

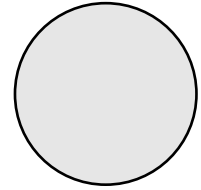
+0/1/60+

Table No.

**EPFL**

Ens. Eric Boillat - Procédés de production

Date 03.07.2021 - durée : 3h00



# Examen

Nom :

Attendez s'il vous plaît le début de l'examen avant de tourner cette page. Ce document est imprimé recto-verso, il contient 15 pages, les dernières pages sont peut-être vides. Vous êtes priés de n'enlever l'agrafe sous aucun prétexte.

- On vous demande de rédiger proprement vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

Dans le cas de questions nécessitant un développement, il est recommandé de ne pas vous servir des cases officielles comme brouillon. Ne les utilisez que pour y écrire la version définitive de votre solution.

- Après l'examen, l'enseignant se réserve le droit d'annuler toute question qu'il considérera finalement comme mal posée.

Question	Nombre de points
1)	
2)	
3)	
Total	

### Question 1 Procédé de fonderie: propriétés thermiques des matériaux

Vous aimeriez utiliser un nouvel alliage dans votre procédé de fonderie. Pour cela, vous avez besoin de renseignements sur ses propriétés thermiques. Vous placez une masse très faible de cet alliage en fusion dans un **calorimètre**. Cet appareil refroidit et fait se solidifier la matière qu'il contient en extrayant une puissance bien contrôlée. Tout en faisant cela, il mesure très précisément la température  $T$  qu'on suppose homogène<sup>1</sup> dans tout l'échantillon. En plus de cela, le calorimètre est équipé d'un dispositif permettant d'évaluer très exactement la fraction de liquide  $f_L$  à l'intérieur de l'alliage.

L'évolution de la température mesurée est représentée par la courbe hachurée sur la Fig. 1. L'évolution de la fraction de liquide est illustrée en trait plein sur la même Figure. Observez que l'échelle des températures est à la gauche du graphique et que l'échelle des fractions se trouve sur la droite.

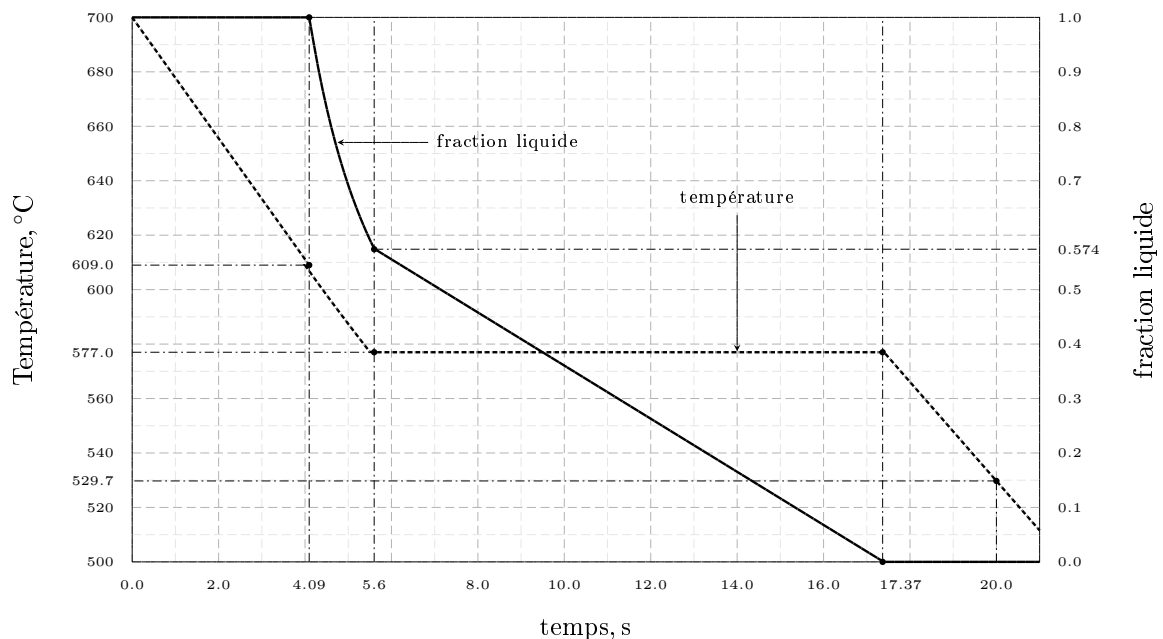


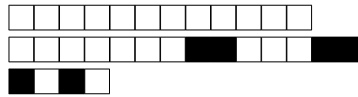
Figure 1: Résultat de l'expérience calorimétrique

