



ÉCOLE
POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

Questionnaire
Examen Final

MTR2000

Sigle du cours

CORRIGÉ

Le génie
sans frontières

Identification de l'étudiant(e)				Réservé
Nom :		Prénom :		Q1
Signature :		Matricule :	Groupe :	/4
Sigle et titre du cours		Groupe		Q2
MTR2000 Matériaux métalliques		Tous		/4
Professeurs		Local		Q3
Frédéric Gemme, Richard Lacroix				/8
Jour		Date	Durée	Q4
Lundi		7 décembre 2009	2 h 30	/8
Heures		13 h 30 - 16 h		Q5
Documentation		Calculatrice		/5
<input checked="" type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Toute <input type="checkbox"/> Voir directives particulières		<input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Toutes <input checked="" type="checkbox"/> Non programmable		Q6
		Les cellulaires, agendas électroniques ou téléavertisseurs sont interdits.		/6
Directives particulières				
1. Les nombres entre parenthèses indiquent le nombre de points accordés à la question, le total est de 35 points. 2. Pour les questions nécessitant des calculs ou une justification, aucun point ne sera accordé à la bonne réponse si le développement n'est pas écrit. 3. Utilisez les espaces prévus ou la page opposée pour vos calculs.				
Important	Cet examen contient <input type="text" value="6"/> questions sur un total de <input type="text" value="10"/> pages. (incluant cette page)			
	La pondération de cet examen est de <input type="text" value="35"/> %			
	Vous devez répondre sur : <input checked="" type="checkbox"/> le questionnaire <input type="checkbox"/> le cahier <input type="checkbox"/> les deux			
	Vous devez remettre le questionnaire : <input checked="" type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non			

/35

L'étudiant doit honorer l'engagement pris lors de la signature du code de conduite.

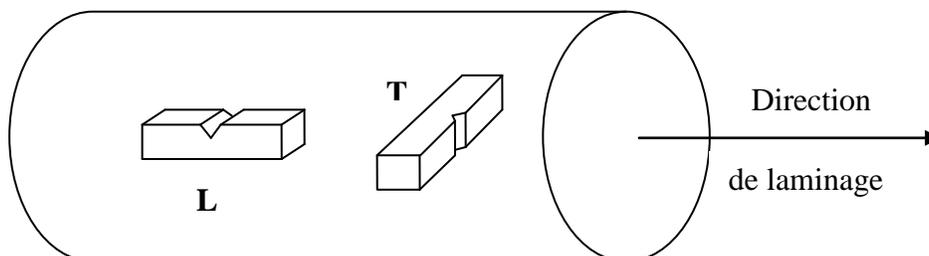
QUESTION N°1**Coulée continue****(4 points)**

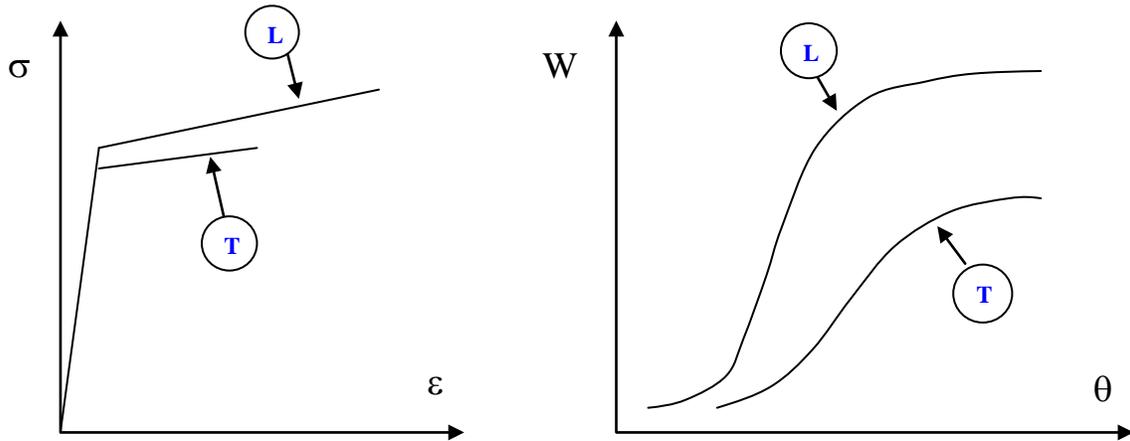
Des lingots ou des billettes obtenues par coulée continue sont utilisées pour fabriquer des profilés par extrusion à chaud. Quatre types de défaut peuvent apparaître dans un lingot ou une billette de coulée continue. Pour chacun des défauts, déterminez la cause et si un tel défaut peut être éliminé par l'extrusion à chaud. Si votre réponse est non, quelles conséquences peuvent-ils encore avoir sur les propriétés du matériau corroyé ?

