





16,4  
20

9.255

 Université  
sans frontières

Sigle du cours

Nom : 	Prénom : 
Signature : 	Matricule : 

Sigle et titre du cours		Groupe	Trimestre						
9.255 Procédés de fabrication I		1	A-98						
Professeur(s) ISAC, Patrick		Local	A-619						
Jour	Mardi	Date	08.12.98	Durée	2h30	De	9h30	à	12h00
Documentation		Calculatrice							
<input checked="" type="checkbox"/> Toute		<input type="checkbox"/> Aucune							
<input type="checkbox"/> Aucune		<input checked="" type="checkbox"/> Programmable							
<input type="checkbox"/> Voir directives particulières		<input checked="" type="checkbox"/> Non programmable							

Remettre le questionnaire en entier

Attention : les questions 1 et 5 sont plus longues que les autres

**Important**

Ce questionnaire comporte  question(s) sur  Page(s)

La pondération de cet examen est de  %

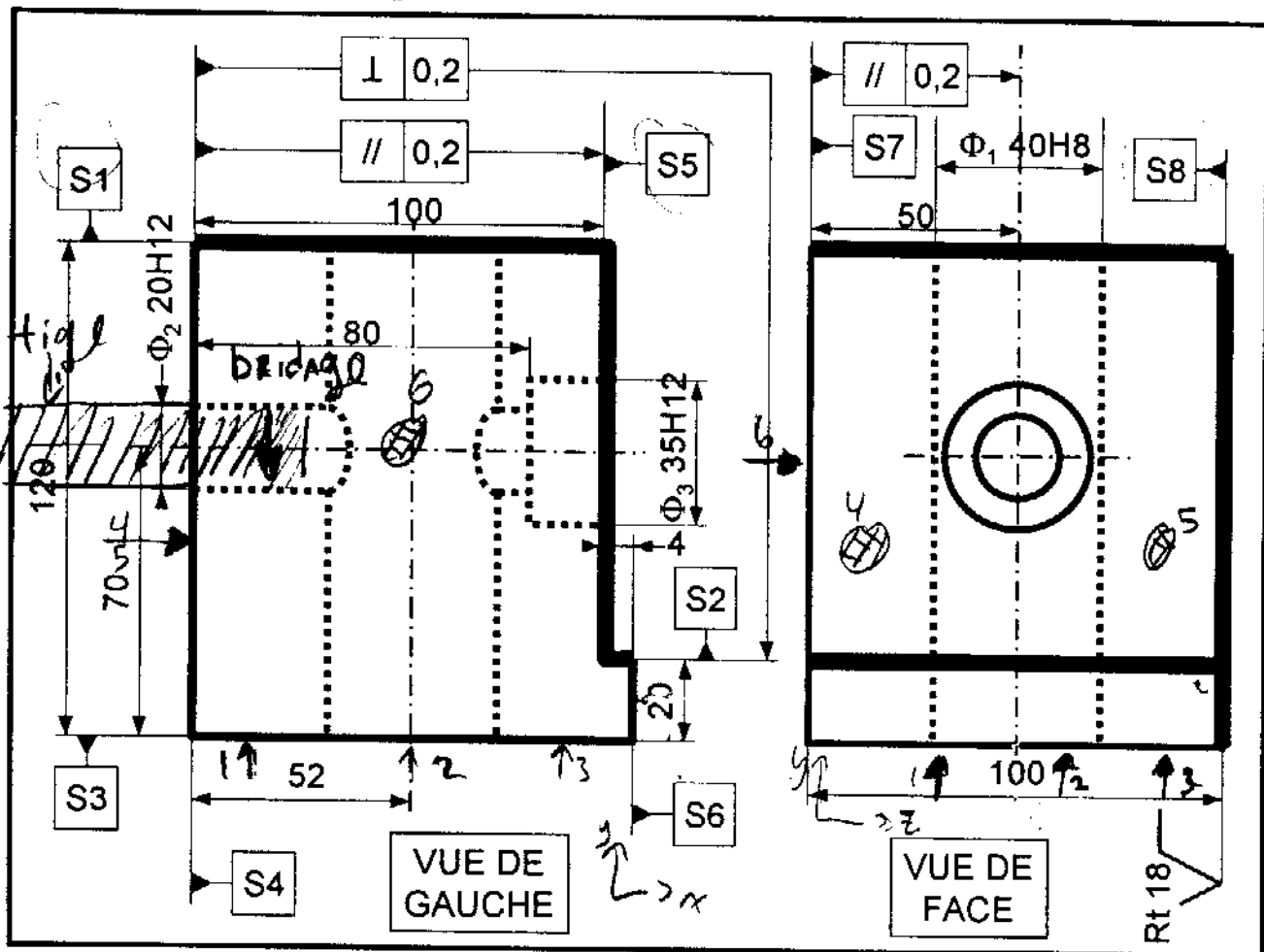
Vous devez répondre sur ☒ le questionnaire ☐ le cahier ☐ les deux

