

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**TRAITEMENTS DES MATERIAUX**

**SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUEES**

**Sous-épreuve commune aux deux options**

**- U4.1 -**

SESSION 2015

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

**Document à rendre avec la copie :**

- Annexe 1.....page 7/7

**Les trois parties de cette épreuve sont indépendantes**  
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences Physiques Appliquées		Session 2015
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.1	Code : TMPC AB	Page 1 sur 7

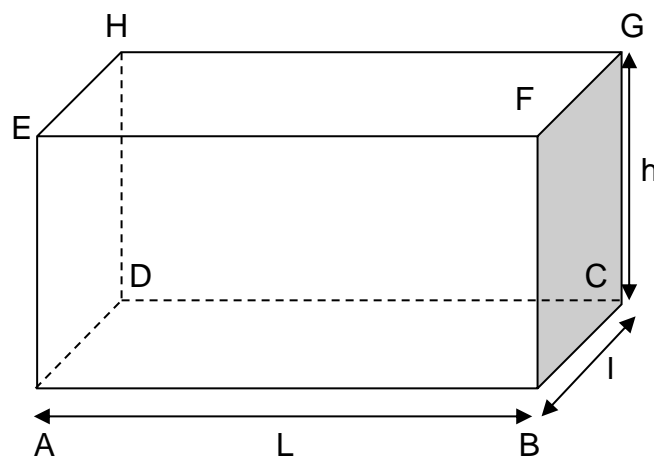
**Exercice 1 : ÉTUDE D'UN FOUR DE TRAITEMENT THERMIQUE DE PIÈCES D'ACIER (7,5 points)**

Pour augmenter la résistance mécanique de cylindres d'acier utilisés pour l'outillage médical, on les chauffe dans un four maintenu à une température de  $\theta_1 = 850^\circ\text{C}$ . Le four utilisé est parallélépipédique conformément au schéma de la **figure 1 ci-dessous**.

Les dimensions intérieures du four sont :  $h = 0,400\text{ m}$ ,  $l = 0,500\text{ m}$  et  $L = 0,600\text{ m}$ .

Le four est isolé pour maintenir la température ambiante de l'atelier à  $\theta_2 = 19^\circ\text{C}$ .

La paroi inférieure ABCD qui contient l'élément chauffant est suffisamment isolée pour éviter tout transfert thermique vers l'extérieur.



**Figure 1**

**1.1** Citer les trois modes de transferts thermiques possibles à l'intérieur du four.

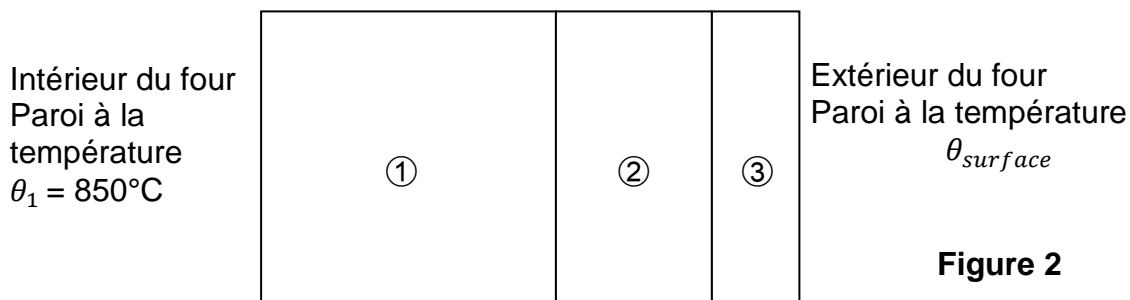
**1.2** La charge introduite dans le four est composée de 150 cylindres en acier. Le volume d'un cylindre vaut  $V_{cy} = 1,86\text{ cm}^3$ .

On se propose de calculer l'énergie nécessaire pour chauffer cette charge supposée homogène (la température du four est supposée constante).

**1.2.a.** La masse volumique de cet acier étant  $\rho = 7800\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , montrer que la masse de la charge est  $m = 2,18\text{ kg}$ .

