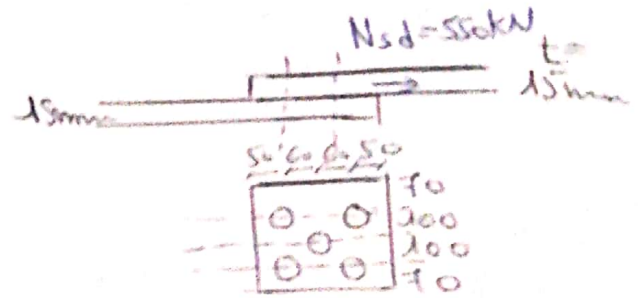


TD No 1: Assemblages boulonnés

Exo 1: Soit un assemblage par boulonnage ordinaire entre deux pièces (fig 1). Les boulons utilisés de classe 8.8 et transmettent un effort $N_{sd} = 550 \text{ kN}$, la nuance d'acier des pièces est S235.

- * Calculer le diamètre nécessaire des boulons
- * Vérifier la pression diamétrale dans les pièces assemblées

Sachant que : $f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$



boulons (mm)	14	16	18	20	22	24	27	30
$A_s (\text{mm}^2)$	157	157	192	245	303	353	459	561

Solution:

- * Calcul des diamètres du boulon : on a un effort de cisaillement dans les boulons donc il faut vérifier pour chaque boulon de plan de cisaillement que :

$$V_{sd} \leq F_{vrd} \rightarrow V_{sd} = \frac{N_{sd}}{5} \leq F_{vrd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}}$$

on a classe 8.8 $\Rightarrow \alpha_v = 0.6$

$$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A \geq \frac{10^3 \times 550 \times 1.25}{5 \times 0.6 \times 800} = 286 \text{ mm}^2$$

on prend M22 avec $d = 22 \text{ mm}$ et $A = 303 \text{ mm}^2$

- * Vérification de la pression diamétrale

$$\text{Pour un plan : } V_{sd} \leq F_{brd} = \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

Pour M22 $\Rightarrow d_0 = d + 2 = 24 \text{ mm}$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}, \frac{P_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right\} = \min \left\{ \frac{50}{3 \times 24}, \frac{12}{3 \times 24} - \frac{1}{4}, \frac{800}{360}, 1 \right\}$$

$$\alpha = \min \{ 0.69; 1.41; 2.35; 1 \} = 0.69$$

$$F_{brd} = \frac{2.5 \times 0.69 \times 360 \times 22 \times 15}{1.25} = 163944 \times 10^3 \text{ N}$$

$$= 163.94 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 110 \text{ KN} < 163.94 \text{ KN} \rightarrow \text{C.V}$$

Exo 2: Les mêmes données de Exo 1, pour un assemblage des 3 pièces.

Le plan de cisaillement $m = 02 \rightarrow F_{vrd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} \cdot m$

$$A_s \geq 143.2 \text{ mm}^2$$

donc on prend M16 avec $d = 16 \text{ mm}$ et $A = 157 \text{ mm}^2$

* Vérification de la pression diamétrale

pour un plan: $N_{sd} \leq F_{vrd}$

$$F_{brd} = \frac{2.5 \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

Pour M16 $\Rightarrow d_0 = d + 2 = 18 \text{ mm}$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{50}{3 \times 18}, \frac{120}{3 \times 18} - \frac{1}{4}, \frac{800}{360}, 1 \right\} \Rightarrow \alpha = 0.93$$

$$F_{brd} = \frac{2.5 \times 0.93 \times 360 \times 16 \times 15}{1.25} = 16070 \times 10^3 \text{ N}$$

$$= 160.70 \text{ KN}$$

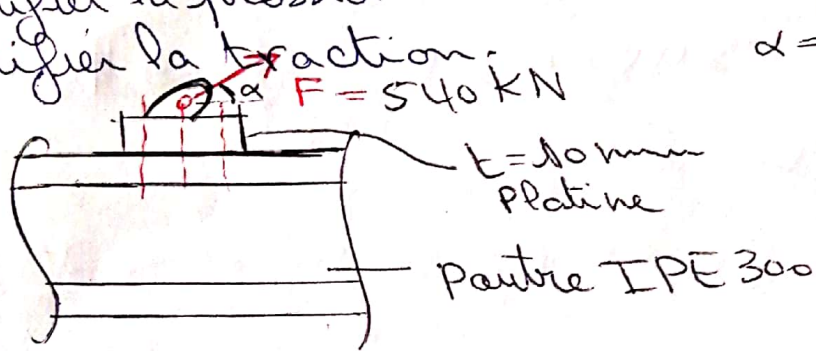
$$N_{sd} = 65 \text{ KN} < 160.70 \text{ KN}$$

②

Exo3

Sait l'assemblage de la figure ci-dessous assuré par 6 boulons de classe 8.8, Nuance d'acier de la platine est S235

- Calculer le diamètre nécessaire des boulons d'assemblage
- Vérifier la pression diamétrale.
- Vérifier la traction.