Vous devez remettre le questionnaire ☒ oui ☐ non

LE FRAISAGE

**QUESTION 1** ( 8 points au total )

Vous vous intéressez à la fabrication de la pièce en acier Z200 C12, dont le dessin de définition vous est donné ci-dessous, sur une fraiseuse verticale.



Cette pièce est obtenue à l'aide de deux (2) phases de fraisage :

- phase 10 : perçage et lamage des trous  $\Phi_2$  et  $\Phi_3$ ;
- phase 20 : surfacage des plans S1, S2, S5 et S8 représentés (en traits gras sur le dessin ci-dessus), et perçage-alésage du trou  $\Phi_1$ .

Pour le reste du problème, vous ne devez vous intéresser qu'aux opérations de surfacage de la phase 20. La phase 10 et les opérations de perçage-alésage de la phase 20 ne doivent pas être étudiées.

1.1 Mise en position de la pièce et bridage ( 2,5 points )

Comment réalisez-vous la mise en position de la pièce sur la fraiseuse pour la phase 20 ? Donnez les éléments suivants en justifiant vos choix :

1.1.1 Les surfaces sur lesquelles vous appuyez la pièce;

1.1.2 Le nom de la liaison élémentaire simple que vous installez sur chacune des surfaces choisies;

1.1.3 Où et comment vous réalisez le bridage (serrage) de la pièce sur le porte-pièce, afin de résister efficacement aux efforts de coupe lors de l'usinage.

1.1.1: les appuis sont sur les faces:

S4: pour respecter le parallélisme avec S5, la perpendicularité avec S2 et la cote ✓

S3: pour la hauteur de 20 mm de S2 ✓ et de S1 entr.

S7: pour le parallélisme de  $\phi_1$  avec S2 ✓

1.1.2: S4: appui-plan pour bloquer 3 degrés de libertés (translation en y, rotation autour de x et z) pour le

S47: liaison linéaire rectiligne pour assurer le parallélisme entre S5 et S4

S73: cote de position du trou  $\phi_1$  (liaison ponctuelle)

1.1.3: À l'aide d'un tige, il est possible de bloquer en serrant le trou  $\phi_2$  et ainsi résister au couple engendré par le perçage de  $\phi_1$  et aux forces engendrées par le surfacage et dressage des autres faces. ✓

1,5  
2,5

1.2 Surfaçage en bout du plan supérieur S1 ( 2 points )

Pour réaliser cette opération de  finition , vous utilisez une fraise à surfer à  plaquettes amovibles  carbure, de diamètre  125 mm. à 8 dents .

Déterminez les paramètres suivants :

1.2.1 La vitesse de coupe correspondante à cette opération;

1.2.2 La vitesse de rotation de la broche correspondante;

1.2.3 La vitesse d'avance à installer sur la fraiseuse;

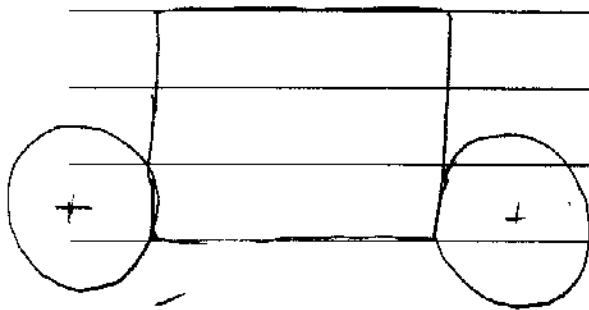
1.2.4 Le temps d'usinage nécessaire pour réaliser cette surface.