Vous savez que le diagramme de phase de l'alliage est de type eutectique. Le premier élément (le solvant) est l'aluminium et l'autre élément (le soluté) est présent au titre de  $c^* = 7.5\%$ , mais n'est pas déterminé. Dans ces conditions et si cela est possible, on vous demande d'utiliser les informations de la Fig. 1 pour répondre aux questions suivantes:

- 1) Quel est le temps  $t_{\text{on}}$  en lequel le premier solide apparaît dans le calorimètre?

- 2) Quel est le temps  $t_{\text{off}}$  en lequel l'échantillon entre entièrement en phase solide?

<sup>1</sup>Cette hypothèse est justifiée car l'échantillon est à la fois **petit** et **bon conducteur** thermique.



3) Quelle est la température eutectique  $T_E$  de l'alliage?

4) Quelle est la température de liquidus  $T_L^*$  de l'alliage?

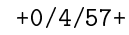
5) Quelle opération mathématique faut-il effectuer pour calculer la fraction solide  $f_S$  à partir des données  $T$  et  $f_L$  de la Fig. 1?

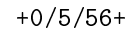
6) Quelle fraction  $f_L^E$  de liquide eutectique forme-t-on dans le calorimètre?

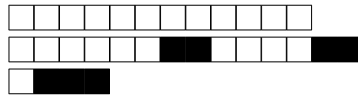
7) Sachant que la température de fusion de l'aluminium pur est d'environ  $T_f^{\text{Al}} = 660^\circ\text{C}$ , quelle est la pente de liquidus  $m$  et quelle est l'unité de cette pente?

8) Quelle est la concentration eutectique  $c_E$  de l'alliage?

9) Utilisez les informations obtenues jusqu'ici pour calculer le coefficient de ségrégation  $k$  de l'alliage. Pour cela vous ferez l'hypothèse que le processus de solidification est si rapide que la loi de Scheil s'applique pour lier la fraction liquide à la température.







- 14) Vous effectuez une nouvelle expérience calorimétrique en changeant la valeur du titre  $c^*$  de l'alliage. Vous modifiez aussi vers le bas la consigne de puissance  $P$  à extraire. Dans ces conditions vous obtenez les évolutions de température et de fraction liquide représentées à la Fig. 2. Sur la base de cette information,

- i) que pouvez vous dire de la position du titre  $c^*$  par rapport à la solubilité maximale  $c_{\max}$ ? Justifiez votre réponse.



- ii) que pouvez vous dire du temps caractéristique de diffusion du soluté dans l'échantillon si on le compare à l'échelle de temps de cette nouvelle expérience calorimétrique? Justifiez votre réponse.

