



ÉCOLE  
POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL

Final automne 98

Questionnaire d'examen

16,4  
20

9.255

Bonje  
sans frontières

Sigle du cours

Nom :	[REDACTED]	Prénom :	[REDACTED]
Signature :	[REDACTED]	Matricule :	[REDACTED]

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	<input checked="" type="checkbox"/> Toute <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Voir directives particulières	Calculatrice	<input type="checkbox"/> Aucune <input checked="" type="checkbox"/> Programmable <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 9 question(s) sur 13 Page(s)

La pondération de cet examen est de 45 %

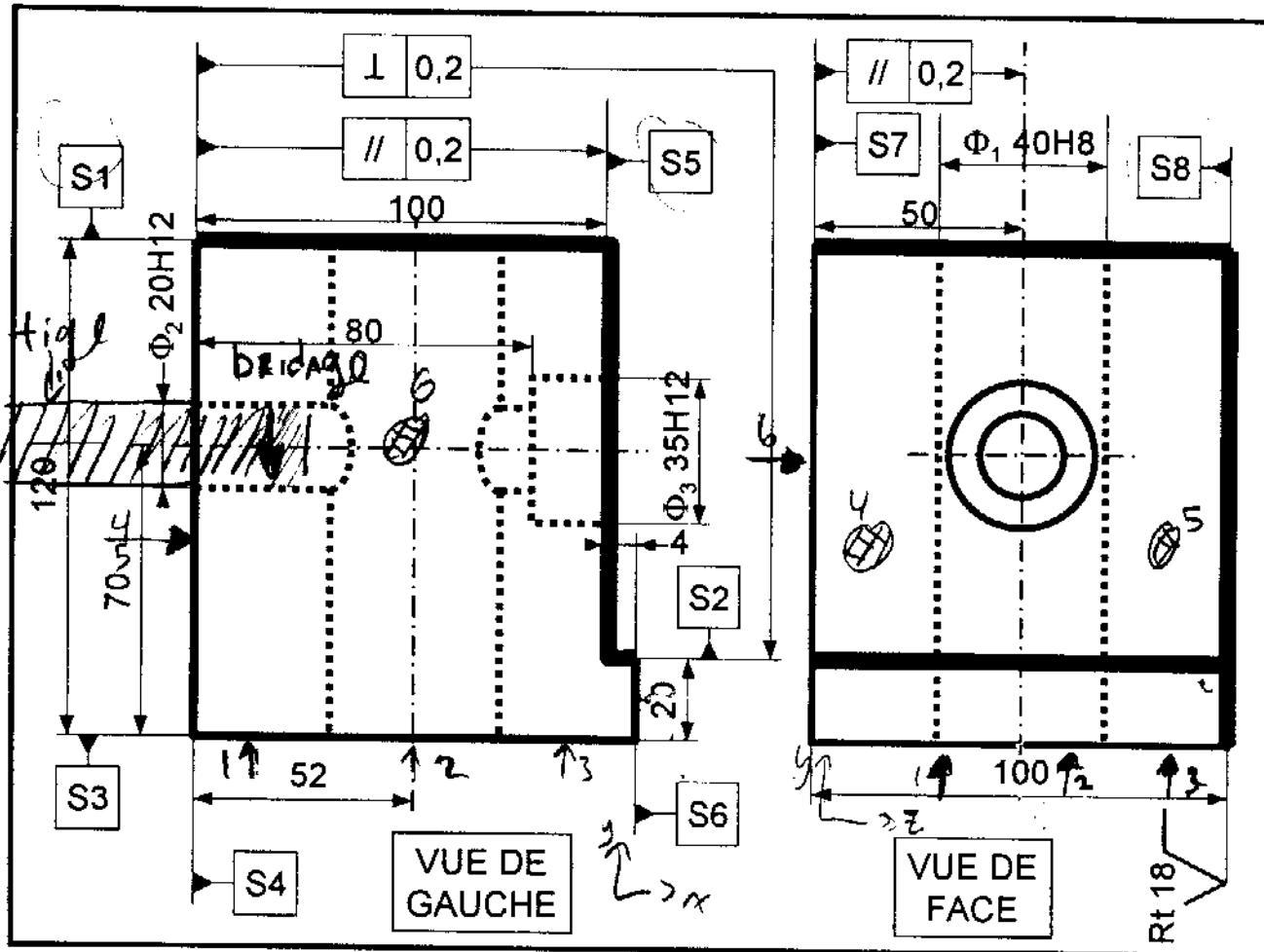
Vous devez répondre sur  le questionnaire  le cahier  les deux

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 la parallelisme avec S5,

la perpendiculalité avec S2 et les cotés ✓

S3 : pour la hauteur de 20 mm de S2 et S4 entre

S7 : pour le parallelisme de  $\phi_1$  avec S7 ✓

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

S7 : liaison linéaire rectiligne pour assurer  
le parallelisme entre S5 et S4 ✓

S3 : cote de position du trou  $\phi_1$   
(liaison ponctuelle)

1.1.3 : à l'aide d'un tiel, il est possible de bloquer  
en serrant le trou  $\phi_2$  et ainsi résister au  
couple engendré par le poids du  $\phi_1$  et aux forces ✓  
engendrée par le surfaccage et usinage des autres trous. ✓

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

Pour réaliser cette opération de finition, vous utilisez une fraise à surfacer 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.

