

# ASSEMBLAGES BOULONNÉS

## ASSEMBLAGES PAR BOULONS NON PRÉCONTRAINTS (dits également assemblages boulonnés courants) – NF P 22-430 (1)

Ces assemblages peuvent être sollicités :

- ☐ au cisaillement : effort tranchant ou perpendiculaire à l'axe du boulon ;
- ☐ à la traction : effort dans l'axe du boulon ;
- ☐ à la fois au cisaillement et à la traction, dans le cas d'un effort oblique par rapport au plan de joint.

### Incidence du jeu de poinçonnage (ou perçage)

Le diamètre des trous ( $d_{tr}$ ) est défini par la norme NF P 22-430 et est égal au diamètre nominal des boulons augmenté de :

- ☐ 1 mm pour  $d \leq 10$
- ☐ 2 mm pour  $d \leq 22$
- ☐ 3 mm pour  $d > 24$

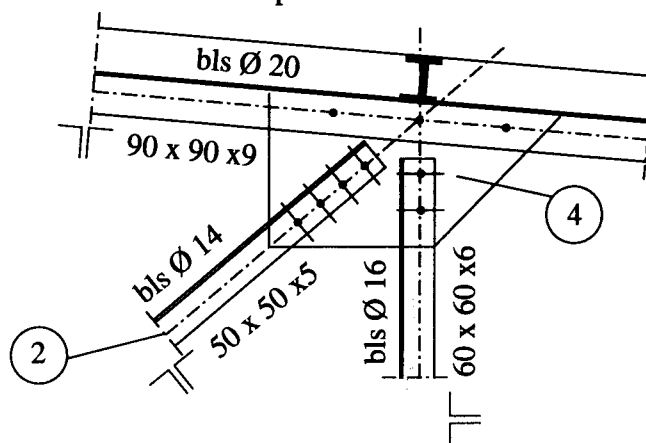
Il en résulte un léger glissement des pièces sous un effort tranchant, ce qui est sans inconvénient dans le cas où les efforts ne sont pas alternés. Mais dans le cas contraire, ou cas d'encastrement ou d'écrouissage, etc. le jeu devra être réduit,  $\leq 0,5$  (assemblage dit par boulon plein trou).

### Vérification de la tenue d'un assemblage

D'une façon générale, la résistance de l'assemblage doit être au moins égale à la résistance des profilés assemblés. Ce qui implique la vérification à la fois des profilés et des éléments de liaison.

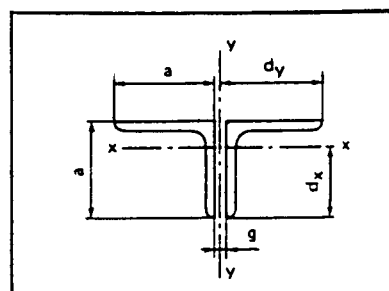
Soit par exemple, à vérifier l'assemblage de la barre (2) sur le gousset (4).  
Noeud 3 A Plan P1  
Effort maxi pondéré de traction dans la barre = 18 000 daN

(1) D'après la norme NF P 22-430 – Seule fait foi la norme originale dans son édition la plus récente.





D'après le tableau des caractéristiques mécaniques ci-dessous, la section nette ( $A_r$ ) à prendre en compte pour  $\square 50 \times 50 \times 5$  est de  $810 \text{ mm}^2$  ( $\varnothing$  de perçage  $d_{tr} = 16$ ).



