

Matricule

1017753

Nom \_\_\_\_\_  
(lettres mouées)

Prénom \_\_\_\_\_  
(lettres mouées)

No du cours: MEC 3500 Section: 02

Titre du cours: FABRICATION ET MÉTAUX  
(MÉTAUX)

Réservé	
1	25.
2	25.
3	3
4	8
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

**Directives**

1. Remplissez la partie plus haut et signez immédiatement le cahier.
2. Sauf indication contraire, donnez une réponse complète à chaque question.
3. N'utilisez que le recto pour rédiger vos réponses; servez-vous du verso comme brouillon.
4. Écrivez aussi lisiblement que possible, de manière à ce que le correcteur comprenne vos réponses.
5. Si nécessaire, demandez un cahier supplémentaire, que vous insérerez dans le cahier principal.
6. Remettez tous les cahiers d'examen que vous avez reçus, utilisés ou pas.
7. Ne détachez aucune feuille d'un cahier d'examen.
8. N'écrivez que le numéro de la question dans la marge de gauche réservée à la correction.

Le plagiat, la participation au plagiat, la tentative de plagiat entraînent automatiquement l'attribution de la note F dans tous les cours suivis par l'étudiant durant le trimestre. L'École est libre d'imposer toute autre sanction jugée opportune, y compris l'exclusion.

Signature de l'étudiant(e) \_\_\_\_\_  
17 déc 99

Date

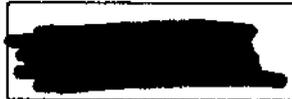
Total:
sur:
Initiales du correcteur

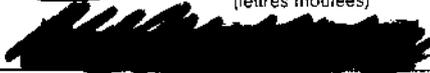
Inscrire le numéro de chaque cahier supplémentaire utilisé:

--	--	--	--	--

Matricule

Nom  (lettres mouées)



Prénom  (lettres mouées)

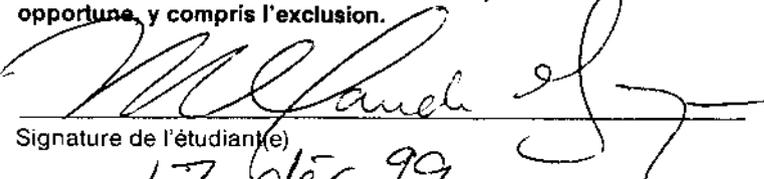
No du cours: MEC 3500 Section: 02

Titre du cours: FABRICATION ET MÉTAUX  
(FAB)

**Directives**

1. Remplissez la partie plus haut et signez immédiatement le cahier.
2. Sauf indication contraire, donnez une réponse complète à chaque question.
3. N'utilisez que le recto pour rédiger vos réponses; servez-vous du verso comme brouillon.
4. Écrivez aussi lisiblement que possible, de manière à ce que le correcteur comprenne vos réponses.
5. Si nécessaire, demandez un cahier supplémentaire, que vous insérerez dans le cahier principal.
6. Remettez tous les cahiers d'examen que vous avez reçus, utilisés ou pas.
7. Ne détachez aucune feuille d'un cahier d'examen.
8. N'écrivez que le numéro de la question dans la marge de gauche réservée à la correction.

Le plagiat, la participation au plagiat, la tentative de plagiat entraînent automatiquement l'attribution de la note F dans tous les cours suivis par l'étudiant durant le trimestre. L'École est libre d'imposer toute autre sanction jugée opportune, y compris l'exclusion.