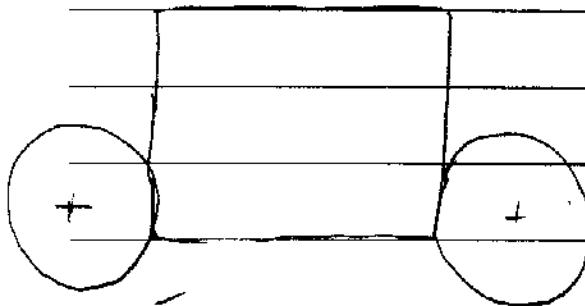
1.2.1: finition:  $\frac{100}{125} = 0,8 > \frac{2}{3} \Rightarrow 2 \text{ passes } \checkmark$

$$Vc = 60 \text{ m/min. } \checkmark$$

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

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.

$$1.3.1: \frac{c}{d} = \frac{100}{50} = 2 \Rightarrow \text{coefficent } c = 0,5 \checkmark$$

$$V_c = 13 \cdot 0,5 = 6,5 \text{ m/min.} \checkmark$$

$$1.3.2: S = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 6,5}{\pi \cdot 50} = 41 \text{ tr/min.} \checkmark$$

$$1.3.3: f = f_z \cdot z \cdot S = 0,10 \cdot 16 \cdot 41 = 65,6 \text{ mm/min.} \checkmark$$

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

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

$\frac{1,5}{2}$

**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 surfacer 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 : \_\_\_\_\_

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

$$1.4.2: \quad S = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot e} = \frac{14 \cdot 1000}{\pi \cdot 100} = 44 \text{ tr/min.} \quad \checkmark$$

$$1.4.3: \quad f_z = h = 0,1 \text{ mm/dents}$$

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

1.4.4: comme il y a un état de surface à respecter, il faudrait réduire la vitesse d'avance, et utiliser le suivant.

$$R_t = \frac{f_z^2}{8 \left( \frac{D}{z} + \frac{f_z \cdot z}{\pi} \right)} = 0,0002535 \quad \not< 18 \mu\text{m}$$

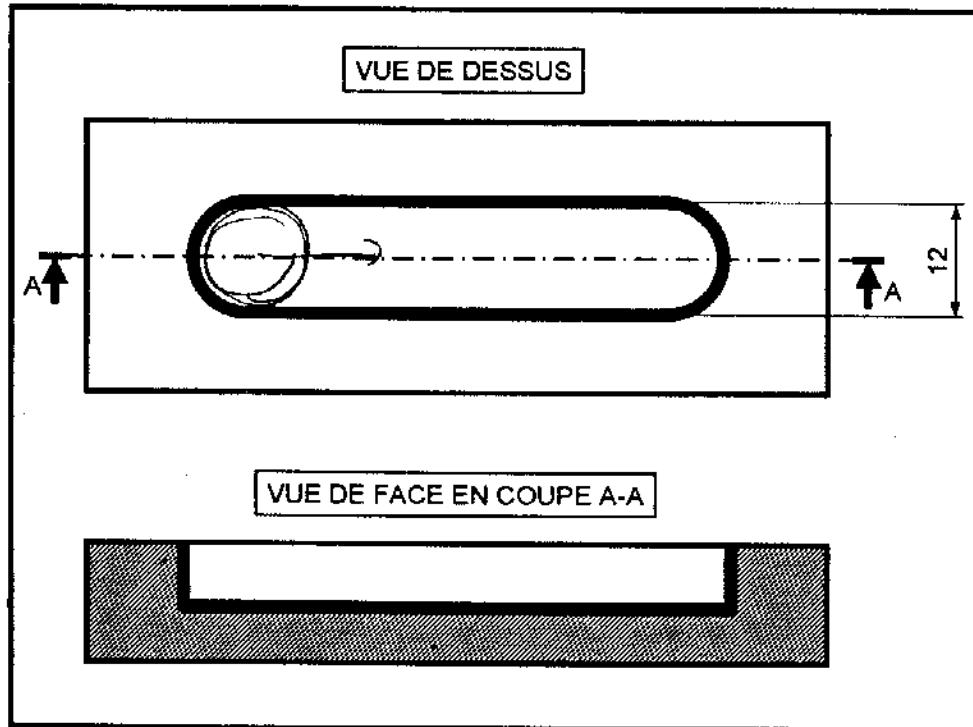
il faut réduire  $f_z$  !

