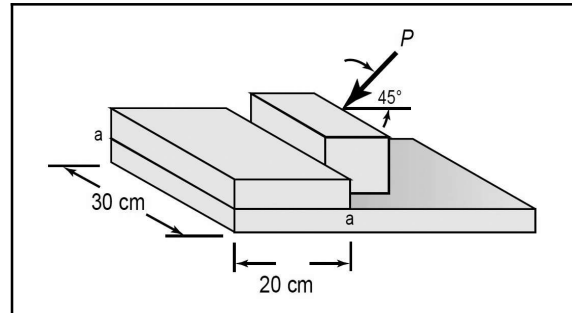


<i>Problèmes sur le chapitre 5</i> .....	- ex5.1 -
Exercices concernant principalement la “ <i>théorie générale</i> ” .....	- ex5.1 -
Exercices concernant principalement le “ <i>dimensionnement d’une clavette</i> ” (§ 5.6.1.) .....	- ex5.3 -
Exercices concernant principalement le “ <i>dimensionnement d’une goupille - rivet</i> ” (§ 5.6.2.) .....	- ex5.4 -
Exercices concernant principalement le “ <i>cisaillage - poinçonnage</i> ” (§ 5.6.5.) .....	- ex5.7 -
Exercices concernant principalement le “ <i>calcul d’assemblages soudés</i> ” (§ 5.6.6.) .....	- ex5.9 -
Exercices <i>de synthèse</i> .....	- ex5.12 -

Problèmes sur le chapitre 5

**Exercices concernant principalement la “théorie générale”**

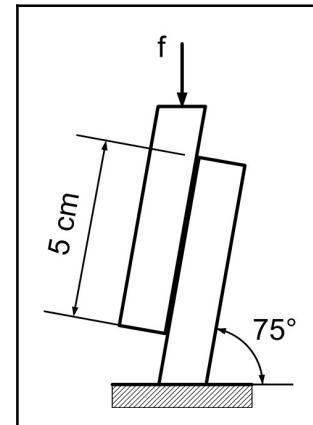
**50.01.** Considérons la figure représentée ci-contre. La force  $P$  tend à cisailer la butée le long du plan a-a. Si  $P = 40 \text{ kN}$ , calculer la contrainte moyenne de cisaillement sur le plan a-a.



Réponse :  $\tau_{moy} = 0.47 \text{ N/mm}^2$

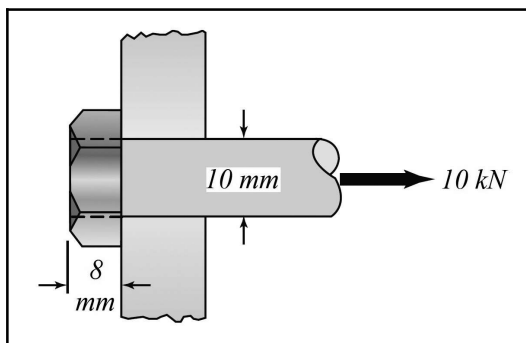
**50.02.** Dans l'industrie du bois, on utilise des blocs inclinés pour déterminer la résistance compression-cisaillement des joints collés. Soit les deux blocs A et B collés ayant 4 cm de profondeur perpendiculairement au plan de la figure.

- Calculer la résistance maximale au cisaillement de la colle pour une force verticale  $f$  de 40 kN nécessaire pour provoquer la rupture du joint.
- A ce moment, quelle est la contrainte de compression ?
- Si la résistance de la colle au cisaillement était de  $10 \text{ N/mm}^2$ , calculer alors l'intensité maximale de la force  $f$  applicable.



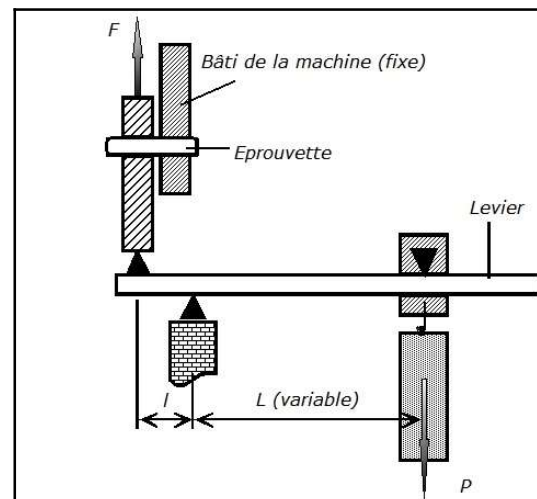
Réponses : a)  $\tau_{cis} = 19.3 \text{ N/mm}^2$     b)  $\sigma_{comp} = 5.2 \text{ N/mm}^2$   
c)  $f = 20.7 \text{ kN}$

**50.03.** Soit un boulon de 10 mm de diamètre sollicité par une charge axiale de 10 kN, comme le montre la figure ci-dessous. Calculez la contrainte moyenne de cisaillement dans la tête du boulon en supposant que le cisaillement agit sur une surface cylindrique de même diamètre que le boulon, comme le montrent les lignes pointillées.



Réponse :  $\tau_{moy} = 39.8 \text{ N/mm}^2$

**50.04.** La figure ci-contre représente le schéma de la machine de Frémont pour l'essai des fontes au cisaillement. L'éprouvette est constituée d'un prisme à section carrée, de section  $A = 25 \text{ mm}^2$ . Elle se rompt lorsque l'effort  $F$  atteint une certaine valeur.

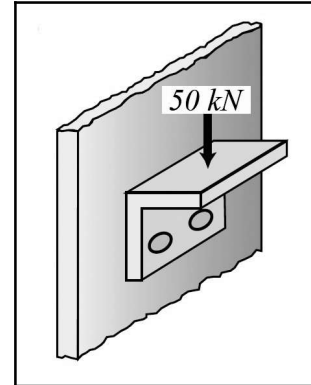


- Ecrire la relation qui existe entre la force variable  $F$  et l'effort constant  $P$ .

- b) Calculer la résistance à la rupture par cisaillement d'un barreau qui s'est rompu lorsque  $P = 400 \text{ N}$ , sachant que  $l = 10 \text{ mm}$  et  $L = 150 \text{ mm}$ .