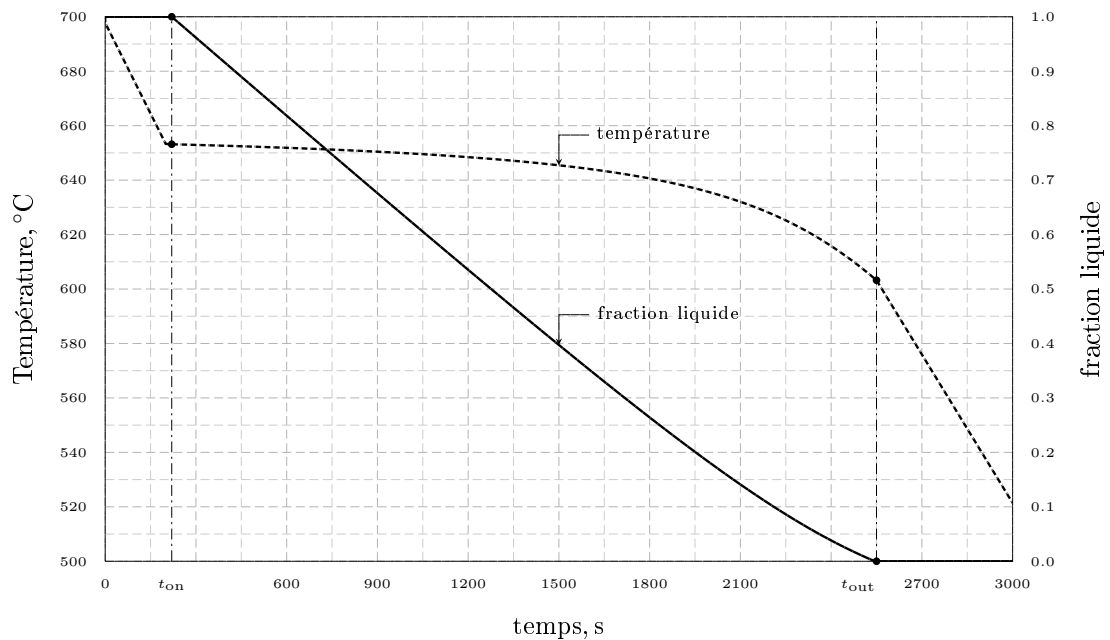
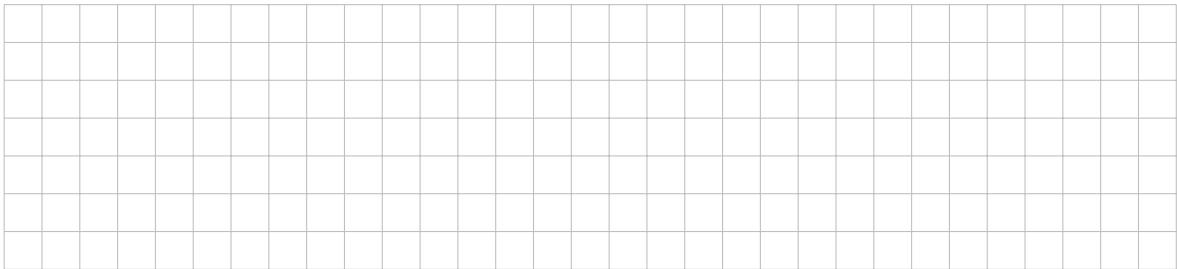
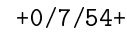
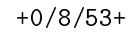
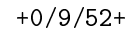
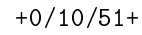


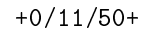
Figure 2: Résultat de l'expérience calorimétrique sur le nouvel alliage



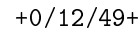


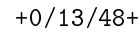




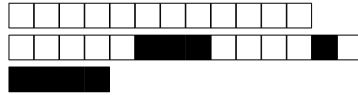


i) la force  $F_e$  que développe la machine de traction de votre fournisseur au moment où la barre passe en plasticité:

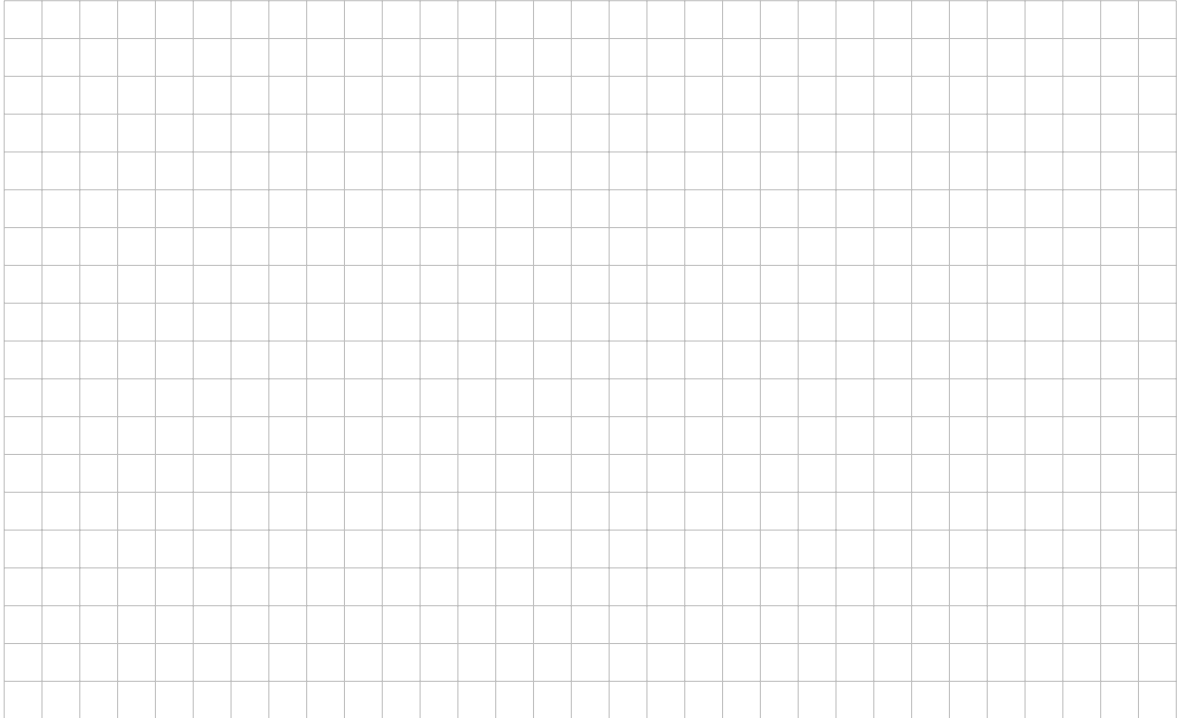




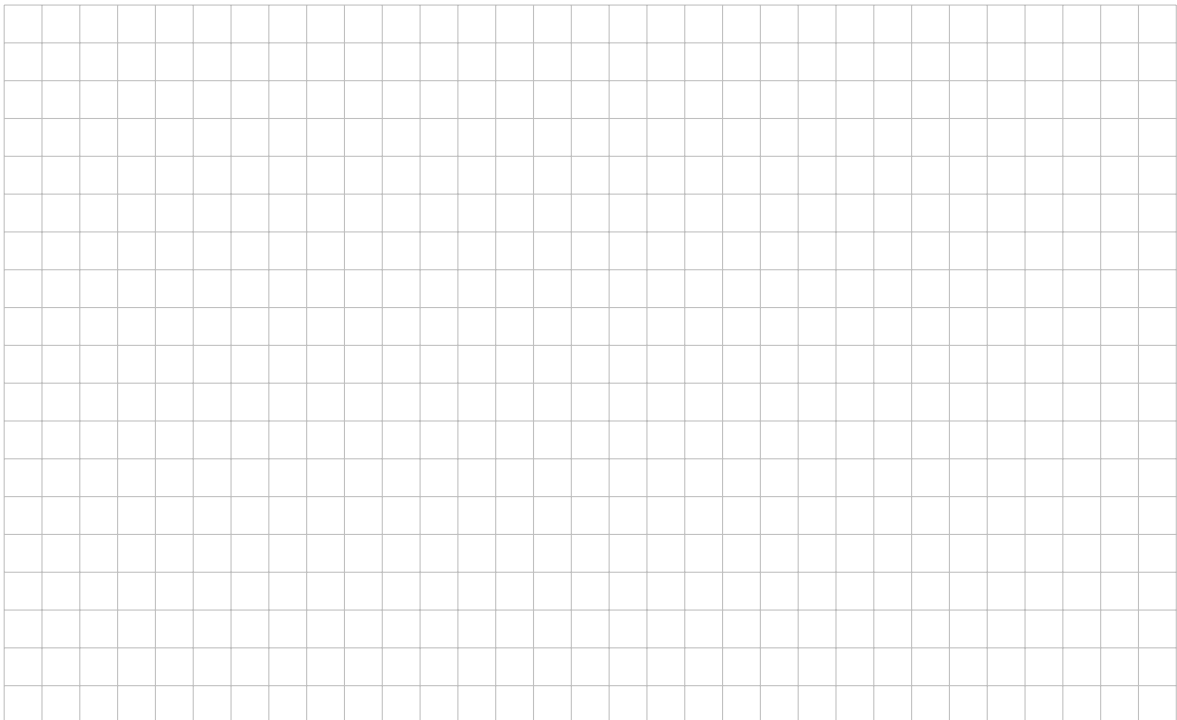
- a) *en vert*: l'angle de coupe  $\alpha$
- b) *en rouge*: l'angle de cisaillement  $\phi$
- c) *en vert*: l'avance au tour  $t_1$
- d) *en rouge*: la profondeur de coupe  $d$
- e) *en vert*: la surface de coupe
- f) *en rouge*: l'arête de coupe
- g) *en rouge et par la point L*: la force exercée par la lame sur le copeau (direction correcte, échelle arbitraire)