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 perceage avec un foret pour permettre l'insertion de 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 surfâçage 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  $f=0,05 \text{ mm}$ .

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

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

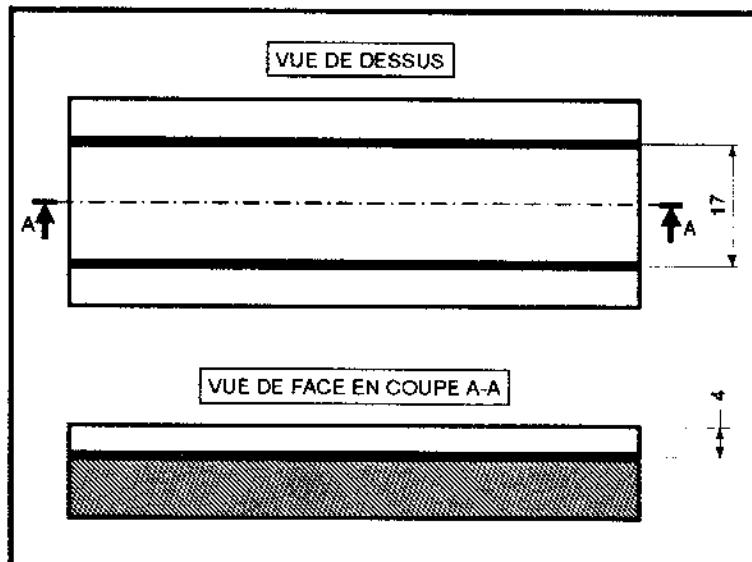
$$= 125 - \sqrt{125^2 - \frac{75^2}{4} \sin 0,333^\circ} = 0,03273 \text{ mm}$$

$\uparrow$  tolérance  $\checkmark$

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 rainure 3 tailles à denture alternée  
(largeur 17 mm)

1-3: fraise à rainure 3 tailles extensible réglé  
à 17 mm d'épaisseur (réaliser une rainure avant de  
16 mm avec une 3+4.1/8 alternée)

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 passes avec une fraise 2 tailles cylindrique  
diamètre supérieur à 9 mm et inférieur à 17 mm ✓