  
Signature de l'étudiant(e)  
17 déc 99  
Date

Inscrire le numéro de chaque cahier supplémentaire utilisé:

--	--	--	--	--	--

11	
Réserve	
1	0.96
2	3.00
3	5.75
4	49.71
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Total:
sur:
Initiales du correcteur





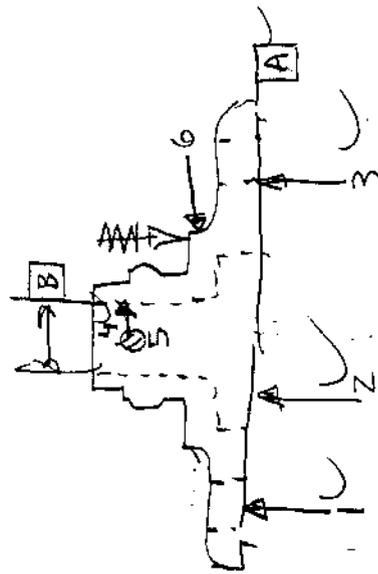
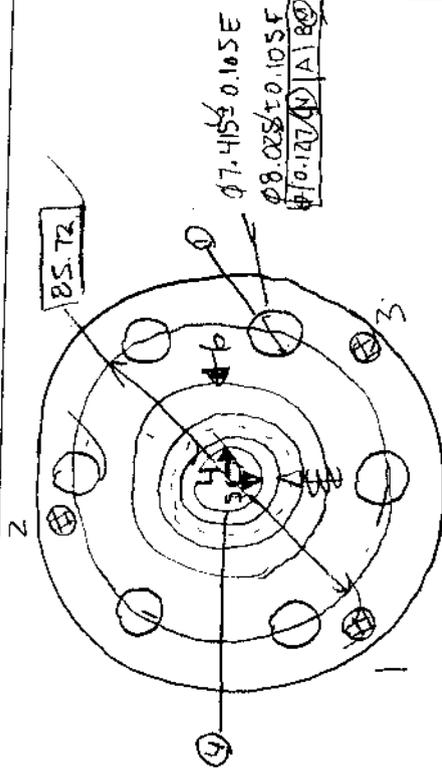
# GAMME DE FABRICATION

ECOLE  
POLYTECHNIQUE  
DE MONTREAL

NOM DE LA PIÈCE :

NOM DE L'AUTEUR :

CROQUIS DE LA PIÈCE A SES DIVERS STADES DE FABRICATION



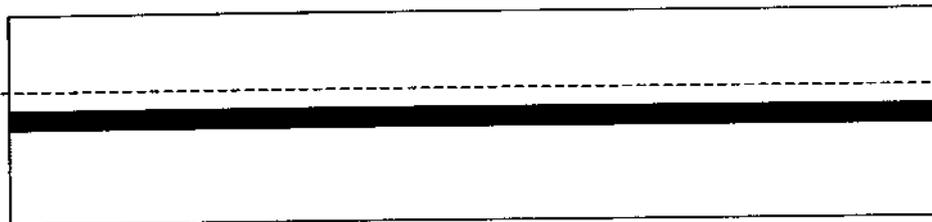
No. Pk	DESIGNATION DES PHASES, SOUS-PHASES ET OPERATIONS	MA ET OUI
40	Ebaouche de 1E	FRAISE, AL
	Percage à $\phi 7.415 \pm 0.105$	montage UZS
	Finition de 1F	
	Alésage à $\phi 8.025 \pm 0.105$ (tolérance de $\phi 0.127$ en positionnement)	
		gabarit $\phi 7.92$
		gabarit usagé $\phi 8.13$
		gabarit de positionnement

**PARTIE MÉTALLURGIE**  
(cahier vert)

*\* M. Masche ne  
voulait pas  
fournir la partie  
fabrication*

**QUESTION N° 4 - Soudage**

- a) (1 pt) Certains types de défauts en soudage sont appelés « fissuration à froid » et d'autres « fissuration à chaud ». Expliquez quelles sont les différences entre ces deux types de défauts, en donnant pour chacun la zone du joint soudé où la fissuration a lieu ainsi que la cause de la fissuration.
- b) (1 pt) De quelle façon la teneur en carbone influence-t-elle la soudabilité des aciers (aciers faiblement alliés)? Expliquez pourquoi.
- c) (1 pt) Deux plaques d'acier sont unies par un cordon de soudure. Si après le soudage on coupe la plaque le long de la ligne indiquée en pointillés, quelle sera la distorsion de l'assemblage? Expliquez pourquoi.