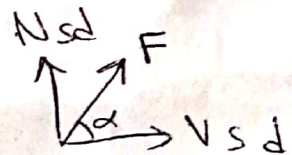


Solution :

1) Calcul du diamètre

$$\frac{N_{sd}}{F_{vrd}} + \frac{N_{sd}}{1.4 F_{trd}} \leq 1$$

$$N_{sd} = 540 \sin(60^\circ) = 467.65 \text{ kN}$$



$$V_{sd} = 540 \cos(60^\circ) = 270 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{sd}}{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s} + \frac{N_{sd}}{1.4 \times 0.9 f_{ub} \cdot A_s} \leq 1$$

γ_{Mb} γ_{M2}

$$\left[\frac{270 / (6 \times 1.25)}{0.6 \times 800} + \frac{467.65 / (6 \times 1.5)}{1.26 \times 800} \right] \times \frac{10^3}{A_s} \leq 1$$

$$A_s \geq 233.17 \text{ mm}^2$$

donc on prend M20 $\Rightarrow A_s = 245 \text{ mm}^2 \Rightarrow d = 20 \text{ mm}$

2) Vérification de la pression diamétrale.

$$V_{rd} \leq f_{brd} = \frac{2.5 \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha = \min \left\{ \frac{50}{3 \times 22}, \frac{120}{3 \times 22}, \frac{1}{4}, \frac{800}{360}, 1 \right\} = 0.76$$

(3)

$$F_{brd} = \frac{2.5 \times 0.76 \times 360 \times 10 \times 2.0}{1.25} = 109440 \text{ N}$$

$$F_{brd} = 109.44 \text{ kN}$$

$$t = \min(t_{\text{platine}}; t_{\text{semelle supérieure IPE300}})$$

$$t = \min(10; 10.7) = 10 \text{ mm}$$

$$V_{rd} = \frac{F_{t0}}{6} = 45 \text{ kN} \leq F_{brd} = 109.44 \text{ kN (C.V)}$$

4.3) Vérification de la traction

$$N_{sd} \leq F_{t,rd} \Rightarrow \frac{467.69}{6} = 77.95 \text{ kN} < 117.6 \text{ (C.V)}$$

$$\frac{0.9 \times 800 \times 245 \times 10^{-3}}{1.5} = 117.6 \text{ kN}$$

TD n° 02 : Assemblages boulonnés HR

Exo 1

Sait un attachement d'une cornière L70x70x7 sur un gousset d'épaisseur $t = 8 \text{ mm}$ en acier S235. Transmet un effort axial pondéré $N = 190 \text{ kN}$.

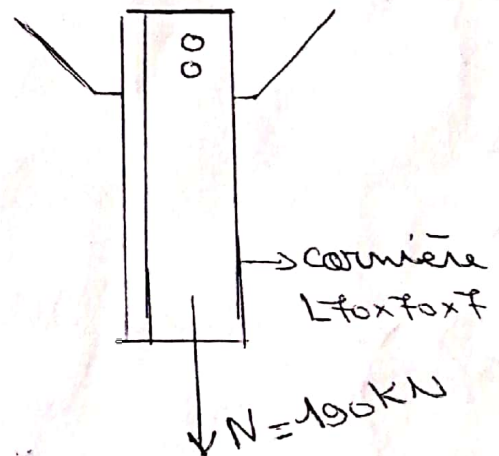
Cette attachement est assuré par des boulons HR 8.8

- Déterminer le nombre et le diamètre des boulons utilisés

- Vérifier la pression diamétrale

Sachant que $\mu = 0.30$, $K_s = 1$

A cornière = 940 mm^2



Solution

- Calcul du nombre et diamètre des boulons

* Section brute cornière $A = 940 \text{ mm}^2$

* Section nette minimale : il faut vérifier

$$N_{sd} \leq \sigma_y \cdot A_{\text{nette}}$$

$$A_{\text{nette}} = \frac{N_{sd}}{\sigma_y} = \frac{190 \times 10^3}{235} = 809 \text{ mm}^2$$