1.2.1:  finition :  $\frac{100}{125} = 0,8 > \frac{2}{3} \Rightarrow 2 \text{ passes } \checkmark$   
  $V_c = 60 \text{ m/min. } \checkmark$

1.2.2:   $S = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 60}{\pi \cdot 125} = 152 \text{ tr/min } \checkmark$

1.2.3:   $f = f_z \cdot Z \cdot S = 0,2 \cdot 8 \cdot 152 = 243,2 \text{ mm/min. } \checkmark$

1.2.4:  2 passes  distance pour 1 passe:  $100 + 125 = 225 \text{ mm}$   
distance totale:  $225 \times 2 = 450 \text{ mm}$



$243,2 \text{ mm} \rightarrow 1 \text{ min}$

$450 \text{ mm} \rightarrow 1,85 \text{ min}$

$\Rightarrow 1 \text{ min. et } 51 \text{ sec. } \checkmark$

1.3 Fraisage combiné des plans S2 et S5 ( 2 points )

Pour réaliser cette opération, vous utilisez une fraise cylindrique 2 tailles en acier rapide (A.R.S.), à queue cône 7/24, de diamètre 50 mm, à 16 dents.

Déterminez les paramètres suivants :

- 1.3.1 La vitesse de coupe correspondante à cette opération;
- 1.3.2 La vitesse de rotation de la broche correspondante;
- 1.3.3 La vitesse d'avance à installer sur la fraiseuse;
- 1.3.4 La durée de vie de l'arête de coupe de l'outil entre deux réaffutages.

1.3.1:  $L/D = 100/50 = 2 \Rightarrow \text{coefficient } C = 0.5 \checkmark$   
 $V_c = 13 \cdot 0.5 = 6.5 \text{ m/min } \checkmark$

1.3.2:  $S = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6.5}{\pi \cdot 50} = 41 \text{ tr/min. } \checkmark$

1.3.3:  $f = f_z \cdot z \cdot S = 0.10 \cdot 16 \cdot 41 = 65.6 \text{ mm/min. } \checkmark$

1.3.4:  $T_1 = 90 \text{ min.}$  ~~comme ! y a 16 dents.~~

~~$90 \times 16 = 1440 \text{ min.}$~~

$\frac{1.5}{2}$

1.4 Surfaçage en roulant du plan latéral S8 ( 1,5 point )

Pour réaliser cette opération de finition, vous utilisez une fraise 1 taille à surfacier à entraînement par clavette en acier rapide (A.R.S.), de diamètre 100 mm, de longueur 125 mm, à 24 dents.

Déterminez les paramètres suivants :

1.4.1 La vitesse de coupe correspondante à cette opération;

1.4.2 La vitesse de rotation de la broche correspondante;

1.4.3 La vitesse d'avance à installer sur la fraiseuse (prenez avance par dent  $f_z = h$  épaisseur de coupe);

1.4.4 La précaution particulière à prendre, en la justifiant.

1.4.1 :

$$V_c = 14 \text{ m/min } \checkmark$$

1.4.2 :

$$S = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{14 \cdot 1000}{\pi \cdot 100} = 44 \text{ te/min. } \checkmark$$

1.4.3 :

$$f_z = h = 0,1 \text{ mm/dents}$$

$$f = f_z \cdot z \cdot S = 0,1 \cdot 24 \cdot 44 = 105,6 \text{ mm/min. } \checkmark$$

1.4.4 :

comme il y a un état de surface à respecter, il faudrait réduire la vitesse d'avance, et venir à point.

$$R_t = \frac{f_z^2}{8 \left( \frac{D}{z} + \frac{f_z \cdot z}{\pi} \right)} = 0,0002535 \text{ } \checkmark < 18 \mu\text{m}$$