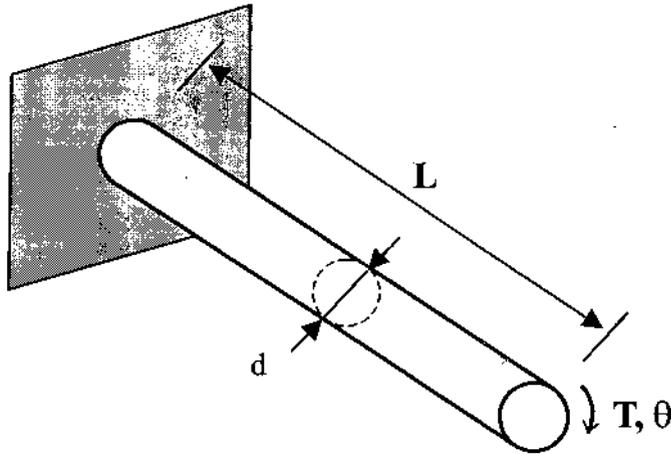


**QUESTION N° 5 - Traitements thermiques**

- a) (1 pt) Dans la chaîne de fabrication industrielle suivante, montrez deux endroits où un recuit pourrait être pratiqué. Précisez le type de recuit dans chacun des cas et s'il faut le faire avant, pendant ou après le procédé.
- Billette d'acier → laminage à chaud → laminage à froid → emboutissage → assemblage soudé
- b) (2 pts) Dessinez schématiquement les courbes Jominy d'un acier 1050 et 4150 ( $41 = 0.95\%Cr + 0.20\%Mo$ ) en précisant les grandeurs en abscisse et en ordonnée. Pourquoi la dureté maximum des 2 aciers est-elle normalement la même? Pourquoi la dureté maximum d'un 4150 pourrait-elle être parfois inférieure à celle d'un 1050?
- c) (1 pt) Vers quel état microstructural la martensite évolue-t-elle lors d'un revenu? Pourquoi le revenu de la martensite est-il effectué en pratique au delà de  $500^{\circ}C$ ?

**QUESTION N° 6 - Choix de matériaux : barre cylindrique pleine sollicitée en torsion**

(3 pts) Quel serait l'indice de performance pour le choix d'un matériau si l'objectif est de minimiser la masse de la barre, avec la contrainte que la rotation maximale à l'extrémité ne dépasse pas un certain angle  $\theta_0$ ? La longueur  $L$  de la barre est fixe tandis que son diamètre  $d$  est libre.



$$\theta = \frac{LT}{JG}$$
$$J = \frac{\pi}{32} d^4$$

Bon travail à tous!

Total : 20 points

Les professeurs : Luc Baron, Christian Mascle et Yves Verreman

QUESTION NO 1

0.1 a) par ultrason ✓

b) - sous vide : aucun ✓

- gaz actif : MAG ✓

• oxyacétylénique

0.35

- flux solide : • à l'arc avec électrodes enrobées ✓  
• à l'arc sous flux solide ✓

- sans protection : • par point ✓

• laser ✓

• par ultrason ✓

- gaz inerte : • TIG ✓

• MIG ✓

0.2 c) • à l'arc avec électrodes enrobées ✓  
• MIG ✓

- oxyacétylénique ✓

0.1 d) par point ✓

0.2 e) TIG ✓

0.96  
1.0

QUESTION NO 2

on veut  $18,365 \pm 0,075$  avec fini de l.t.