* Section de perçage (A_{vide}) : $A_{\text{vide}} = A_{\text{brute}} - A_{\text{nette}} = 940 - 809 = 131 \text{ mm}^2$

* diamètre maximal de perçage $d_0 \cdot t = A_{\text{brute}} - A_{\text{nette}}$

$$d_0 = \frac{A_{\text{vide}}}{t} = \frac{131}{7} = 18.7 \text{ mm}$$

Soit $d_0 = 18 \text{ mm}$, ce qui correspond, avec un jeu de 2 mm , à des boulons de diamètre $d = 16 \text{ mm}$

* Résistance au glissement d'un boulon :

$$F_s = \frac{k_s \cdot m \cdot \mu \cdot F_{pcd}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{avec } F_{pcd} = 0.7 \sigma_{ub} \cdot A_s$$

Soit $k_s = 1$, $m = 1$, $\mu = 0.30$, $A_s = 157 \text{ mm}^2$, $\gamma_{Ms} = 1.25$.

$$F_s = \frac{0.3 \times 0.7 \times 800 \times 10^3 \times 157}{1.25} = 21 \text{ kN}$$

$$\text{Nombre de boulons } m = \frac{N_{sd}}{F_s} = \frac{190}{21} = 9$$

Vérification de la pression diamétrale

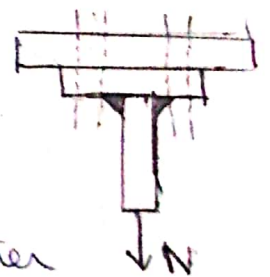
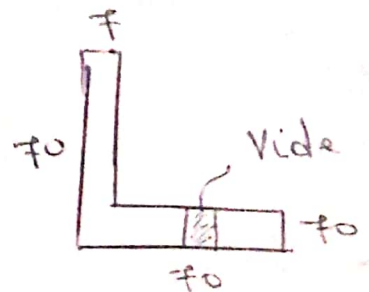
$$F_B = \frac{2.5 \alpha \cdot \sigma_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2.5 \times 800 \times 16 \times 10^{-3} \times 7}{1.25} = 179 \text{ kN}$$

$$F_B = \frac{190}{9} = 21 \text{ kN} < F_B = 179 \text{ kN}$$

Exo 2 : Vérification d'un T à l'arrachement

Soit un T fixé par 8 boulons HR8.8, diamètre 16 mm

- Quelle charge maximale pondérée peut supporter cet assemblage ? (5)



Solution

* Effort admissible en traction pour un boulon

$$F_{pcd} = 0.7 f_{ub} \cdot A_s = 0.7 \times 800 \times 10^{-3} \times 157 = 88 \text{ kN}$$

* Charge maximale admissible: $N = n F_{pcd} = 8 \times 88 = 704 \text{ kN}$

Exo 3

~~Vérification~~ Vérification d'un assemblage sollicité selon 2

direction 8 boulons HR 10.9

diamètre 16 mm $\alpha = 60^\circ$, $\mu = 0.3$

Déterminer la valeur de F

Solution:

Efforts sollicitent les boulons

$$F_t = F \sin \alpha = \frac{F\sqrt{3}}{2}$$

$$F_v = F \cos \alpha = \frac{F}{2}$$

$$F_v = K_s \cdot m \mu (F_{pcd} - 0.8 F_t) = \frac{F}{2}$$

$$K_s = 1.1, m = 1, \gamma_{Ms} = 1.25, \mu = 0.3, A_s = 157 \text{ mm}^2, f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Ms} = 1.25$$

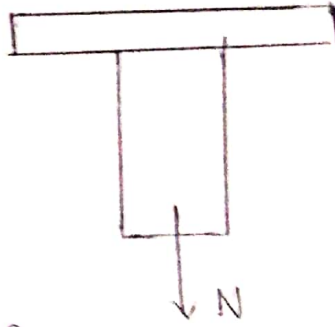
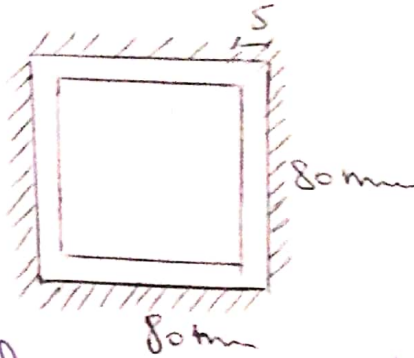
$$F_{pcd} = 0.7 f_{ub} A_s = 110 \text{ kN}, \text{ soit } 1.1 \times 0.3 \left(\frac{110 - 0.8 \times \frac{F\sqrt{3}}{2}}{1.25} \right) = \frac{F}{2}$$