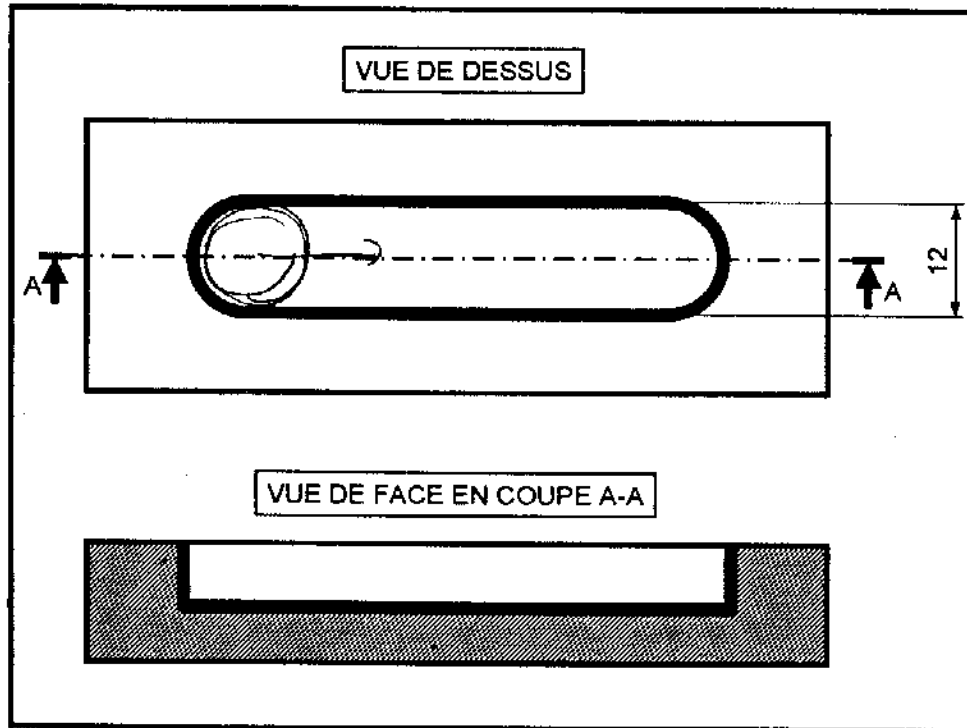
il faut réduire  $f_z$  !

1,25  
1,5

**QUESTION 2** ( 1 point )

Vous désirez réaliser sur une fraiseuse verticale, par **rainurage en bout**, une rainure **non débouchante** des deux côtés, à **fond plat**, de **largeur 12 mm**, tel que représenté sur le dessin ci-dessous.

Vous ne disposez que d'une fraise **cylindrique 2 tailles** en acier rapide (A.R.S.), à queue cylindrique, de **diamètre 12 mm** (aucune fraise 3 tailles ou fraise à rainurer n'est disponible).



L'opération est-elle réalisable ?

Si votre réponse est oui, comment vous y prendriez-vous ? Pourquoi ?

Oui, il faut d'abord réaliser un avant-trou en perçage avec un foret pour permettre d'insérer la fraise cylindrique 2 tailles. ✓

**QUESTION 3** (1 point)

Vous venez de recevoir une fraiseuse verticale neuve, et vous réalisez dessus des essais de validation pour déterminer si vous l'acceptez ou si vous la refusez.

Vous pratiquez pour cela, une opération de surfaçage en bout, avec une fraise de rayon R=125 mm, sur une largeur L=75 mm.

Vous mesurez la pièce, et vous découvrez que la surface obtenue a un défaut de planéité f=0,05 mm.

Quelle décision prenez-vous concernant cette machine ? Justifiez-la de façon chiffrée.

$$f = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4} \sin^2 \alpha} \quad \checkmark \quad \text{si on prend } \alpha = 90^\circ$$

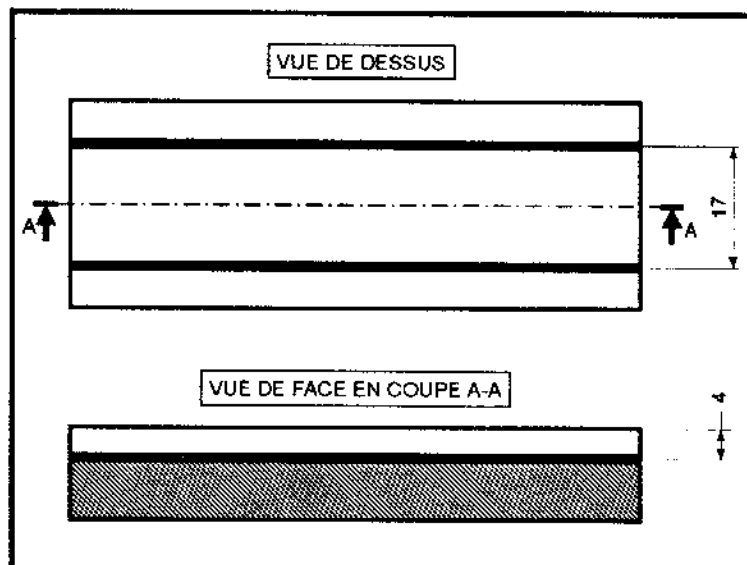
$$= 125 - \sqrt{125^2 - \frac{75^2}{4} \sin^2 90^\circ} = 0,03273 \text{ mm}$$

↑ tolérance ✓

Comme  $0,05 > 0,03273$ , la planéité de la machine neuve ne respecte pas la norme, je dois donc retourner la machine chez le vendeur.