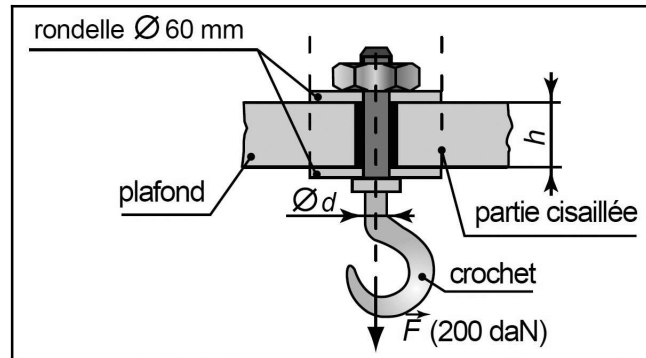
Réponse :  $\tau_{rupt} = 240 \text{ N/mm}^2$

- 50.05.** Dans la pratique des structures, des équerres en acier sont couramment utilisées pour transférer des charges de traverses horizontales à des colonnes verticales. La réaction de la traverse sur l'équerre est une charge de  $50 \text{ kN}$  dirigée vers le bas, comme le montre la figure ci-contre. Deux rivets identiques de  $2 \text{ cm}$  de diamètre résistent à cette charge. On suppose que le rivet remplit le trou dont le diamètre est supérieur de  $0.15 \text{ cm}$  au diamètre du rivet. Que vaut la contrainte moyenne de cisaillement dans chacun des deux ?



Réponse :  $\tau_{cis moy} = 68.9 \text{ N/mm}^2$

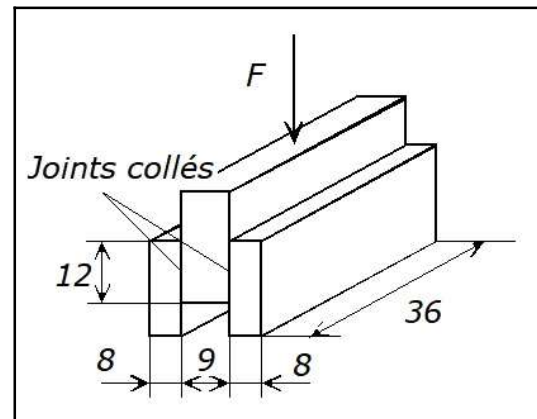
- 50.06.** Un crochet est fixé dans un plafond de hauteur  $h$  et supporte une charge verticale de  $2 \text{ kN}$  comme le montre la figure ci-contre. La contrainte admissible au cisaillement du matériau du plafond est de  $1 \text{ N/mm}^2$  et la contrainte admissible en traction du crochet est de  $100 \text{ N/mm}^2$ .



- a) Quelle est la hauteur minimale  $h$  pour que le plafond résiste au cisaillement.  
b) Quelle est le diamètre minimum  $d$  pour que le crochet résiste à la traction.

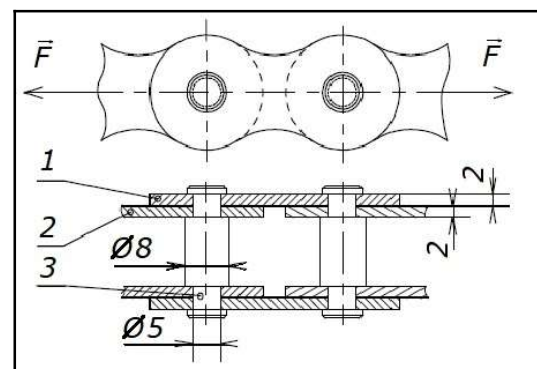
Réponses : a)  $h = 10.6 \text{ mm}$  b)  $d \approx 5 \text{ mm}$

- 50.07.** L'assemblage représenté ci-contre est souvent utilisé pour déterminer la résistance au cisaillement d'un joint collé. Pour une force  $F$  à la rupture de  $12 \text{ kN}$ , quelle est la contrainte moyenne dans le joint à cet instant ?



Réponse :  $\tau_{moy} = 13.9 \text{ N/mm}^2$

- 50.08.** Une chaîne en acier supporte une force de  $4500 \text{ N}$ . Calculer la contrainte de cisaillement des bouts d'axe (3) ainsi que la pression de contact des axes contre les maillons (1) et (2).



Réponses :  $\tau_{moy} = 115 \text{ N/mm}^2$   
 $p_s = 225 \text{ N/mm}^2$

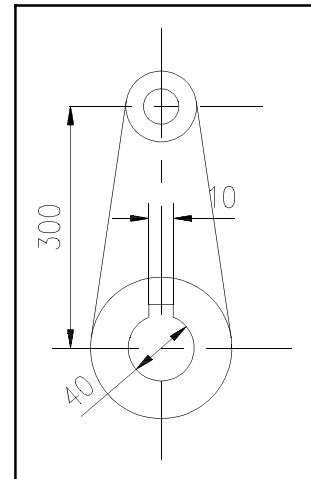
**Exercices concernant principalement le “dimensionnement d’une clavette” (§ 5.6.1.)**

**51.01.** Un levier ayant un entr’axe de 300 mm supporte un effort de 1000 N à une extrémité. Il est calé sur un arbre de 40 mm de diamètre par une cale de 10 mm de largeur et 50 mm de longueur. Quel est le taux de travail de la cale au cisaillement ?

Réponse :  $\tau_{cis} = 30 \text{ N/mm}^2$

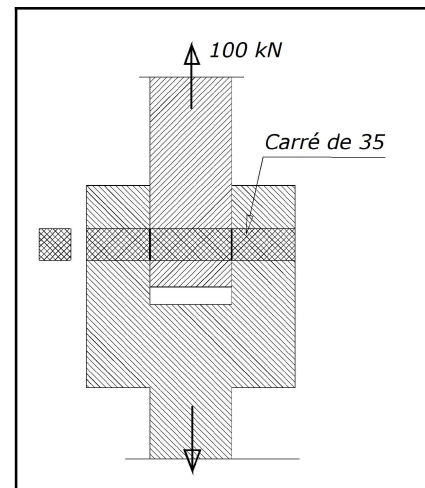
**51.02.** Une poulie est soumise à un couple moteur de 1.1 kNm, transmis à l’arbre par l’intermédiaire d’une clavette. L’arbre a un diamètre de 50 mm. Déterminer complètement la clavette. On peut admettre comme  $p_{adm\ mat}$  100 N/mm<sup>2</sup>.

