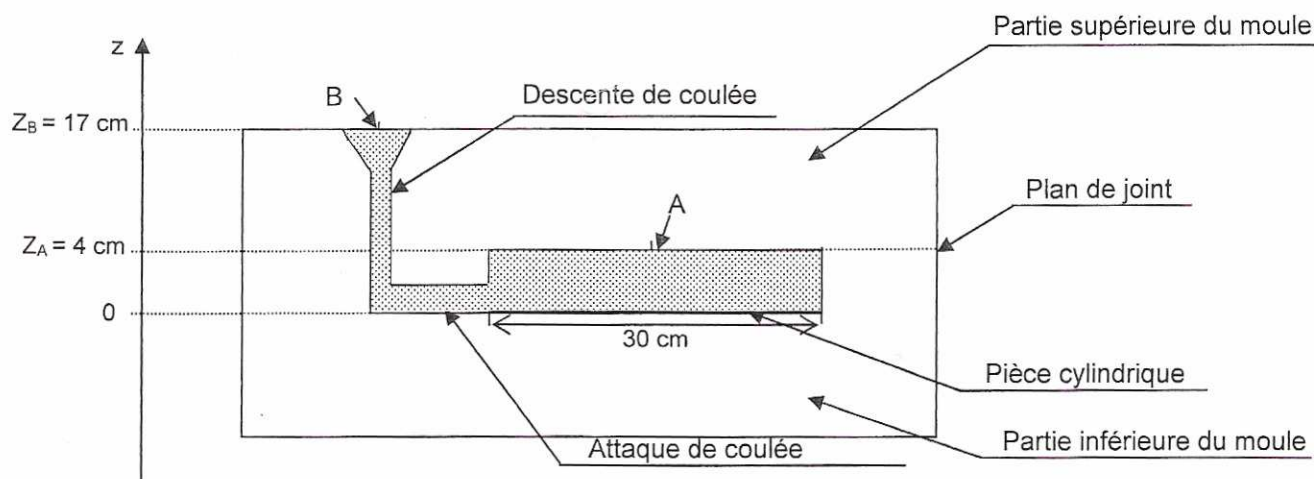


SCIENCES PHYSIQUES

- La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.
- Conformément aux dispositions de la circulaire n° 99-018 du 01/02/1999, l'usage de la calculatrice est autorisé.

PROBLÈME 1 : PHYSIQUE (6,5 points)

A - STATIQUE DES FLUIDES (3,5 points)



On souhaite couler une pièce cylindrique en fonte de diamètre 30 cm et d'épaisseur 4 cm.
On veut déterminer l'effort exercé par le métal en fusion sur la face supérieure du moule.
On négligera la poussée due aux attaques de coulée.
La pression atmosphérique est égale à $1,01 \cdot 10^5$ Pa.

Lors de la coulée, on remplit la descente de coulée jusqu'au niveau B.

- 1 - Quelle est la pression en B ?
- 2 - Calculer l'augmentation de pression $\Delta p = P_A - P_B$ exercée par le métal liquide en A.
- 3 - Calculer la surface horizontale de la pièce en contact avec la partie supérieure du moule.
- 4 - Calculer la résultante des forces pressantes exercée sur la partie supérieure du moule.
Quels sont la direction et le sens de cette force ?

B - DYNAMIQUE DES FLUIDES (3 points)

On négligera le volume occupé par la descente et les attaques de coulée.

On souhaite effectuer le remplissage du moule en 20 s.

- 1 - Calculer le débit volumique du métal liquide nécessaire pour satisfaire cette exigence. On calculera, pour cela, le volume de la pièce.
- 2 - Le diamètre de la descente de coulée est de 3 cm. Calculer la vitesse du métal dans celle-ci en m.s^{-1} .
- 3 - En prenant pour vitesse d'écoulement $v = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$, calculer le nombre de Reynolds et en déduire le type d'écoulement.

Données :

- masse volumique de la fonte : $\rho = 7150 \text{ kg.m}^{-3}$;
- intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$;
- viscosité du métal liquide : $\eta = 80.10^{-3} \text{ Pa.s}$;
- nombre de Reynolds : $Re = \frac{\rho.v.D}{\eta}$ avec : D diamètre de la canalisation (m), v vitesse du fluide (m.s^{-1}), ρ masse volumique du fluide kg.m^{-3} et η viscosité du fluide en Pa.s.