Défaut	Cause	Disparu ? (oui ou non) Si non, conséquence
Soufflures	Dégagement de gaz (perte de solubilité)	oui
Porosités (micro- retassures)	Retrait à la solidification	oui
Ségrégation majeure	Intervalle de solidification	Propriétés hétérogènes
Inclusions	Ajout d'éléments désoxydants ou désulfurants	anisotropie de la ductilité (fibrage inclusionnaire)

QUESTION N°2 Propriétés d'un acier laminé à chaud**(4 points)**

Des éprouvettes de traction sont prélevées dans une barre d'acier laminée à chaud de 120 mm de diamètre, l'une dans le sens de laminage (L), l'autre dans le sens transversal (T). Des éprouvettes de ténacité Charpy sont aussi prélevées dans les deux sens (L ou T) tel qu'indiqué ci-dessous.





a) Indiquez dans chacun des cercles le sens de prélèvement des éprouvettes (L ou T). (2 points)

Justifiez votre réponse pour les courbes de traction :

Parce que la ductilité diminue dans le sens perpendiculaire au fibrage.

Justifiez votre réponse pour les courbes Charpy :

La ténacité est supérieure quand la fissure se propage perpendiculairement au fibrage.

b) Quelle peut-être la cause du grossissement des grains lors du laminage ? (1 point)

Une température de laminage trop élevée.

c) Quel traitement thermique peut être appliqué après le laminage pour régénérer une structure ferrito-perlitique uniforme et fine ? (1 point)

Un recuit de normalisation.

QUESTION N°3

Aciers de traitement thermique

(8 points)

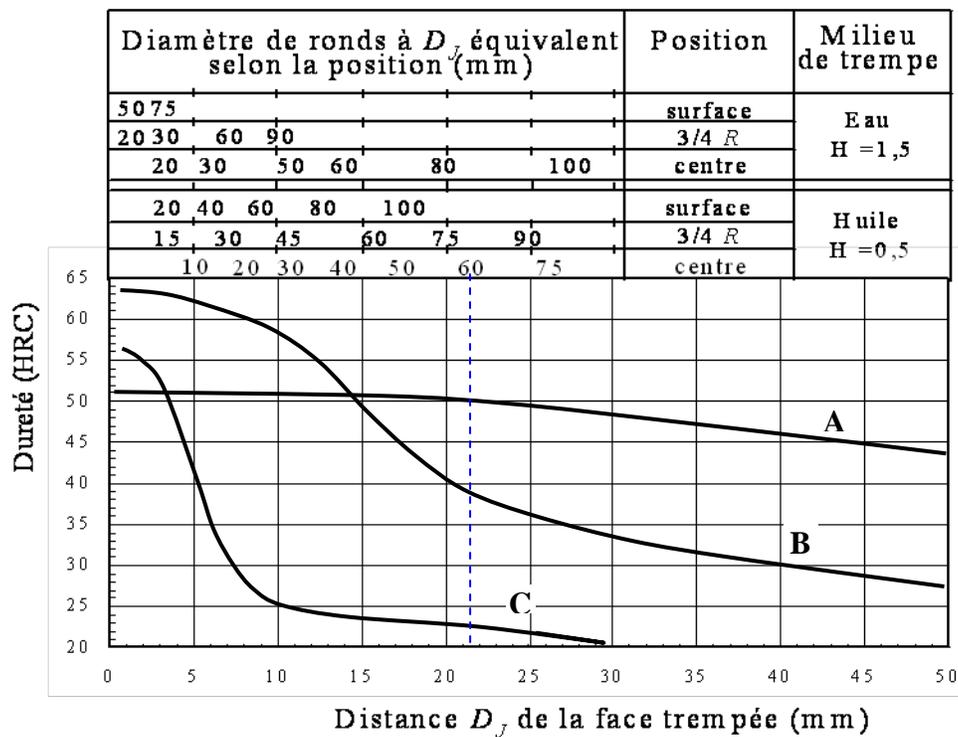
La figure à la page suivante montre les courbes de trempabilité Jominy de trois aciers de traitement thermique (1040, 4340 et 9260) ainsi qu'un abaque de correspondance pour les ronds de tremp.