Réponses :  $a = 14 \text{ mm}$  ;  $b = 9 \text{ mm}$  ;  $l = 90 \text{ mm} < 100 \text{ mm OK}$



**51.03.** Une chape comporte une clavette en acier AE 235-B. Calculez la tension et comparez-là avec la tension admissible si le coefficient de sécurité est égal à 3.

Réponses :  $\tau_{cis} = 40.8 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{adm} = 45.4 \text{ N/mm}^2$

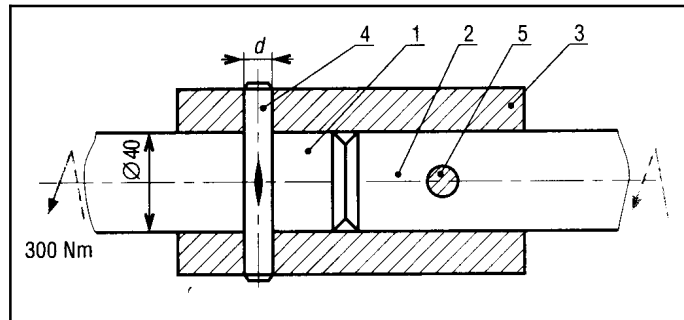


**Exercices concernant principalement le “dimensionnement d’une goupille - rivet” (§ 5.6.2.)**

**52.01.** Une goupille cylindrique permet l’articulation de deux barres plates. L’effort maximum supporté par la liaison est de  $50\text{ kN}$ . La résistance pratique (admissible) au cisaillement du matériau de la goupille est de :  $50\text{ N/mm}^2$ . Déterminer le diamètre  $d$  de la goupille.

Réponse :  $d = 35.7\text{ mm} \Rightarrow 40\text{ mm}$

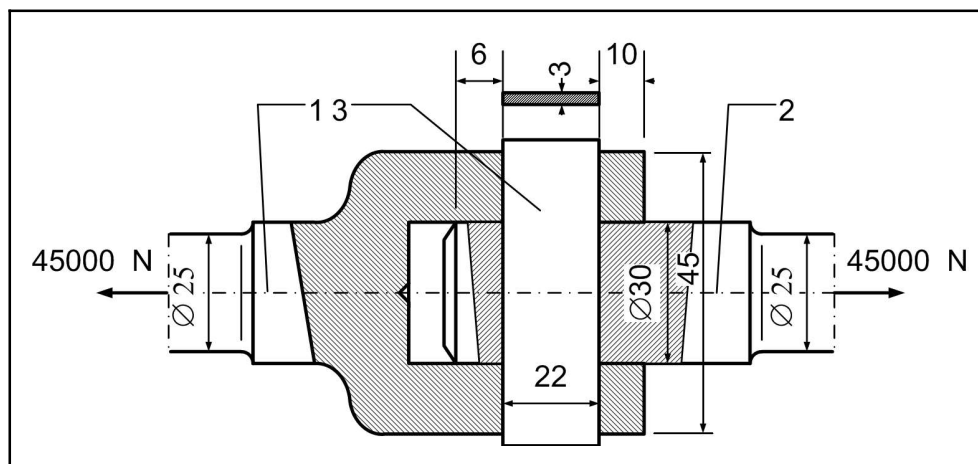
**52.02.** Un accouplement (3) à deux goupilles (4) et (5) permet la transmission de puissance d’un arbre (1) vers un arbre (2). Le couple maximal à transmettre est de  $300\text{ Nm}$ , le diamètre des arbres est de  $40\text{ mm}$ . Si la contrainte admissible au cisaillement du matériau des goupilles est de  $300\text{ MPa}$ , déterminer leur diamètre  $d$ .



Réponse :  $d \geq 5.64\text{ mm} \Rightarrow 6\text{ mm}$

**52.03.** Les tirants (1) et (2) sont assemblés par l’intermédiaire d’une goupille plate (3). Le montage est soumis à un effort de traction de  $45\text{ kN}$ .

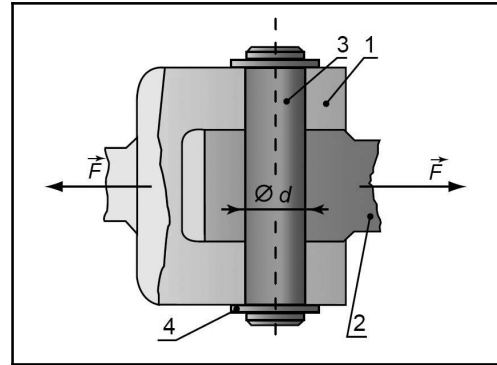
- Repérer et calculer les surfaces des sections cisillées de la goupille.
- Calculer les contraintes de cisaillement de la goupille.
- Calculer les contraintes dues au matage entre la goupille et les tirants. Indiquer les surfaces matées.



Réponses :

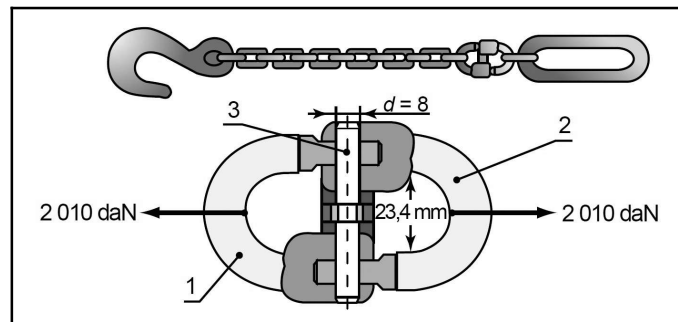
- $A_{cis} = 132\text{ mm}^2$
- $\tau_{cis} = 341\text{ N/mm}^2$
- $P_{matage1} = 1000\text{ N/mm}^2$  ;  $P_{matage2} = 500\text{ N/mm}^2$

**52.04.** L'articulation cylindrique proposée sur la figure ci-contre, assure la liaison entre les solides (1) et (2) au moyen d'un axe (3) (articulation en chape). L'arrêt en translation de l'axe est assuré par deux circlips (4). La résistance admissible au cisaillement de l'axe est de  $80 \text{ N/mm}^2$ . L'effort maximum supporté par la liaison est de  $110 \text{ kN}$ . Déterminer le diamètre de l'axe.



