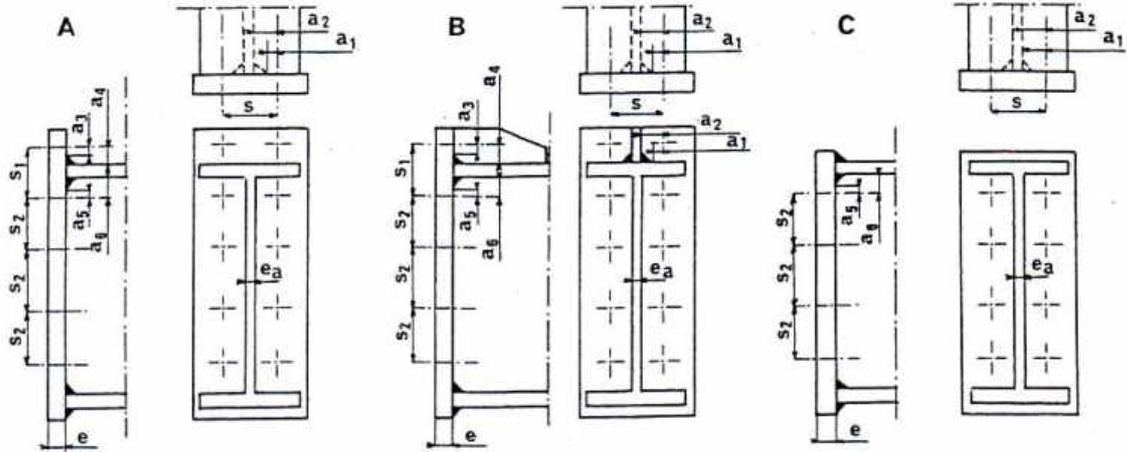
conditions de pines

Surfaces de compression

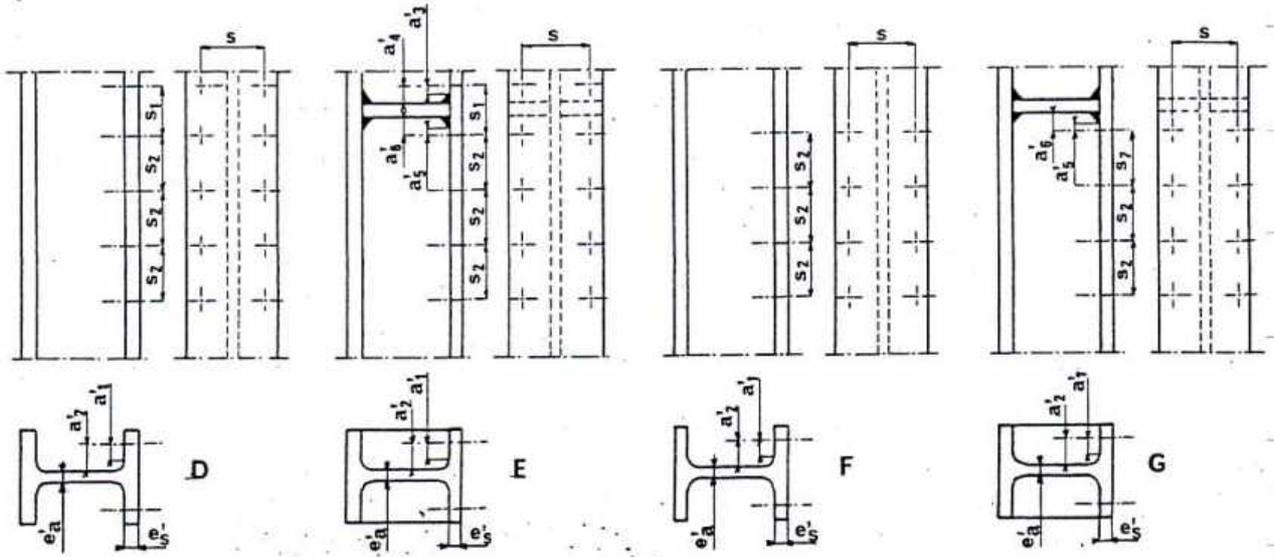
Types d'assemblages	A _c Poutre	A _c Poteau
		
	$e_s [b + \sqrt{b \cdot e_a}]$	$e'_a [e_s + 2e + 5k]$ $k = e'_s + r$ <p><i>formule issue d'essais.</i></p>
		$e'_a [e_s + 2e + 5k] + e_r \cdot b'$ $k = e'_s + r$

Notations poutres

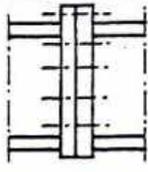
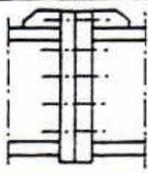
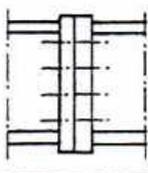
• Notations poutres



• Notations poteaux



Efforts admissibles

Type		Position des boulons		
		Extérieurs	Intérieurs	Centraux
	A Repères des notations	$N_1 \leq P_V$ $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$	$N_1 \leq P_V$ $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5} \right)$	$N_1 \leq P_V$ $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} \times \frac{s_2}{s_2+a_2} \right)$ $N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e_a \cdot s_2$
		$N_1 \leq P_V$ $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$		
	C	$N_1 \leq P_V$ $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$		

Types	Position des boulons		
	Extérieurs	Intérieurs	Centraux
	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>A $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$</p> <p>D $N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$</p>	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5} \right)$</p>	
	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>B $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$</p> <p>D $N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$</p>	<p>$N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_1}{s_1+a'_2} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_1$</p>	
	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>A $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_4}{a_3} \times \frac{s}{s+a_4} \right)$</p> <p>E $N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_4}{a'_3} \right)$</p>	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{a_5} \right)$</p>	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} \times \frac{s_2}{s_2+a_2} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_2}{s_2+a'_2} \right)$</p>
	<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>B $N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_4}{a_3} \right)$</p> <p>E $N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_4}{a'_3} \right)$</p>	<p>$N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_6}{a'_5} \right)$</p>	<p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e_a \cdot s_2$</p> <p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_2$</p> <p style="text-align: center;">↓ <u>2 b/s</u></p>
		<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} \times \frac{s_2}{s_2+a'_2} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 0,5 \sigma_e \cdot e'_a \cdot s_2$</p>	
		<p>$N_1 \leq P_v$</p> <p>$N_1 \leq 375 e \left(\frac{a_2}{a_1} + \frac{a_6}{2a_5} \right)$</p> <p>$N_1 \leq 375 e'_s \left(\frac{a'_2}{a'_1} + \frac{a'_6}{2a'_5} \right)$</p>	