$IT = 0,15$ , tolérance de  $0,04$ .

l'étape de finition est une finition en alésage

On veut donc un aspect minimum de  $0,1$

$$\phi_{\min} \text{ fini} - 2 \times 0,1 = \phi_{\max} \text{ ébauche}$$

$$\phi_{\max} \text{ ébauche} = 18,29 - 0,2 = 18,09$$

l'ébauche se fait en alésage car le trou est déjà présent et centré.  $IT = 0,4$ .

$$\begin{aligned} \phi_{\min} \text{ ébauche} &= \phi_{\max} - IT \\ &= 18,09 - 0,4 \\ &= 17,69 \end{aligned}$$

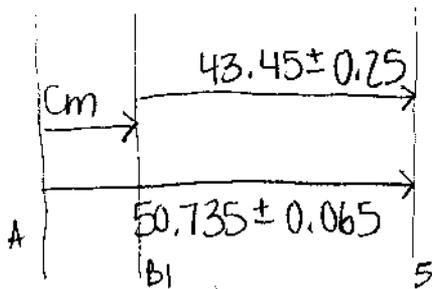
la cote du trou après ébauche sera donc  $17,89 \pm 0,2$  ✓

no 3 page suivante.

QUESTION NO 3 → voir aussi page suivante.

Calculs et transferts de cote.

A<sub>1</sub> par rapport à B<sub>1</sub>



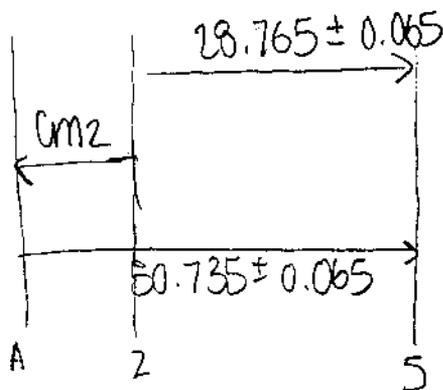
$$50.735 = C_m + 43.45$$

$$C_m = 7.285$$

$$0.5 = IT_{C_m} + 0.13$$

$$IT_{C_m} = 0.37$$

Position de Z par rapport à A (6)



$$28.765 = 50.735 - C_{m2}$$

$$C_{m2} = 21.97 \quad \checkmark$$

$$0.13 = 0.13 + IT_{C_{m2}}$$

NON on redistribue //

$$0.13 = IT + IT_{C_{m2}}$$

en les mettant à égalité

$$IT_{C_{m2}} = 0.065 \quad \checkmark$$

Calculs pour gamme de surface 1.

on veut  $\phi 8.025$  avec  $IT = 0.21$  (tolérance 0.127)

on fait l'ébauche en perçage

puis une semi-finition en alésage : copeau

minimum = 0.2

il faut donc  $\phi_{\max} \text{ ébauche} = \phi_{\min} \text{ fini} - 2 \times \text{copeau}$

$$= 7.92 - 0.4$$

le IT est celui visé (0.21) car il est plus grand que celui possible (0.2).

Surface	isostatisme	machine	niveau
6E	B1, B2, B3	Fraiseuse	1
6F	B1, B2, B3	Fraiseuse	1
4E	6, B3, B1	Fraiseuse*	2
4F	6, B3, B1	Fraiseuse*	2
1E	6, 4, B3	Fraiseuse*	3
1F	6, 4, B3	Fraiseuse*	3
2E	6, 4, B3	Fraiseuse	3
2F	6, 4, B3	Fraiseuse	3

0.5/0.5

Gamme

- 10 Inspection du brut
- 20 Fraisage de 6E, 6F
- 30 Alésage de 4E, 4F
- 40 Percage et alésage de 1E, 1F
- 50 Fraisage de 2E, 2F
- 50 Inspection et protection.

0.5/0.5

\* Le percage est effectué sur une fraiseuse pour minimiser les temps de déplacement.