**QUESTION 4** (1 point)

Vous désirez usiner sur une fraiseuse horizontale, une **rainure débouchante** des deux côtés, de largeur **17 mm**, à fond plat, tel représenté sur le dessin ci-dessous.





1 : Donnez six (6) façons différentes (avec 6 outils de types et de tailles différents) pour réaliser cette rainure, avec les types et les dimensions des outils que vous utiliseriez.

2 : Comme vous devez garder à l'esprit, en tant que futurs ingénieurs industriels, qu'il faut que cette opération prenne le moins de temps possible, ordonnez ces 6 façons de la plus rapide à la moins rapide (il peut y avoir des ex æquo). Exemple : 2-6-1-4-3-5. **Aucun calcul n'est nécessaire pour répondre.**

1-1: fraise à rainurer 3 tailles à denture droite  
(largeur 17 mm)

1-2: fraise à rainurer 3 tailles à denture alternée  
(largeur 17 mm)

1-3: fraise à rainurer 3 tailles extensible réglée  
à 17 mm d'épaisseur (réaliser une rainure avant de

1-4: fraise à rainurer 2 tailles de largeur 17 mm  
(trois dents) ✓

1-5: fraise cylindrique 2 tailles de largeur 17 mm  
(deux dents) ✓

1-6: 2 passe avec une fraise 2 tailles cylindrique  
diamètre supérieur à 9 mm et inférieur à 17 mm ✓