Séries	Dimensions		Masse par mètre P kg	Section		Caractéristiques rapportées à l'axe xx			0		
	a	e		Brute cm <sup>2</sup>	Nette cm <sup>2</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$\frac{I_x}{d_x}$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$\frac{I_y}{d_y}$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm
	mm	mm									
1	30	3	2,73	3,48	2,94	2,80	1,30	0,90	5,26	1,75	1,23
1	35	3,5	3,69	4,70	3,93	5,32	2,12	1,06	9,93	2,84	1,45
1	40	4	4,84	6,16	5,12	8,94	3,10	1,21	16,7	4,17	1,64
1	45	4,5	6,12	7,80	6,63	14,3	4,40	1,35	26,7	5,93	1,85
1	50	5	7,54	9,60	8,10	21,9	6,10	1,51	40,7	8,15	2,06
1	60	6	10,85	13,82	11,78	45,6	10,6	1,82	85,1	14,2	2,48
1	70	7	14,76	18,80	16,14	84,6	16,8	2,12	158	22,5	2,89
1	80	8	19,26	24,54	21,02	145	25,2	2,43	270	33,7	3,32
2	90	9	24,4	31,0	27,0	232	35,9	2,73	432	48,0	3,73
1	100	10	30,0	38,3	33,5	353	49,2	3,04	658	65,8	4,14
2	120	12	43,2	55,1	49,3	735	85,4	3,65	1 372	114	4,99
1	150	15	67,6	86,0	78,2	1 796	167	4,57	3 350	223	6,24
1	180	18	97,2	123,8	105,1	3 732	289	5,49	6 953	386	7,49
2	200	20	120	152,7	131,9	5 700	398	6,11	10 626	531	8,34

D'après document O.T.U.A.

L'effort maximum admissible (N) sur la barre (2) est donc :

$$N \leq A_T \times \sigma_e$$

$$N \leq 810 \times 24 \leq 19\,440 \text{ daN}$$

$$18\,000 \leq 19\,440$$

## Vérification de la tenue des boulons (Ø 14 – classe 6-8)

Application de la norme NF P 22-430

La contrainte caractéristique ( $\sigma_{red}$ ) suivant à la vérification des boulons est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Classe de qualité	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	6,8	6,9	8,8	10,9
$\sigma_{red}$ (MPa)	240	280	300	340	350	410	410	550	670

$\sigma_{red}$  correspond à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- valeur de la limite élastique ;
- valeur égale au 7/10<sup>e</sup> de la contrainte de rupture minimale garantie.

## Cas de sollicitation des boulons à la traction

Un coefficient de sécurité de 1,25 correspond à la prise en compte de la contrainte engendrée par l'effort de serrage des boulons ; d'où la vérification suivante :

$$1,25 \frac{N}{A_s} \leq \sigma_{red}$$

à noter que la section résistante d'une vis à la traction est toujours la section  $A_s$  de la partie filetée.

Les diamètres et sections des boulons couramment utilisés sont rappelés ci-dessous :

Diamètres	8	10	12	14	16	18	20	22
A – Tige lisse	50,2	78,5	113	154	200	254	314	380
$A_s$ – Fond de filet	36,6	58	84,3	115	157	192	245	303

## Cas de sollicitation des boulons au cisaillement

La résistance des aciers (profilés et éléments d'assemblage) est plus faible au cisaillement qu'à la traction. Cette différence de caractéristique mécanique se traduit par un coefficient de sécurité de 1,54. D'où la vérification suivante :

$$1,54 \frac{V}{A_{s(1)}} \leq \sigma_{red}$$

avec  $V$  = effort pondéré de cisaillement (perpendiculaire à l'axe des boulons) exercé sur l'assemblage

$A_s$  = section résistante des boulons sur la partie filetée

La contrainte de cisaillement exprimée par boulon et par plan de cisaillement est la suivante :

$$1,54 \frac{V_2}{m A_s} \leq \sigma_{red}$$

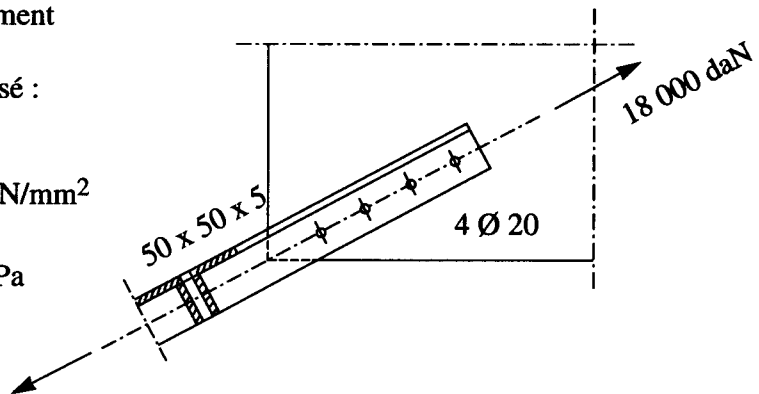
avec  $V_2$  = effort pondéré de cisaillement par boulon