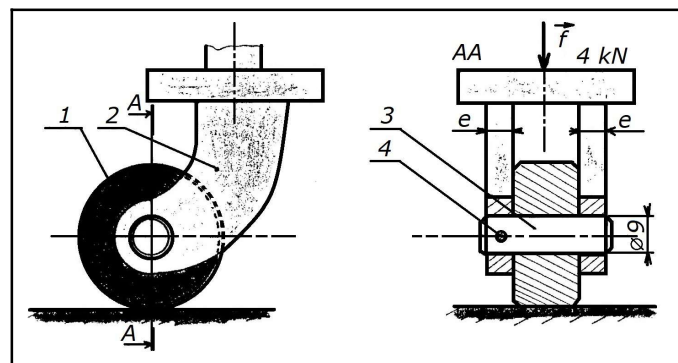
Réponse :  $d = 29.6 \text{ mm} \Rightarrow 30 \text{ mm}$   
(diamètre de circlips normalisé)

**52.05.** L'ensemble proposé ci-dessous est un maillon de chaîne à montage et démontage rapides. Le maillon permet la constitution rapide d'élingues, ainsi que des assemblages entre chaînes, crochets et anneaux. Le maillon est construit à partir de deux demi-anneaux (1) et (2). La liaison est assurée par l'axe (3) de  $8 \text{ mm}$  de diamètre. L'effort  $F$  admissible par le maillon est de  $20.1 \text{ kN}$ . Déterminer les contraintes de cisaillement dans l'axe (3).



Réponse :  $\tau_{axe} = 99.9 \text{ N/mm}^2$

**52.06.** La roulette pivotante proposée sur la figure ci-dessous supporte une charge de  $4 \text{ kN}$  et se compose d'un support (2) et d'une roue (1). La liaison est assurée par un axe (3) de  $9 \text{ mm}$  de diamètre dont l'arrêt en translation est assuré par une goupille (4).

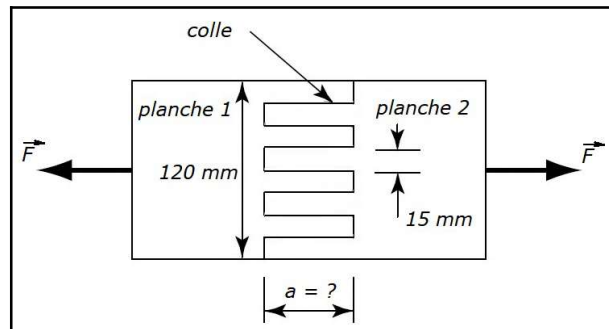


- Quelle épaisseur  $e$  faut-il donner au support si l'on admet une contrainte admissible au matage de  $30 \text{ N/mm}^2$  ?
- Indiquer les surfaces cisailées de l'axe (3). Calculer les contraintes de cisaillement dans l'axe.

Réponses : a)  $e = 7.4 \text{ mm}$  b)  $\tau_{cis} = 31.4 \text{ N/mm}^2$

Exercices concernant principalement le “dimensionnement d’un joint collé” (§ 5.6.4.)

**54.01.** Deux planches de bois (1) et (2), d’épaisseur :  $e = 20 \text{ mm}$ , sont collées comme l’indique la figure ci-contre. Si la contrainte admissible au cisaillement du joint collé est de  $900 \text{ kPa}$  et si l’effort de traction  $F = 3000 \text{ N}$ , déterminer la longueur minimale  $a$  nécessaire pour réaliser l’assemblage.



Réponse :  $a_{\min} = 23.8 \text{ mm}$

**54.02.** Un cylindre de  $30 \text{ mm}$  de diamètre est emmanché concentriquement dans un autre de  $5 \text{ mm}$  d’épaisseur. La résistance à la rupture au cisaillement de la colle est de  $18 \text{ N/mm}^2$ . La colle est répartie uniformément sur le cylindre intérieur et de longueur  $l$  inconnue. L’effort  $F$  supporté par le montage est de  $26 \text{ kN}$ .

Calculer la longueur à donner au joint collé du montage. On vérifiera de plus la longueur de recouvrement maximum efficace.

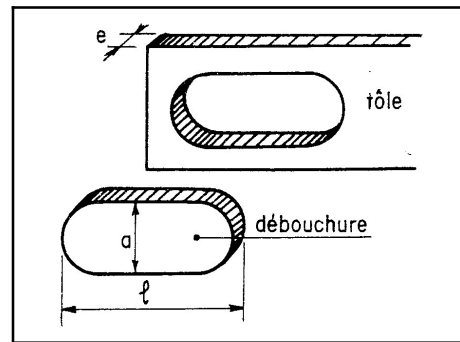
Réponses :  $19.2 < l < 37.3 \text{ mm}$

**54.03.** Deux plats sont collés l’un sur l’autre. La résistance à la rupture par cisaillement de la colle est de  $175 \text{ daN/cm}^2$ . La colle étant uniformément répartie sur la surface rectangulaire ( $30 \times 70 \text{ mm}^2$ ), déterminer l’effort de traction admissible par le montage.

Réponses :  $V_{rupt} = 36750 \text{ N}$  ;  $V_{adm} = 22050 \text{ N}$

**Exercices concernant principalement le “cisaillement - poinçonnage” (§ 5.6.5.)**

**55.01.** Les flasques d’une chaîne Galle sont découpés dans une tôle d’acier demi-dur XC 42 de 3 mm d’épaisseur dont la résistance à la rupture par traction est de 700 N/mm<sup>2</sup>. Sachant que  $l = 57 \text{ mm}$  et  $a = 25 \text{ mm}$ , déterminer l’intensité de l’effort tranchant nécessaire pour obtenir la débouchure.