- a) Indiquez à quel acier correspond chaque courbe. (1,5 point)

Courbe A	4340
Courbe B	9260
Courbe C	1040

- b) Pour quelle raison la courbe de l'acier C diminue plus rapidement que celles des deux autres ? (1 point)

L'acier 1040 est un acier au carbone qui a une faible trempabilité.



- c) Pour quelle raison l'acier B a-t-il une dureté plus élevée que celle de l'acier C à proximité de la face trempée ? (1 point)

Parce que la dureté de la martensite augmente avec la teneur en carbone.

- d) Pour quelle raison l'acier A a-t-il une dureté plus faible que celle de l'acier C à proximité de la face trempée ? (1,5 point)

Parce qu'il n'y a pas eu dissolution complète du carbone lors de l'austénitisation, c'est-à-dire qu'une partie du carbone de cet acier allié est encore sous forme de carbures.

- e) Pour chacun des trois aciers, indiquez dans le tableau ci-dessous la microstructure et la dureté au cœur de pièces cylindriques de 60 mm de diamètre et trempées à l'huile dans des conditions où l'extraction de chaleur est essentiellement radiale. (3 points)

	Microstructure	Dureté HRC
Acier A	martensite	50
Acier B	bainite	38
Acier C	ferrite + perlite	22

QUESTION N°4 **Microstructures** (8 points)

Pour les deux questions suivantes, le terme microstructure englobe des paramètres tels que la taille et la forme des grains, la présence de texture(s), la densité et la distribution des dislocations, etc.

- a) Décrivez la microstructure d'une tôle d'aluminium laminée à chaud. (2 points)

L'aluminium, lors d'une déformation à chaud, est soumis à la restauration dynamique. Dans un tel cas, les grains initiaux sont conservés mais ils sont aplatis. Il y a donc une texture morphologique associée à l'allongement des grains dans le sens du laminage. Par ailleurs, les dislocations sont regroupées en sous-joints de grains. La présence inévitable d'inclusions fait apparaître un fibrage inclusionnaire.

b) Décrivez la microstructure d'une tôle d'acier inoxydable austénitique laminée à chaud.

(2 points)

L'acier inoxydable austénitique a une structure cubique à face centrée et est donc soumis à une recristallisation dynamique lors du laminage à chaud. La microstructure résultante est composée de grains recristallisés et équiaxes. La densité de dislocations est assez faible. Une texture morphologique est toutefois présente. Il s'agit du fibrage inclusionnaire.

c) Pourquoi soumet-on les pièces déformées à froid à un recuit de recristallisation ? (2 points)

La déformation à froid fait augmenter la densité de dislocations (écrouissage). Si la densité de dislocations atteint une valeur trop élevée, il y a un risque de rupture ductile. Le recuit de recristallisation permet d'abaisser la densité de dislocations à un niveau plus faible de manière à poursuivre la déformation.

d) D'une manière générale, quel est le but d'une trempe ? (1 point)

Le but d'une trempe est de placer le matériau dans un état hors-équilibre.

e) À quoi sert un traitement thermique de revenu ? (1 point)

Le but d'un revenu est un retour partiel vers l'équilibre. Dans le cas des aciers, le revenu a pour but d'adoucir la martensite par la décomposition partielle de celle-ci en ferrite et cémentite.

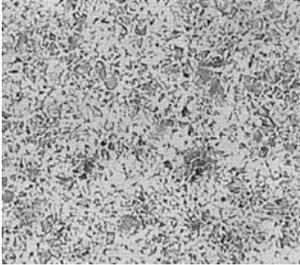
QUESTION N°5

Microstructures de soudage

(5 points)

Indiquez avec un point identifié (A, B, C, D ou E) sur le diagramme Fe-C, la température maximale atteinte par un acier au carbone de composition C_0 pour obtenir les microstructures suivantes dans un joint soudé : (2,5 points)

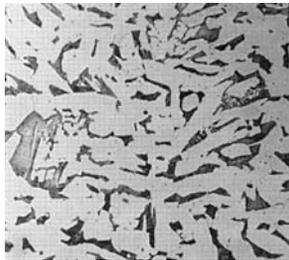
A. Une microstructure montrant un affinement de la taille de grains