$m$  = nombre de plans de cisaillement

soit pour le cas de l'assemblage proposé :

$$\begin{aligned}\sigma_{cis} &= 1,54 \times \frac{18\,000 / 4}{2 \times 115} = 30,13 \text{ daN/mm}^2 \\ &= 301,3 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$301,3 < 410$$



## Vérification de la pression diamétrale

Cette vérification est nécessaire en particulier dans le cas de l'utilisation de boulons à caractéristiques mécaniques élevées ; il y a risque de déchirure de l'épaisseur la plus faible des profilés (ou goussets).

(1) Dans le cas où les sections cisillées sont situées sur la partie lisse des boulons, prendre  $A$  au lieu de  $A_s$ .

Dans le cas des assemblages boulonnés courants :

$$\frac{V_1}{d \times t} \leq 3 \sigma_e$$

avec  $V_1$  = effort par boulon sur une pièce d'épaisseur  $t$

$d$  = diamètre nominal des boulons

$t$  = épaisseur la plus faible des pièces assemblées

$\sigma_e$  = limite d'élasticité du matériau (profilé ou gousset)

soit pour le cas proposé : (*pour les cornières : 4 boulons et 2 plans de cisaillement*)

$$\frac{18\,000 / 8}{14 \times 5} = 32 \text{ daN/mm}^2$$

$$32 < 72$$

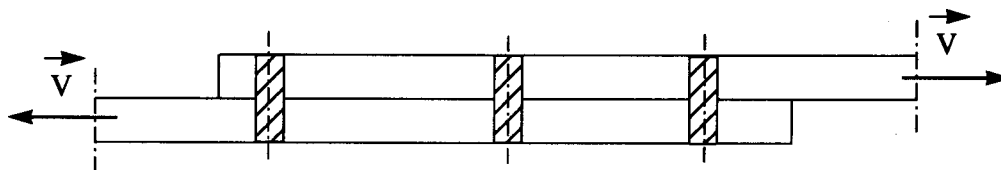
**Cas de sollicitation d'un assemblage à la fois par un effort (N) de traction (axe des boulons), et par un effort (V) de cisaillement**

Vérifier simultanément :

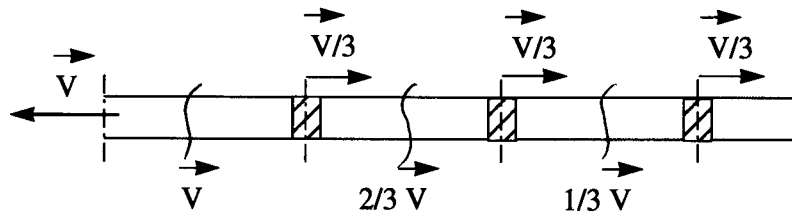
$$1,25 \frac{N}{A_s} \leq \sigma_{red} \quad \text{et} \quad \frac{\sqrt{N^2 + 2,36 \left( \frac{V_2}{m} \right)^2}}{A_s}$$

**Nota : Répartition des efforts sur une file de boulons**

*Dans le principe, on considère que l'effort de cisaillement (V) exercé sur un assemblage se répartit uniformément sur chacun des boulons (ou rivets). En réalité, cette répartition n'est pas uniforme. Soit par exemple, le cas simple d'une file de 3 boulons reliant 2 éléments sollicités par un effort (V).*



Au cas (hypothétique) d'une répartition uniforme de cet effort dans les 3 boulons, l'équilibre de l'un des 2 éléments pourrait être représenté comme ci-dessous :



Mais si on considère l'assemblage des 2 éléments, et en particulier l'équilibre d'un tronçon entre 2 boulons, par exemple tronçon (a) figure 1,