Réponse :  $V = 300 \text{ kN}$

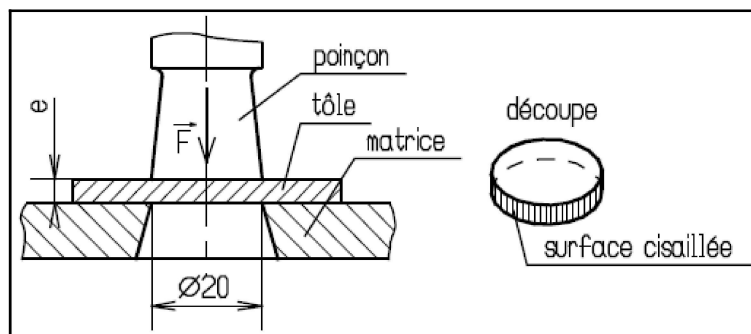
**55.02.** Que vaut la force nécessaire pour poinçonner un trou de 25 mm de diamètre dans une plaque d’acier ( $R_m = 550 \text{ N/mm}^2$ ) d’une épaisseur de 10 mm. Calculer la déformation de cisaillement au bord de ce trou lorsque la contrainte de cisaillement est de 150 N/mm<sup>2</sup>.

Réponses :  $F_{\max} = 432 \text{ kN}$  ;  $\gamma = 1.875 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$

**55.03.** On désire découper un trou dans une tôle par l’intermédiaire d’un poinçon exerçant un effort de cisaillement qui se répartit sur toute la section cisillée de la pièce. Le poinçon travaillant en compression ne doit pas subir de contrainte normale trop important pouvant entraîner sa déformation permanente. La tôle à poinçonner a pour épaisseur  $e = 4 \text{ mm}$  et l’acier qui la constitue à une contrainte tangentielle moyenne de rupture  $\tau_{rupt} = 200 \text{ MPa}$ . La contrainte pratique (admissible) de compression du poinçon vaut 240 MPa.

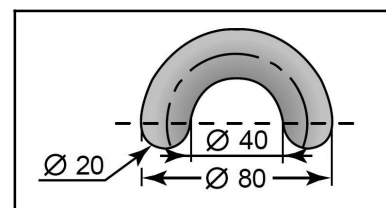
Le trou à réaliser est carré de côté  $a = 20 \text{ mm}$ .

- Quel effort minimal le poinçon doit-il exercer sur la tôle pour la poinçonner ?
- La contrainte de compression dans le poinçon est-elle satisfaisante ? Justifier.



Réponses : a)  $f = 86.7 \text{ kN}$       b) non

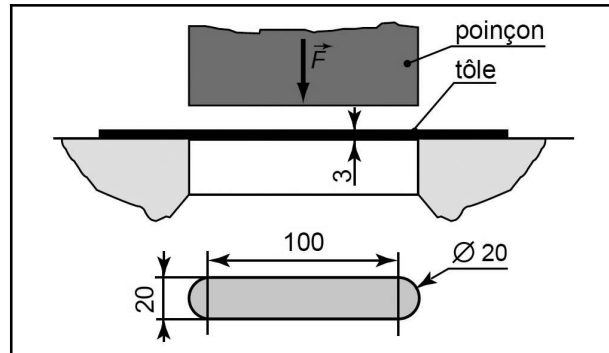
**55.04.** Un poinçon réalise un trou dans une tôle de 4 mm d’épaisseur. La forme du trou est représentée à la figure ci-contre. La résistance à la rupture par cisaillement du matériau de la tôle est de 250 N/mm<sup>2</sup>. Quelle est la force  $F$  minimale nécessaire au poinçonnage (sans tenir compte de frottements) ?



Réponse :  $F_{\min} = 251.3 \text{ kN}$

**55.05.** Un poinçon réalise un trou oblong dans une tôle de 3 mm d'épaisseur. Si la résistance à la rupture par cisaillement du matériau de la tôle est de  $250 \text{ N/mm}^2$ , déterminer l'effort  $F$  nécessaire au poinçonnage et en déduire la contrainte de compression dans le poinçon.

Réponses :  $F = 197.1 \text{ kN}$   
 $(F_{\text{réel}} = 328.5 \text{ kN})$   
 $\sigma_{\text{comp}} = 85.2 \text{ N/mm}^2$

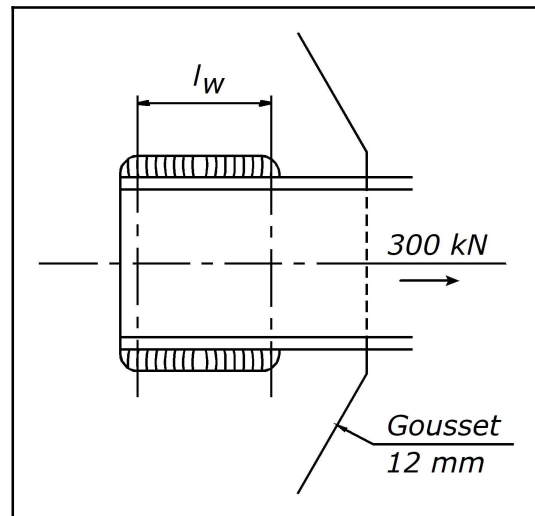


**Exercices concernant principalement le “calcul d’assemblages soudés” (§ 5.6.6.)**

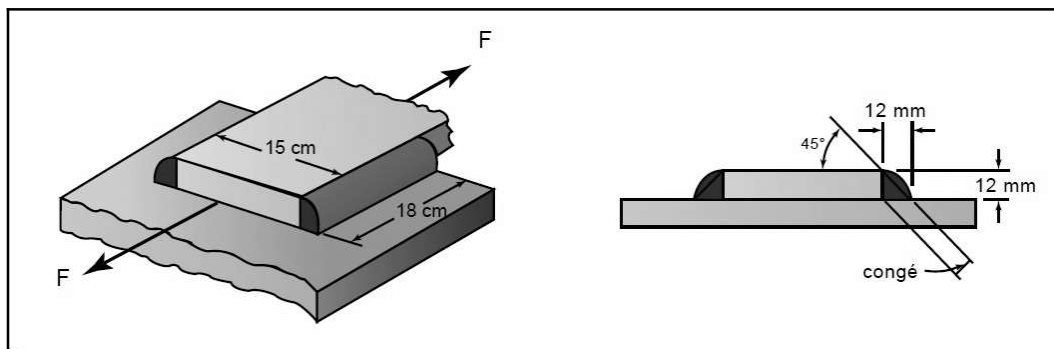
**56.01.** Calculer les caractéristiques du cordon de soudure (longueur  $l_w$  et hauteur de gorge  $a$ ) d’un assemblage d’un UPN 220, en S235, supportant un effort permanent de traction de  $300\text{ kN}$ , avec un gousset d’une épaisseur de  $12\text{ mm}$ .