PROBLÈME 2 : CHIMIE (7 points)
ANODISATION D'UNE PIÈCE EN ALUMINIUM

Description du protocole :

Tremper la pièce pendant une minute dans une solution de soude ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) concentrée, puis rincer à l'eau courante.

Laver dans de l'acide nitrique ($\text{H}^+ + \text{NO}_3^-$) à 10 %, puis rincer à l'eau courante.

Placer la pièce à l'anode d'un électrolyseur dans une solution d'acide sulfurique ($2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$) à 15 % en masse, la cathode étant en plomb.

La densité de courant anodique est fixée à 60 mA.cm^{-2} et l'électrolyse doit être maintenue pendant 30 minutes.

Passer ensuite la pièce pendant 10 à 15 minutes dans l'eau bouillante ; cette phase permettra de compléter l'anodisation de la surface puisque les pores d'alumine formés précédemment vont se boucher par la formation d'alumine hydratée appelée boehmite et de formule AlOOH .

- 1 - Sur le schéma en annexe 1, à rendre avec la copie, indiquer le sens de déplacement des ions dans la solution, celui des électrons dans le circuit ainsi que l'emplacement de la pièce et de l'électrode en plomb.
- 2 - À l'anode se produit préférentiellement l'oxydation de l'aluminium, les ions SO_4^{2-} ne réagissant pas. Un dégagement gazeux de dihydrogène se produit à la cathode. Écrire les demi-équations électroniques correspondantes.
- 3 - En déduire l'équation-bilan.
- 4 - La surface de la pièce à anodiser est de 24 cm^2 . En vous aidant des données du texte, répondre aux questions suivantes :
 - 4.1 - Calculer le courant nécessaire à cette anodisation.
 - 4.2 - Calculer la quantité d'électricité, puis la quantité d'électrons, ayant circulé durant cette électrolyse.
 - 4.3 - En déduire la quantité d'ions Al^{3+} formée.
- 5 - Les ions Al^{3+} se transforment ensuite en alumine suivant la réaction :
$$2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+$$
On souhaite obtenir une couche d'une épaisseur minimale de $25 \mu\text{m}$ d'alumine sur toute la surface de la pièce.
 - 5.1 - Calculer le volume d'alumine nécessaire puis la masse correspondante.
 - 5.2 - Calculer la quantité d'alumine ainsi que la quantité d'ions Al^{3+} nécessaire.
 - 5.3 - Vérifier que, si l'intensité du courant est maintenue constante à 1,44 A, la durée de l'électrolyse est suffisante.

Données :

- $E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,0 \text{ V}$;
- $E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = - 2,76 \text{ V}$;
- masse volumique de l'alumine Al_2O_3 : $\rho(\text{Al}_2\text{O}_3) = 3965 \text{ kg.m}^{-3}$;
- charge transportée par 1 mole d'électrons : 1 Faraday = 96500 C ;
- masses molaires atomiques : $M(\text{Al}) = 27 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

PROBLÈME 3 : MÉTALLURGIE (6,5 points)

Grâce à leurs propriétés mécaniques intéressantes et modulables par un traitement de durcissement structural, les alliages d'aluminium de la série 2000 sont fréquemment utilisés en aéronautique et dans les transports (camions, trains).

Le diagramme est en annexe 2.

1 - Étude du diagramme. (3,5 points)

L'alliage étudié contient 4,5 % de cuivre.

- 1.1 - Quelles sont les températures de début et de fin de solidification de cet alliage ?
- 1.2 - Pour cet alliage, quelles sont les phases en présence à 300°C ?
- 1.3 - Calculer la proportion en phases de cet alliage à 300°C.
- 1.4 - Le diagramme montre la présence d'un composé chimiquement défini pour une teneur en cuivre de 53 %. Déterminer la formule chimique de celui-ci.

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Al}) = 27 \text{ g.mol}^{-1}$.