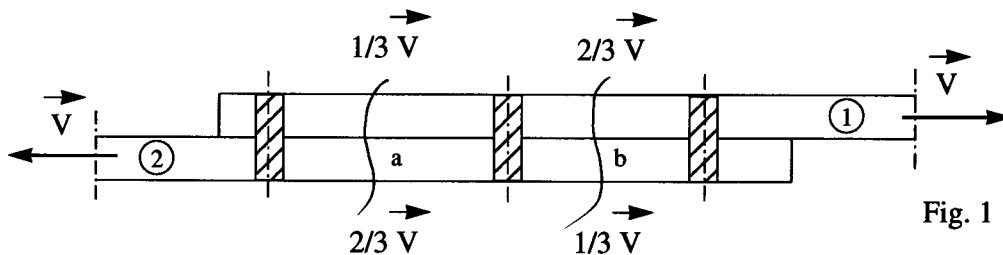


Fig. 1

on remarque que les 2 éléments (1) et (2) seraient soumis à des forces différentes, et il en résulterait des allongements inégaux de chacun des 2 tronçons et par suite une modification des contraintes de cisaillement des boulons.

En réalité, des essais ont démontré que pour un assemblage composé de 3 boulons, sollicité par un effort de 1 000 daN, les boulons extérieurs reprennent un effort de 368 daN, pour 264 daN en ce qui concerne le boulon central.

Pour le cas d'un assemblage composé de 5 boulons, toujours sollicité par un effort de 1 000 daN, les boulons extérieurs reprennent 272 daN pour 130 daN en ce qui concerne le boulon central.

## ASSEMBLAGES PAR BOULONS PRÉCONTRAINTS – NF P 22-460 (1)

La transmission des efforts s'effectue non plus par contact direct des boulons sur les pièces, mais par adhérence des pièces en contact.

L'effort de glissement admissible dépend par conséquent de coefficient de frottement ( $\mu_f$ ) des pièces assemblées.

A titre d'exemple pour l'acier :

Brossage :  $\mu_f = 0,30$

Sablage ou grenaillage :  $\mu_f = 0,45$

### Précontrainte ( $P_v$ ) des boulons

L'effort de précontrainte ( $P_v$ ) est l'effort qui agit axialement sur la tige du boulon, il est engendré par le serrage contrôlé de l'écrou et a pour valeur :

$$P_v = 0,8 \times \sigma_e \times A_s$$

Soit pour un boulon Ø 14 classe 8.8

$$\sigma_e = 64 \text{ daN/mm}^2 \quad (= 640 \text{ MPa})$$

$$P_v = 0,8 \times 64 \times 115 = 5\,888 \text{ daN} \quad (\approx 5\,890 \text{ daN})$$

Le tableau ci-dessous indique les valeurs ( $P_v$ ) des boulons de Ø 12 à Ø 27 pour les classes 8.8 à 10.9

Effort de précontrainte  $P_v$  en DaN

d mm	S nominale mm <sup>2</sup>	Classe de qualité	
		8.8	10.9
12	84,3	4 320	6 070
14	115	5 890	8 280
16	157	8 040	11 300
18	192	9 830	13 820
20	245	12 550	17 640
22	303	15 515	21 820
24	353	18 070	25 420
27	459	23 500	33 050
$P_v =$		$0,8.64.A_s$	$0,8.90.A_s$

(1) D'après la norme NF P 22-460 – Seule fait foi la norme originale dans son édition la plus récente.



### **Vérification à la traction (effort dans l'axe des boulons)**

$N_{\text{admissible}} \leq P_v$  (effort de précontrainte)

### **Vérification au cisaillement (sous un effort (Q) perpendiculaire à l'axe des boulons)**

$Q_{\text{admissible}} \leq 1,1 \times P_v \times \mu_f$

avec par exemple, dans le cas de sablage des pièces, donc avec un coefficient de frottement  $\mu_f = 0,45$  :

$$Q_1 = 1,1 \times 5\,890 \times 0,45 = 2\,915 \text{ daN}$$

avec  $Q_1$  : effort admissible de cisaillement pour un plan.

D'où pour le cas proposé, dans le cas d'un assemblage par boulons précontraints, classe 8.8, nombre de boulons  $\varnothing 14$  :

$$Nb \geq \frac{18\,000}{2 \times 2\,915} \geq 3,08 = 4$$

### **Vérification dans le cas d'un effort de traction N et d'un effort de cisaillement Q**

$N_{\text{admissible}} \leq P_v$

$Q_{\text{admissible}} \leq 1,1 \times (P_v - N) \times \mu_f$