UPN 220 :  $220 \times 70 \times 8 \times 11$

Réponses :  $l_w = 164\text{ mm}$   
 $(l_{w\text{ effective}} = 176\text{ mm})$   
 Avec :  $a = 6\text{ mm}$



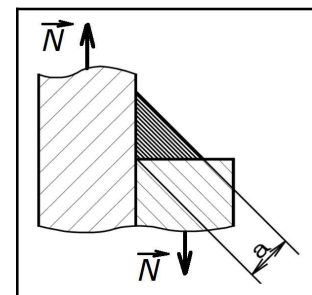
**56.02.** Pour réunir deux plaques, on utilise souvent des soudures d’angle. On demande de calculer la force de traction maximale (permanente) admissible en sachant que l’acier utilisé est du S235. La charge est appliquée au milieu de l’intervalle entre les deux soudures.



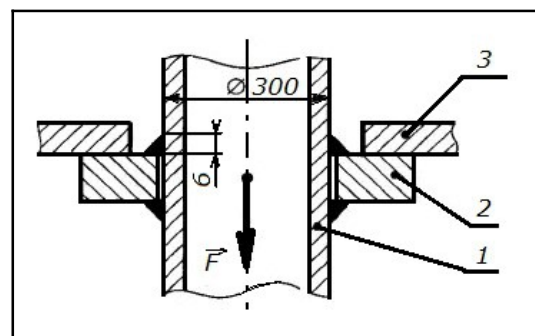
Réponse :  $F_{adm} = 404\text{ kN}$

**56.03.** Soit l’assemblage de 2 pièces à l’aide d’un cordon de soudure d’épaisseur  $a = 3.5\text{ mm}$ . L’effort sur les 2 pièces est de  $80\text{ kN}$  en permanent et  $20\text{ kN}$  en exploitation. Les pièces sont en S355. Calculer la longueur du cordon de soudure nécessaire.

Réponse :  $l_w = 134\text{ mm} (+ 2 a)$



**56.04.** La figure ci-contre représente un plancher (3) en appui plan parfait sur une plaque (2) en acier. Cette plaque est soudée sur un poteau (1) en tube d’acier de diamètre extérieur  $d = 300\text{ mm}$ . La liaison (1)-(2) est obtenue par deux cordons de soudure continus de largeur  $6\text{ mm}$ . L’action du plancher (3) sur la plaque (2) est égale à  $60\text{ kN}$  permanent et  $50\text{ kN}$  de surcharge.



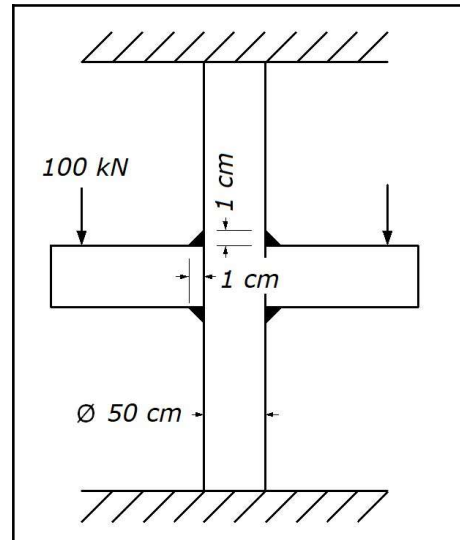
- a) Calculer la contrainte moyenne de cisaillement dans le métal de base.  
 b) Ces cordons résistent-ils à la sollicitation ?

Réponses : a)  $\tau_{my MB} = 9.7 \text{ N/mm}^2$  b) oui :  $1661 \text{ kN} \geq 156 \text{ kN}$

**56.05.** Soit la structure genre balcon montrée à la figure ci-contre. Le balcon horizontal est chargé par une force totale de  $100 \text{ kN}$  (permanent), distribué symétriquement par rapport à l'axe. Le support central est un arbre de  $50 \text{ cm}$  de diamètre et le balcon est soudé sur ces faces supérieures et inférieures par des cordons de soudure sur un côté (ou aile), comme le montre la figure ci-contre.

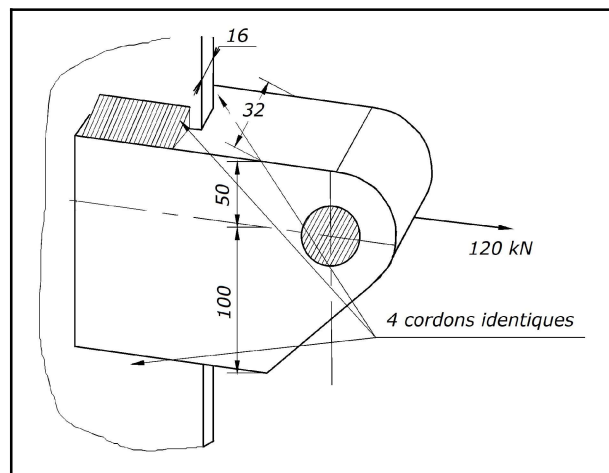
- a) Calculer la contrainte moyenne de cisaillement existant entre l'arbre et le cordon de soudure.  
 b) Comment auriez-vous déterminé le cordon de soudure, sachant que l'arbre est en S235 ?

Réponses : a)  $\tau_{moy MB} = 3.2 \text{ N/mm}^2$   
 b)  $h_c = 0.3 \text{ mm}$  (%  $10 \text{ mm}$ !)



**56.06.** Déterminer complètement les soudures de l'assemblage ci-contre en S235. La charge de  $120 \text{ kN}$  est une charge permanente.