- vii) Vous utilisez une puissance moteur de  $P = 55 \text{ W}$  et l'avance au tour est réglée à la valeur déterminée au point 2iv). Déduisez de ces informations la vitesse de coupe en unité de  $\text{mm/s}$ , la vitesse de rotation du tour  $\Omega$  en unité de tour par minute ainsi que la vitesse d'avance  $v_{av}$  en  $\text{mm/min}$ .



- viii) Le réglage de la puissance moteur est fixée à la valeur donnée au point 2vii). Calculez le temps d'usinage nécessaire pour traiter une barre de  $L = 1 \text{ m}$  de long comme une fonction du réglage  $t_1$  de l'avance au tour. Qu'observez-vous?





+0/15/46+

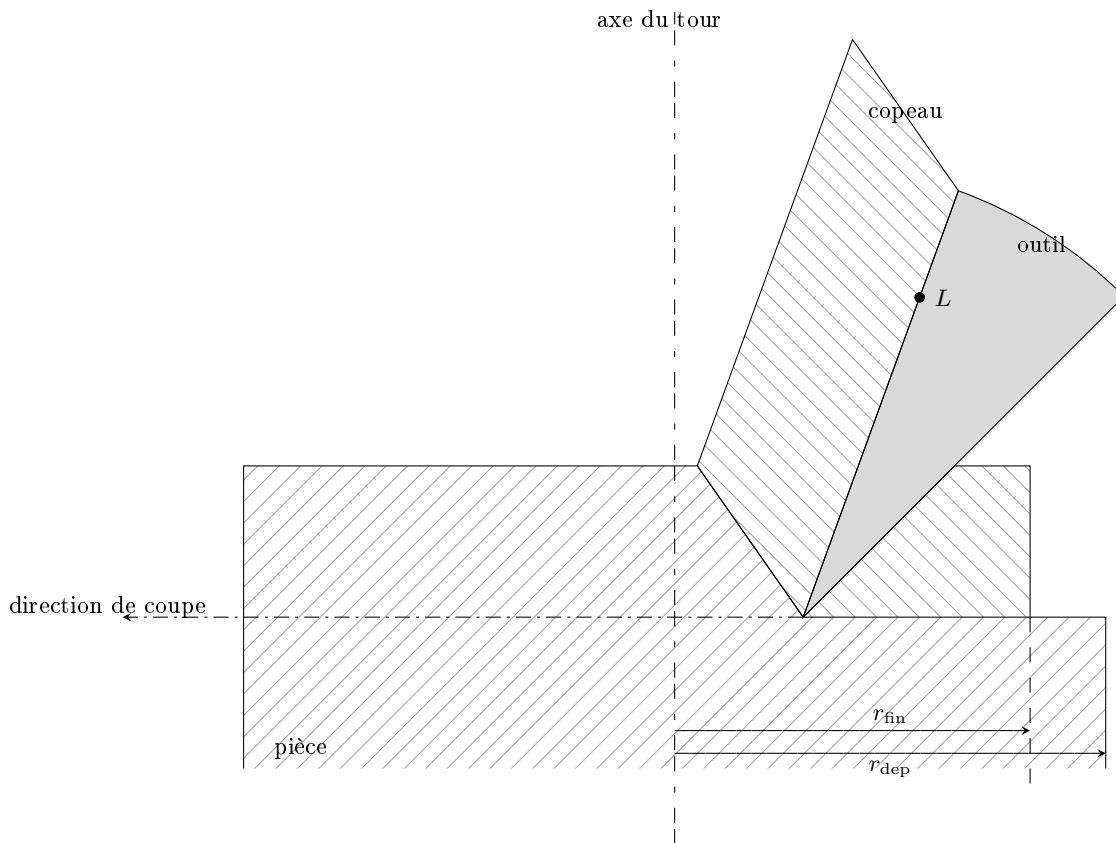


Figure 3: Modèle de coupe orthogonale