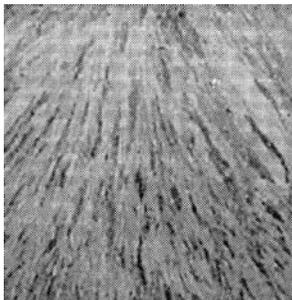
B. Une microstructure montrant une austénitisation partielle



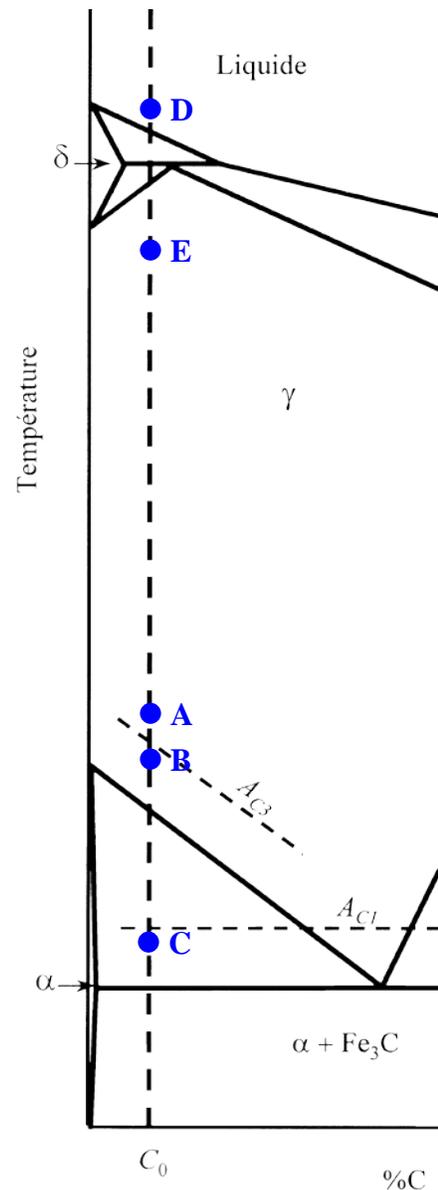
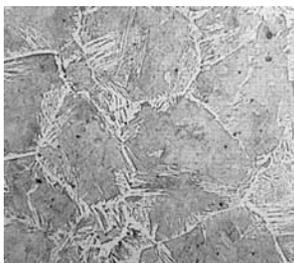
C. Une microstructure montrant de la perlite et de la ferrite



D. Une microstructure à grains colonnaires



E. Une microstructure à gros grains



Dans un joint soudé, dites à quelle zone appartient chaque microstructure: de métal de base, affectée thermiquement ou de fusion. (2,5 points)

Microstructure	Zone
A	affectée thermiquement
B	affectée thermiquement
C	de base
D	de fusion
E	affectée thermiquement

QUESTION N°6 Soudage de 2 tôles d'acier (6 points)

Vous devez souder deux tôles d'acier 1526H de 15 mm d'épaisseur. Pour empêcher toute distorsion, l'assemblage est fermement bridé. Cet acier est composé, en plus du fer et du carbone, de 0,2 % de silicium et de 1,4 % de manganèse. En soudage à l'arc submergé, les soudures sont saines alors qu'en soudage manuel avec des électrodes enrobées, des fissures sous cordon apparaissent quelques heures après le travail de soudage. Les conditions de soudage, dans les deux cas, sont données au tableau suivant :

Méthode	Tension de soudage (V)	Courant d'arc (A)	Vitesse de déplacement (cm/min)	Efficacité du procédé (η)
Manuel	25	300	25	0,75
Arc submergé	30	500	25	0,8

a) Expliquez cette différence de comportement. (1 point)

L'énergie de soudage est un peu plus que deux fois plus élevée lors du soudage à arc submergé (28,8 kJ/cm) que lors du soudage manuel (13,5 kJ/cm). Par conséquent, les vitesses de refroidissement seront plus faibles lors du soudage à arc submergé ce qui empêche la fissuration sous le cordon de soudure due à la création de microstructures de trempe.

b) Proposez deux solutions permettant d'éviter la fissuration sous cordon en soudage manuel. (1 point)

1. Augmenter l'énergie de soudage (en diminuant la vitesse de déplacement)

2. Préchauffer les pièces.

3. Empêcher la dissolution de l'hydrogène dans le cordon de soudure.

- c) Si en soudage manuel la microstructure de la zone fondue est entièrement colonnaire, à quelle microstructure de la zone fondue pourrait-on s'attendre d'avoir lors du soudage à l'arc submergé ? Pourquoi ? (1 point)

Une microstructure colonnaire et puis équiaxe au centre de la zone fondue car plus l'énergie de soudage est élevée, plus grandes sont les possibilités d'avoir une surfusion solutale (Plus l'énergie de soudage est élevée, plus les vitesses de refroidissement sont faibles.)