2: 2-1-4-5-1-6  
↖ ↗

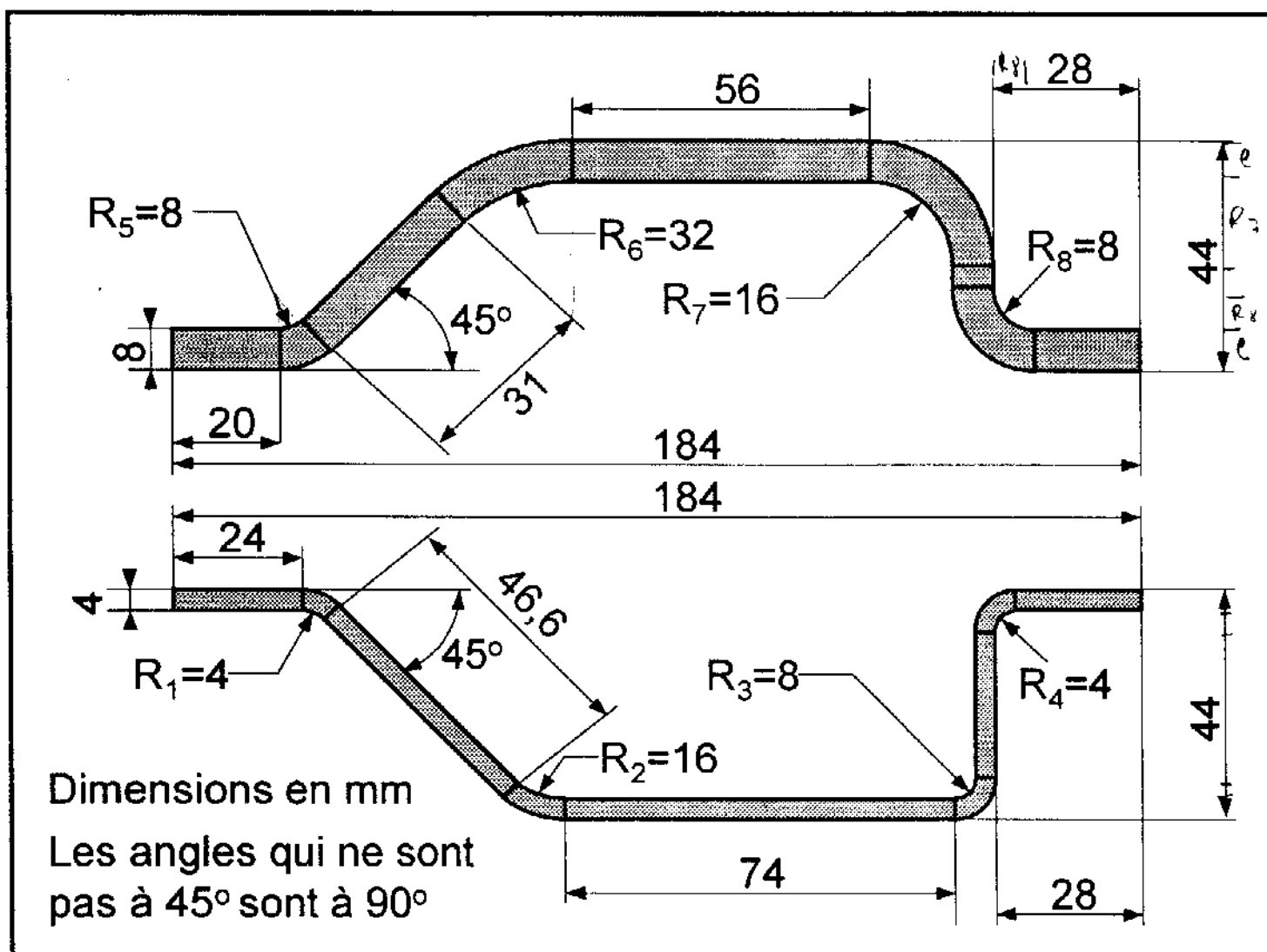
2/1

LE TRAVAIL DU MÉTAL EN FEUILLE

QUESTION 5 ( 5 points )

Vous désirez réaliser **la boîte** représentée sur le dessin ci-dessous. Elle est constituée d'un **corps** (partie inférieure) à grande contenance, et d'un **couvre**cle (partie supérieure) à grande résistance aux chocs.

Vous pouvez remarquer que ces deux composants ont exactement les mêmes dimensions extérieures, mais, afin que chacune d'elle puisse répondre à sa fonction, elles sont réalisées dans des tôles d'épaisseurs différentes.



- 1 : Calculez la longueur du flan nécessaire à la fabrication du couvercle par pliage en « vé ».
- 2 : Même question pour le corps.

3 : Les deux flans ont-ils la même longueur ? Pourquoi ?

1:  $e = 8 \text{ mm}$

$$R_5' = 8 + 2,66 = 10,67 \quad \text{car } R/e = 1$$

$$R_6' = 32 + 4 = 36 \quad \text{car } R/e = 4$$

$$R_7' = 16 + 3,2 = 19,2 \quad \text{car } R/e = 2$$

$$R_8' = 8 + 2,66 = 10,67 \quad \text{car } R/e = 1$$

$$L_T = 20 + 31 + 56 + \underbrace{(44 - 16 - 16 - 8)}_4 + \frac{(28 - 8)}{360} + \frac{2\pi}{360} (10,67 \cdot 45 + 36 \cdot 45 + 19,2 \cdot 90 + 10,67 \cdot 90)$$

$$L_T = \frac{131}{360} + \frac{2\pi}{360} (4788,45) = 214,57 \text{ mm} \quad \checkmark$$

2:  $e = 4 \text{ mm}$

$$R_1' = 4 + 1,33 = 5,33 \quad \text{car } R/e = 1$$

$$R_2' = 16 + 2 = 18 \quad \text{car } R/e = 4$$

$$R_3' = 8 + 1,6 = 9,6 \quad \text{car } R/e = 2$$

$$R_4' = 4 + 1,33 = 5,33 \quad \text{car } R/e = 1$$

$$L_T = 24 + 46,6 + 74 + (44 - 8 - 8 - 4) + (28 - 4) + \frac{2\pi}{360} (5,33 \cdot 45 + 18 \cdot 45 + 9,6 \cdot 90 + 5,33 \cdot 45)$$

$$L_T = \frac{192,6}{360} + \frac{2\pi}{360} (2393,55) = 234,38 \text{ mm} \quad \checkmark$$

3: Non, ils ne sont pas de la même longueur. La raison est que l'épaisseur entre dans l'équation de la longueur.  $\checkmark$

ou  $\frac{L_T}{e} = \dots$  (calculer la longueur divisée par l'épaisseur)

**QUESTION 6** ( 2 points )

Vous travaillez dans une entreprise de fabrication aéronautique militaire, et vous désirez cisainer une tôle en **alliage de titane**, de **2 mm d'épaisseur**, sur une **largeur de 400 mm**.