1/1  
 0.5/0.5  
 0.5/0.5  
 1/1  
 0.8/1  
 1/1  
 0.95/1

5.75

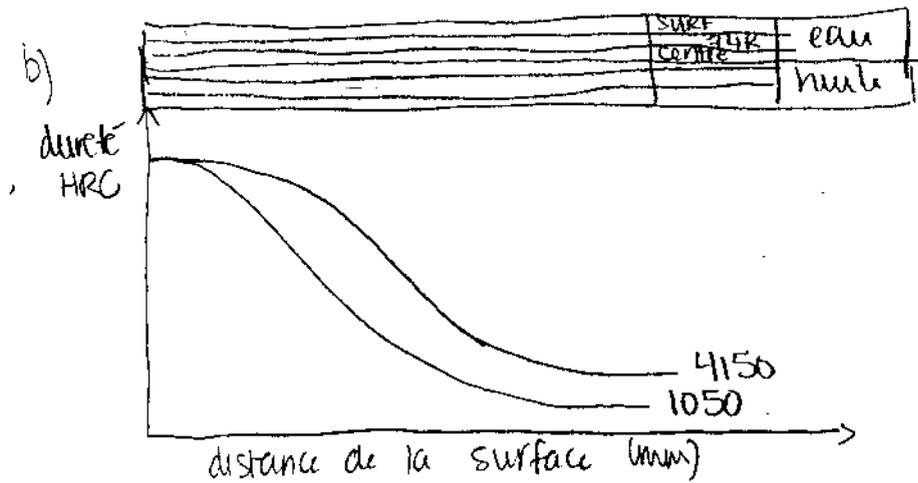
QUESTION NO 4

- a) Fissuration à chaud : Film de métal liquide pris ds le métal solide ds la zone de fusion, ce qui cause des fissures à cet endroit.
- fissuration à froid : dans la ZAT, si l'acier est trempable et qu'il y a des souffures à cause de la différence de solubilité du  $H_2$  dans le métal liquide et solide, les contraintes résiduelles qui se créent en refroidissant provoquent des fissures à cet endroit.
- b) Plus il y a de carbone dans l'acier, plus l'acier est trempable puisque la formation de perlite et des bainite est ralentie par les précipités de carbures. L'acier est donc moins soudable lorsqu'il a une haute teneur en carbone.
- c)  La plaque aura cette forme parce que le cordon de soudure se contracte en refroidissant et provoque aussi des déformations et/ou contraintes résiduelles.

QUESTION NO 5

- a) Après le laminage à froid  
 - recuit de recristallisation pour retrouver la ductilité  
 (sinon on risque une rupture lors de l'embarquage)

Après l'assemblage soudé  
 - recuit de détente pour éliminer (réduire) les contraintes résiduelles.



la trempabilité est une mesure de la profondeur de trempage et non pas de la dureté maximum. Les 2 aciers sont composés de 0,5% C, ils ont donc le même potentiel de dureté.

La dureté max d'un 4150 peut toutefois être inférieure car le chrome forme des carbures qui, contrairement aux autres carbures, précipitent et coalescent très rapidement, ce qui empêche le durcissement secondaire.

- c) lors d'un revenu la martensite évolue progressivement vers la cémentite, mais celle-ci n'apparaît qu'à des températures supérieures à 500°C, c'est pourquoi on doit utiliser de telles températures.

QUESTION NO 6

minimiser  $m$   
avec  $\theta < \theta_0$ .

$$m = \frac{\rho \pi d^2}{4}$$

variables communes :  $L, T, \theta_0$

$$\theta = \frac{LT \cdot 32}{G \pi d^4} \rightarrow \theta_0 = \frac{A}{G d^4} \rightarrow d = \left( \frac{A}{G \theta_0} \right)^{1/4} = \left( \frac{B}{G} \right)^{1/4}$$

$$m = \frac{\rho \pi d^2}{4} = \frac{\rho \pi}{4} \left( \frac{B}{G} \right)^{1/2} = C \cdot \frac{\rho}{G^{1/2}}$$

pour minimiser  $m$  il faut maximiser  $\frac{G^{1/2}}{\rho}$

L'indice de performance est donc

$$\boxed{\frac{G^{1/2}}{\rho}}$$