2:  $\underbrace{2-1-4}_{\text{ }} - \underbrace{5-1-6}_{\text{ }}$

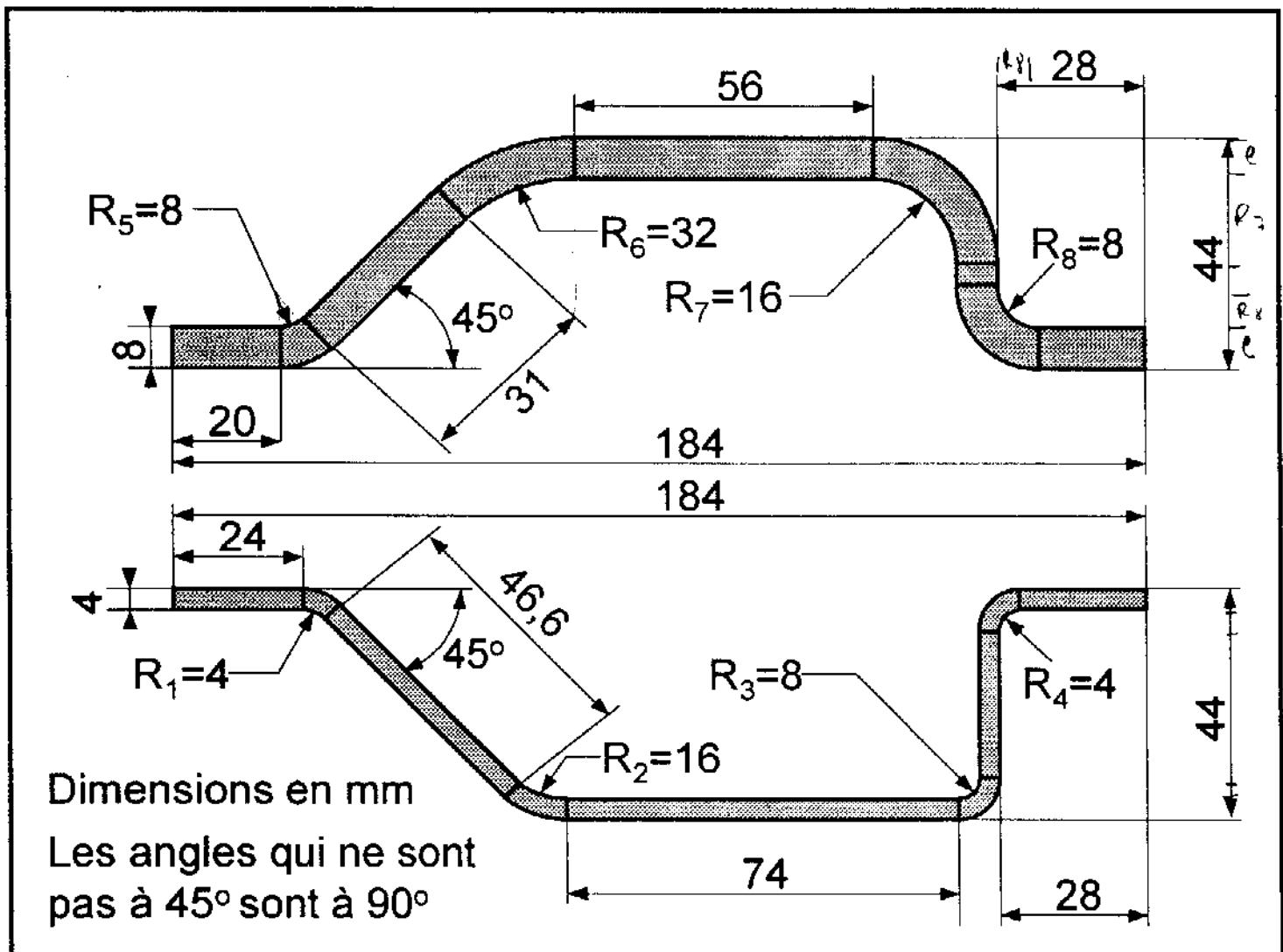
9/1

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 **couvercle** (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 ?

$$1: \quad (e = 8 \text{ mm}) \quad R_5' = 8 + 2,66 = 10,67 \quad \text{cm} \quad R/e = 1$$

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

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

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

$$L_T = 20 + 31 + 56 + \underbrace{(44 - 16 - 8)}_{4} + \frac{2\pi}{360} (10,67 \cdot 45 + 36 \cdot 45 + 19,2 \cdot 90 + 10,67 \cdot 90)$$

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

$$2: \quad (e = 4 \text{ mm}) \quad R_1' = 4 + 1,33 = 5,33 \quad \text{cm} \quad R/e = 1$$

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

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

$$R_4' = 51 + 1,33 = 5,33 \quad \text{cm} \quad R/e = 1$$

5/5

$$L_T = 24 + 46,6 + 74 + (44 - 8 - 8 - 4) + (18 - 4)$$

$$+ \frac{2\pi}{360} (5,33 \cdot 45 + 18 \cdot 45 + 9,6 \cdot 90 + 5,33 \cdot 51)$$

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

3: Non, ils ne sont pas de la même longueur. La raison

est que l'épaisseur entre dans l'équation de la longueur

et  $\frac{2\pi}{360} = 1,047 \text{ cm}$  ajoute à la longueur mais plus

**QUESTION 6** ( 2 points )

Vous travaillez dans une entreprise de fabrication aéronautique militaire, et vous désirez cisailler 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 cisaillage ?
- 3 : Quelle serait l'épaisseur maximale de la tôle que vous pourriez cisailler, 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 cisaillage à lames obliques courtes (**longueur des lames = 50 mm**), quelle est la force minimale de cisaillage nécessaire ?
- 5 : Quels sont les avantages et les inconvénients des trois (3) techniques de cisaillage 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:  $\alpha = 6^\circ \quad 36,8 = (e^2 \times 46) / 2 + \tan(6^\circ)$

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

4:  $\alpha \approx 5^\circ \quad F = 1C^2 \cdot R_0 / (2 \cdot \tan(\alpha)) = 0,343 \text{ tonnes} \checkmark$

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

2. obliques longues: avantage  $\Rightarrow$  effort minime  
désavantage  $\Rightarrow$  risque de décrobage  
et de déformation

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

désavantage  $\Rightarrow$  coupe sinueuse  $\frac{1,6}{2}$

**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 cylindriques se prêtent bien à ce type de procédé. Il est possible d'obtenir de grandes surfaces minces et courbes par cintrage. Il y a une faible perte de matière comparé à l'usinage. (faible coût)  $\frac{0,2}{0,5}$   
Poids / Gélli et capacité

**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 maximal d'une pliuse 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  $R/e = 80/2 = 40$   $k = 0,85$~~

$$\alpha_1 = 0,85 \cdot 125 = 106,25^\circ$$

**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**