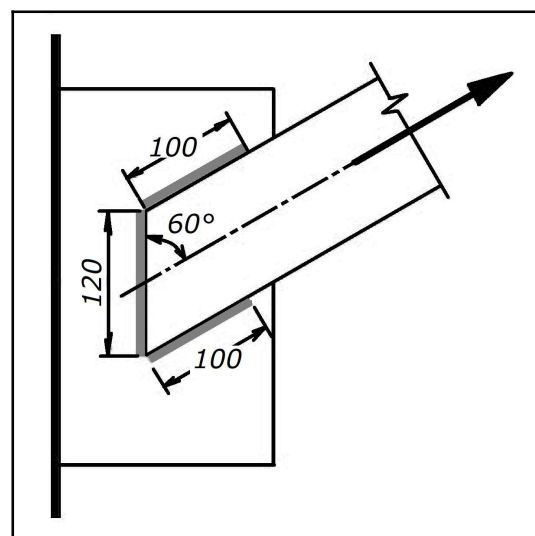
Réponse :  $a = 6 \text{ mm}$   
 $l_w = 44 + 2a$   
 $= 56 \text{ mm}$  ( $4 \times$ )



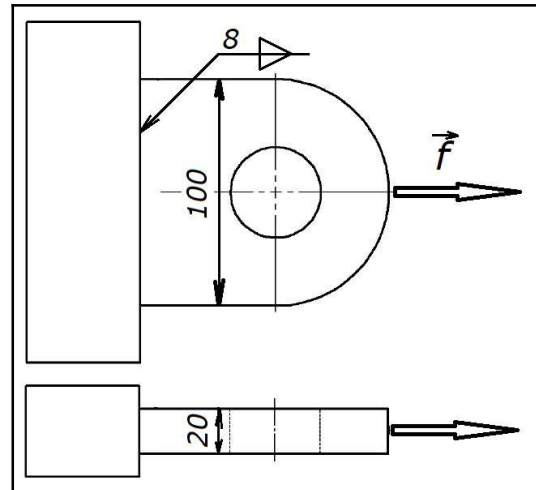
**56.07.** Dans la configuration de soudure illustrée sur la figure ci-contre, sachant que nous avons  $a = 8 \text{ mm}$  et que les tôles d'acier sont en S275, déterminez la charge admissible permanente que peut supporter cet assemblage. On considérera, que les tôles reprendront cet effort sans problème.

NB : La longueur des soudures sur le dessin est une longueur efficace.

Réponse :  $N_{adm} = 426 \text{ kN}$



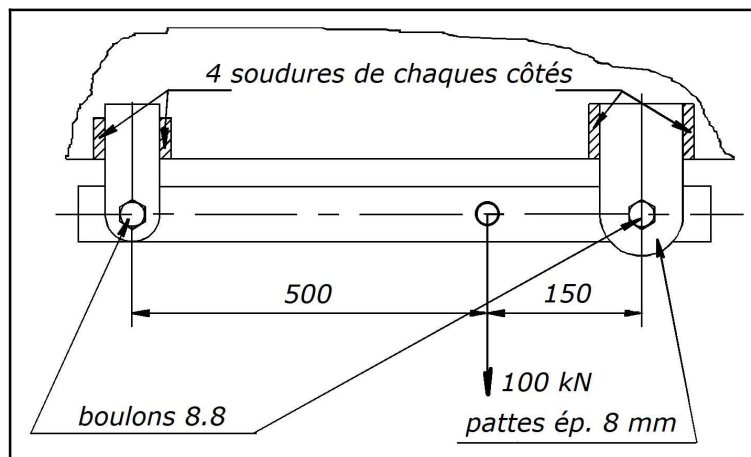
**56.08.** Une patte de section 100 x 20 est assemblée par 2 cordons de soudure d'angle ( $a = 8 \text{ mm}$ ) verticaux sur un support suivant le dessin ci-contre. Cette patte, en S235, est soumise à un effort horizontal appliqué au centre du trou par l'intermédiaire d'un axe non représenté. Recherchez l'effort maximal en exploitation que l'on peut appliquer sur cet assemblage.



Réponse :  $N_{\max} = 186.2 \text{ kN}$

**56.09.** On demande :

- la longueur des soudures;
  - les dimensions des pattes de fixation;
  - les diamètres des boulons,
- sachant qu'il y a 4 pattes et que  $\sigma_{adm}$  dans les tôles, en S235, est de  $120 \text{ N/mm}^2$ .



Réponses : a)  $l_{w \text{ droite}} = 35.1 \approx 36 \text{ mm}$  ;  $l_{w \text{ gauche}} = 18.9 \approx 20 \text{ mm}$

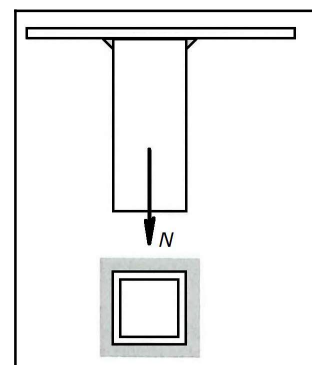
- 
- 
- 

**56.10.** Soit un tube de 80 x 80 x 5 soudé sur une platine par un cordon périphérique d'épaisseur  $a = 5 \text{ mm}$ . Quel effort axial pondéré  $N_{sd}$  peut-il supporté ? Acier S235.

Réponse :  $N_{sd} = 332.6 \text{ kN}$  (Vérifier la contrainte de traction dans le tube !)

Remarque :

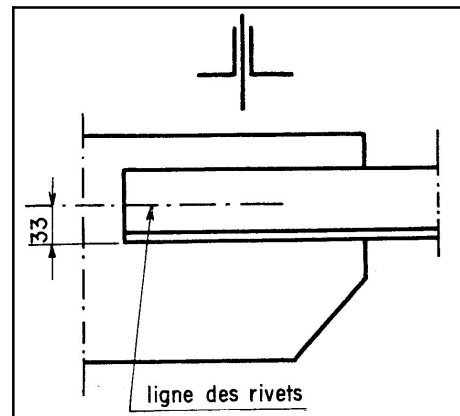
Que pensez-vous de l'épaisseur prise ?



## Exercices de synthèse

**5S.01.** Deux cornières de 60 x 60 x 6 sont assemblées par rivets à un gousset d'épaisseur 6 mm. Sachant que la contrainte de cisaillement admissible de ceux-ci est de  $100 \text{ N/mm}^2$  et que l'effort de traction supporté par les cornières est  $N = 100 \text{ kN}$ .