D'où l'on tire pour un boulon:

$$F = 42.5 \text{ kN}$$

Soit pour l'assemblage complet de 8 boulons

$$F = 8 \times 42.5 = 340 \text{ kN}$$

Ex01 = Attache d'un tube sur une platine

Soit un tube $80 \times 80 \times 5$, soudé sur platine par un cordon périphérique d'épaisseur $a = 5 \text{ mm}$, quel effort axial pondéré et peut-il supporter? Acier S235

Solution

S'agissant d'un cordon frontal, il faut vérifier que:

$$N \leq \frac{a \cdot \Sigma l \cdot f_u}{\gamma_{Mw} \cdot B_w \sqrt{a}}$$

avec:

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$\Sigma l = 4 \times 80 = 320 \text{ mm}$$

$$\gamma_{Mw} = B_w = 1, f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$A = (80 \times 80) - (70 \times 70) = 1500 \text{ mm}^2$$

D'où l'on tire $N \leq 400 \text{ kN}$.

Il convient cependant de vérifier la contrainte de traction dans le tube $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{400 \times 10^3}{1500} = 267 \text{ MPa}$

$$267 > f_y = 235$$

La pièce pénètre avant la soudure

Il convient donc de limiter l'effort N à:

$$N \leq A \cdot f_y = 1500 \times 235 \times 10^3 \Rightarrow N = 352 \text{ kN}$$

Ex02: Attaches de 2 cornières sur un gousset

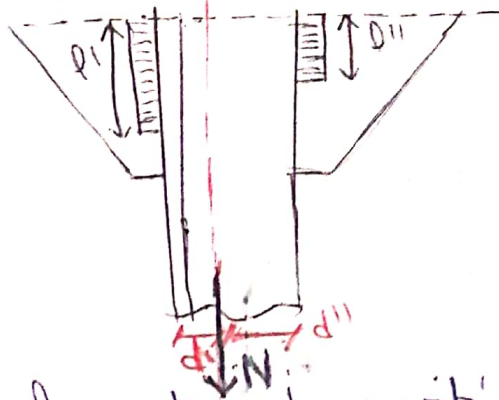
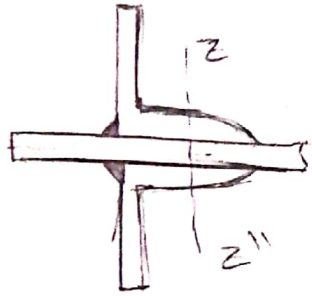
Soit 2 cornières $80 \times 80 \times 8$ soudées sur un gousset par des cordons d'épaisseur $a = 4 \text{ mm}$

L'effort de traction pondérée N appliqué sur l'axe neutre vaut $N = 40000 \text{ daN}$

$d' = 23 \text{ mm}$ et $d'' = 57 \text{ mm}$

Acier S235

- Calculer la longueur des cordons de soudure



Solution

Dans l'idéal, il faut que le centre de gravité des cordons de soudure soit situé sur l'axe neutre des cornière ZZ'

Dans ce cas, leur moment statiques sont égales

$$l' d' = l'' d''$$

par ailleurs, il faut vérifier que :

$$\varepsilon l \geq B_w \cdot \delta M_w \cdot \frac{\sqrt{3}}{a f_u} \quad \text{avec } \varepsilon l = 2(l' + l'')$$

du fait de l'égalité des moments statiques,

$$l'' = l' \times \frac{d'}{d''} \quad \text{et } \varepsilon l = 2 l' \left(1 + \frac{d'}{d''} \right)$$

$$= 2 l' \left(1 + \frac{d'}{d''} \right)$$

$$d' \text{ car } l' \geq \frac{B_w \cdot \delta M_w \cdot \sqrt{3}}{2 a f_u \left(1 + \frac{d'}{d''} \right)} = 17 \text{ cm}$$

$$l'' \geq \frac{B_w \cdot \delta M_w \cdot \sqrt{3}}{2 a f_u \left(1 + \frac{d''}{d'} \right)} = 37 \text{ cm}$$