1 : Si vous utilisez une cisaille à guillotine à **lames longues parallèles**, quelle doit être la force minimale de cette machine (en tonnes) ?

2 : Si vous remplacez les lames parallèles par des lames longues obliques, quelles sont les deux (2) valeurs limites de la force nécessaire au cisailage ?

3 : Quelle serait l'épaisseur maximale de la tôle que vous pourriez cisainer, si vous utilisiez la force trouvée en 1, mais avec les lames longues obliques de 2 ?

4 : Si vous remplacez maintenant les deux techniques précédentes par le cisailage à lames obliques courtes (**longueur des lames = 50 mm**), quelle est la force minimale de cisailage nécessaire ?

5 : Quels sont les avantages et les inconvénients des trois (3) techniques de cisailage utilisées dans cette question, les unes par rapport aux autres ?

1:  $R_c \approx 42 \text{ à } 50 \approx 46$   $F = L \cdot e \cdot R_c = 400 \cdot 2 \cdot 46$   
 $= 36,8 \text{ tonnes} \checkmark$

2:  $\alpha = 2^\circ \Rightarrow F = (e^2 \times R_c) / (2 \tan(\alpha))$

$F = 2,6 \text{ tonnes} \checkmark$

$\alpha = 6^\circ \Rightarrow F = 0,875 \text{ tonnes} \checkmark$

3:  $\alpha = 6^\circ$   $36,8 = (e^2 \times 46) / (2 \tan(6^\circ))$

$e = 0,41 \text{ mm}$

4:  $2 \approx 15^\circ$   $F = 10^2 \cdot R_0 / 2 \cdot \sin(2) = 0,343 \text{ tonnes}$  ✓

5: 1. parallèles : avantage  $\Rightarrow$  pas de déformation  
désavantage  $\Rightarrow$  grande force ✓

2. obliques longues : avantage  $\Rightarrow$  effort moindre  
désavantage  $\Rightarrow$  risque de décrochage  
et de déformation ✓

3. obliques courtes : avantage  $\Rightarrow$  effort de coupe très  
faible ✓  
désavantage  $\Rightarrow$  coupe sinusoïdale

$\frac{1,6}{2}$

**QUESTION 7** (0,5 point)

Pourquoi les techniques de mise en forme du métal en feuille sont-elles très utilisées pour la fabrication de citernes et de réservoirs ?

Les formes cylindrique se prêtent bien à ce type de procédé. Il est possible d'obtenir de grandes surfaces minces et courbes par laminage. Il y a une faible perte de matière comparée à l'usinage. (faibles coûts) ✓  
Poids / taille et capacité  $\frac{0,2}{0,5}$

**QUESTION 8** ( 1 point )

1 : Vous désirez réaliser un pli à un angle de  $125^\circ$  sur une tôle en acier doux d'épaisseur  $e=2$  mm avec un rayon de pliage de 80 mm.

Quel est l'angle que vous devrez régler sur la plieuse à tablier qui sera utilisée ?

2 : Si maintenant vous utilisez la technique de pliage en « vé » avec frappe, quel sera l'angle de l'outil à utiliser ?

1: ~~L'angle maximale d'une plieuse à tablier est de  $170^\circ$ , il n'est pas possible de réaliser cette opération sur cette machine.~~

2:  ~~$\alpha_1 = k \times \alpha_2$  où  $R/e = 80/2 = 40$   $k = 0,85$   
 $\alpha_1 = 0,85 \cdot 125 = 106,25^\circ$~~

0  
1

**QUESTION 9** ( 0,5 point )

Lors des opérations de cisailage, quel est le facteur qui influence le plus la précision dimensionnelle et la qualité du bord obtenus ?

Le jeu entre les deux lames ✓

0,5  
0,5

**PASSEZ DE BONNES PÉRIODES DES FÊTES  
MES MEILLEURS VŒUX DE BONNE ANNÉE**