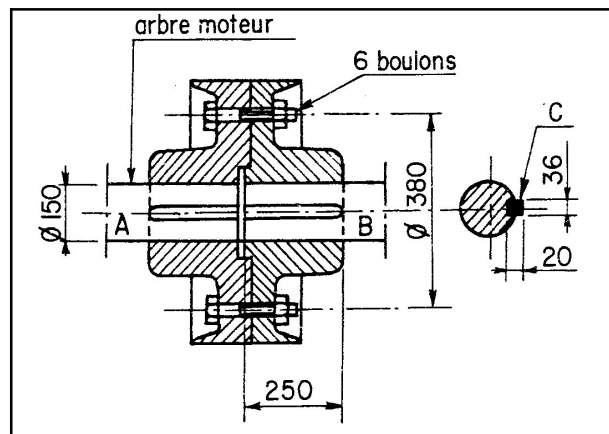
- Déterminer le diamètre des rivets;
- Calculer la contrainte dans les cornières, section pleine et section affaiblie par un trou de rivet;
- Déterminer le nombre des rivets;
- Dessiner et coter l'assemblage;
- Étudier l'assemblage précédent réalisé par quatre cordons de soudure (cote  $h_c = 4 \text{ mm}$ ).



- Réponses :**
- $d = 14 \text{ mm}$
  - $\tau_{nom} = 73 \text{ N/mm}^2$  et  $\tau_{max} = 85 \text{ N/mm}^2$
  - $nbs_{rivet} = 10$
  - $l_{cordon} > 69.4 \text{ mm}$

**5S.02.** Un arbre A transmet un couple de 14000 Nm à un arbre B par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement à plateaux dont les boulons sont répartis sur une circonférence de 380 mm. On admet que ces boulons se comportent comme de simples broches sollicitées au cisaillement (les deux plateaux du manchon tendent, en effet, à tourner l'un par rapport à l'autre).

- Calculer l'effort tranchant qui tend à cisainer chaque boulon;
- Déterminer son diamètre. De fréquents changements de marche et de brusques variations de charge étant prévus, on adoptera une résistance pratique  $\tau_{adm} = 20 \text{ N/mm}^2$  ;
- Quel est l'effort tranchant qui sollicite la clavette C ? En déduire la contrainte tangentielle correspondante;
- Que vaut la pression de matage au niveau de clavette ?



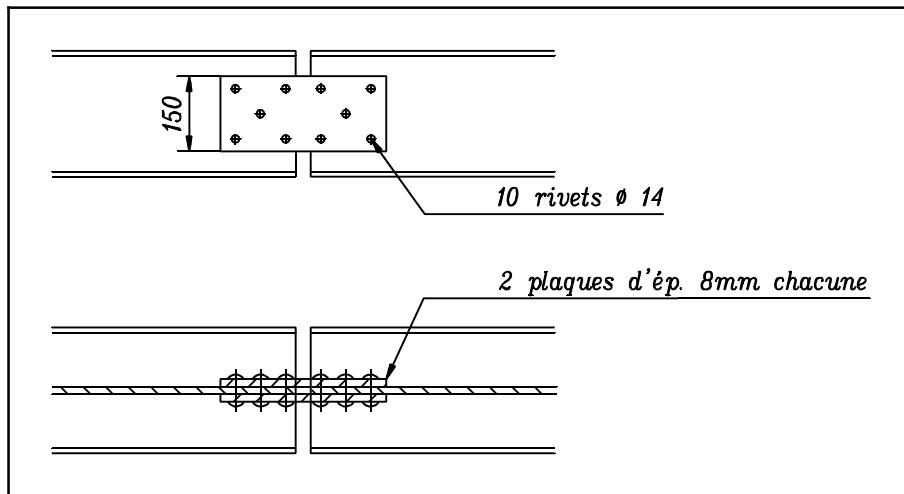
- Réponses :**
- $V = 12300 \text{ N}$
  - $d > 28 \text{ mm} \Rightarrow M30$
  - $V_C = 1.87 \cdot 10^5 \text{ N}$  ;  $\tau_{cis C} = 20.7 \text{ N/mm}^2$
  - $p_{matage} = 74.6 \text{ N/mm}^2$

**5S.03.** La poutrelle (IPE 200 : 200 x 100 x 5.6 x 8.5) ci-dessous est sollicitée en traction. Sa section nette est de  $2850 \text{ mm}^2$ . L'effort dans la section sera au maximum de  $198 \text{ kN}$ . Quelle sera la contrainte maximale atteinte :

- dans la poutre;

- b) dans les rivets;
- c) dans le couvre-joint

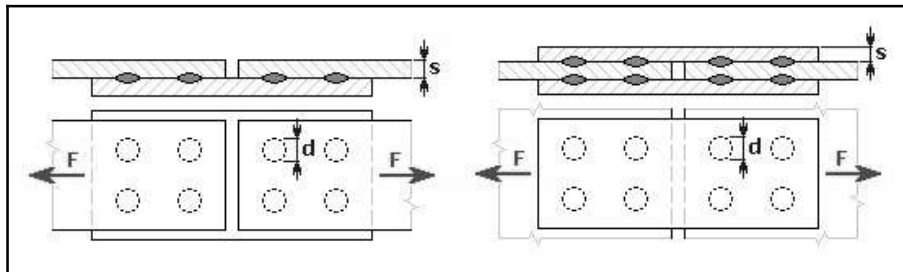
Remarque : Attention au diamètre de perçage des trous de rivets !



Réponses :

**5S.04** Dans le montage ci-dessous (soudure par points), on peut considérer :

- 1) le diamètre  $d$  des points de soudure :  $d = 5 \sqrt{s}$
- 2) la distance inter points de soudure :  $t_1 = 2 \dots 3 d$
- 3) la distance entre le dernier point de soudure et le bord de la plaque :  $t_2 \geq 2 d$



Si les plats, en S235 et d'épaisseur  $s = 4 \text{ mm}$ , supportent un effort  $F = 28 \text{ kN}$ , déterminer complètement l'assemblage.

Réponse :