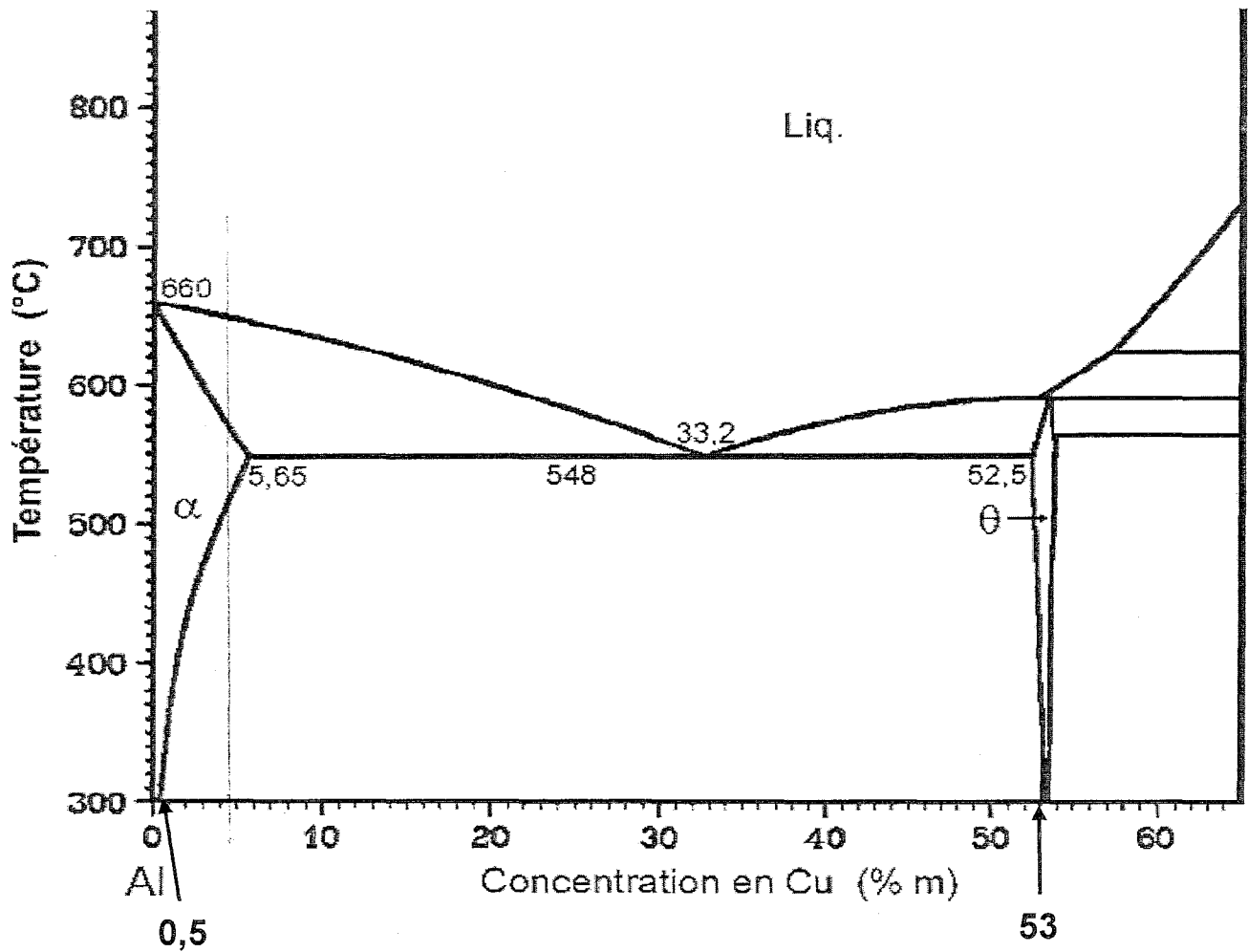
2 - Traitement thermique. (3 points)

- 2.1 - Quelles sont les trois étapes d'un traitement de durcissement structural ?
- 2.2 - Quelle est l'étape responsable de ce durcissement ?
- 2.3 - On dispose, en **annexe 3**, des courbes de vieillissement d'un alliage 2014 contenant 4,5 % de cuivre. On désire appliquer un traitement de durcissement structural en vue d'obtenir les caractéristiques mécaniques minimales suivantes :

$$R_{e0,2} > 350 \text{ MPa} ; R_m > 450 \text{ MPa} ; A > 12 \text{ \%}.$$

- 2.3.1 - Dans la dernière étape du traitement et en vous aidant de l'**annexe 3**, donner la température et la durée de celle-ci sachant que pour des raisons économiques, cette étape ne peut excéder 100 heures.
- 2.3.2 - Si on ne fait pas attention à la durée de cette étape, on observe une chute des caractéristiques. Proposer une explication succincte de ce phénomène.

ANNEXE 2



ANNEXE 3

Durcissement structural de l'alliage 2014