Vous disposez des courbes de trempabilité des aciers 1526 et 3140 à la page suivante.

- d) On trouve des diagrammes de trempabilité comme celui de l'acier 1526 dans les manuels de la SAE (Society of Automotive Engineers). Ces diagrammes contiennent des bandes au lieu de courbes de trempabilité. Quelles en sont les raisons ? (1 point)

Les variations permises de la composition chimique ainsi que la taille des grains austénitiques ont une influence sur le début des transformations et, par conséquent, sur le profil des courbes Jominy.

- e) Lequel des aciers, 1526 ou 3140 est le plus soudable ? Pourquoi ? (1 point)

L'acier 1526. En comparant les courbes Jominy des aciers 1526 et 3140 (p.10), on remarque, qu'à la même distance Jominy, les duretés atteintes dans l'acier 1526 sont moins élevées que celles de l'acier 3140. L'acier 3140 est plus trempant que l'acier 1526 et, par le fait même, moins soudable.

- f) Si vous ne disposiez pas des courbes de trempabilité, comment évalueriez-vous la soudabilité des aciers 1526 et 3140 ? De quelle(s) information(s) supplémentaire(s) aurez-vous besoin ? (1 point)

On pourrait calculer le carbone équivalent de chaque acier. On aurait besoin de connaître de la composition chimique de l'acier 3140.

Autre réponse possible : avoir les courbes TTT des 2 aciers et comparer le temps minimal nécessaire pour avoir les phases d'équilibre : plus ce temps est grand, plus l'acier est trempant. Et plus un acier est trempant, moins il est soudable.

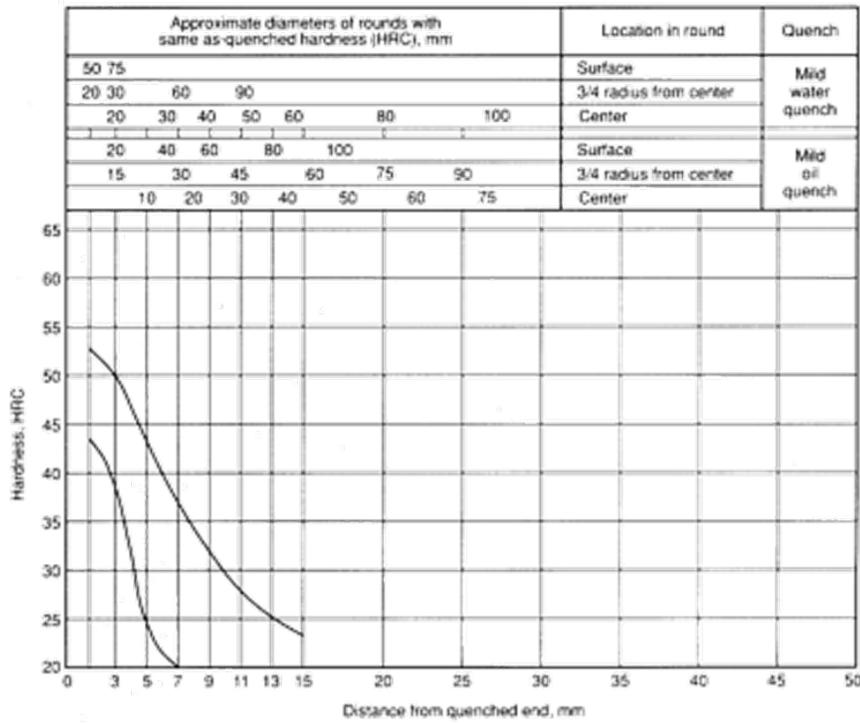
Bonne chance et joyeuses fêtes.

Frédéric Gemme et Richard Lacroix, chargés de cours.

SAE/AISI 1526H UNS H15260

Acier 1526

Heat-treating temperatures recommended by SAE
 Normalize (for forged or rolled specimens only): 900 °C (1650 °F)
 Austenitize: 870 °C (1600 °F)



Acier 3140