**1.2.b.** La capacité thermique massique de l'acier étant  $c_m = 460\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , déterminer l'énergie  $E_{charge}$  nécessaire pour porter cette charge de la température ambiante à la température du four.

**1.3** On se propose d'étudier les pertes thermiques au niveau des parois de ce four. Chaque paroi est assimilée à une association de trois plaques d'épaisseur  $e_1, e_2, e_3$  et de matériaux de conductivités thermiques différentes  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  dont les valeurs sont données dans le **tableau page 3**. On peut représenter cette paroi composite suivant le schéma de la **figure 2 page 3**.



**Figure 2**

Matériaux	Conductivité thermique moyenne		Epaisseur
	$\lambda$	( $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )	e (mm)
Réfractaires lourds ①	1,25		75
Fibreux ②	0,20		20
Isolants réfractaires ③	0,13		10

La résistance thermique surfacique d'un matériau homogène est donnée par la formule :

$$r = \frac{e}{\lambda}$$

**1.3.a.** Préciser l'unité d'une résistance thermique surfacique.

**1.3.b.** Calculer les résistances thermiques surfaciques  $r_1$ ,  $r_2$  et  $r_3$  des plaques ①, ② et ③ de la paroi composite.

**1.3.c** Justifier que la résistance thermique totale de la paroi est :  
 $r = 0,24$  unité S.I.

**1.3.d.** *L'écart de température  $\Delta\theta$  est égal au produit de la résistance thermique surfacique  $r$  par le flux thermique surfacique  $\varphi$  :  $\Delta\theta = r \times \varphi$*   
 Dans le cas de cette fabrication, le flux thermique surfacique  $\varphi$  à travers cette paroi composite est évalué à  $3,46 \text{ kW.m}^{-2}$ .  
 Déterminer la température  $\theta_{surface}$  de la surface extérieure du four et montrer que cette valeur est cohérente avec une température ambiante de l'atelier à  $\theta_2 = 19^\circ\text{C}$ .

**1.4.** On cherche à estimer les pertes globales par conduction à travers l'ensemble des parois du four en contact avec l'air de l'atelier.  
 Calculer le flux thermique  $\Phi_1$  traversant la paroi BCGF.

**1.5.** Le flux thermique total perdu à travers les parois est égal à  $4,1 \text{ kW}$ . La charge est maintenue dans le four pendant 30 minutes.  
 Calculer l'énergie perdue  $E_{parois}$  à travers les parois pendant cette durée.

## Exercice 2 : ÉTUDE D'UN ALLIAGE UTILISÉ EN AÉRONAUTIQUE (6,5 points)

### Données :

Masses molaires :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$   $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Les alliages d'aluminium sont très utilisés en aéronautique pour leur faible densité. Pour améliorer les propriétés mécaniques de l'aluminium, il est possible d'y ajouter du cuivre et du magnésium puis de faire subir à ces alliages un traitement thermique adapté.

Le diagramme binaire aluminium – cuivre est donné en **annexe 1 page 7 à rendre avec la copie**.

### 2.1 . Étude du diagramme d'équilibre.

- 2.1.a. Repérer le point eutectique sur le diagramme donné en annexe 1.
- 2.1.b. Sur le **diagramme annexe 1 à rendre avec la copie**, indiquer le nom des phases en présence dans les trois domaines numérotés (1), (2) et (3).
- 2.1.c. La phase  $\theta$  peut s'apparenter à un composé défini (appelé aussi combinaison chimiquement définie CCD) dont le pourcentage massique moyen en cuivre est égal à 54%.  
Calculer sa fraction atomique (ou molaire) et en déduire sa formule chimique.

### 2.2 Étude de l'alliage à 10% massique en cuivre

Le traitement thermique de cet alliage commence par un chauffage jusqu'à 700°C. L'alliage est ensuite refroidi dans des conditions d'équilibre.

- 2.2.a. Repérer par deux points A et B sur le diagramme en **annexe 1 page 7, à rendre avec la copie** le début et la fin de la solidification de l'alliage. Préciser les températures correspondantes  $\theta_A$  et  $\theta_B$ .
- 2.2.b. Tracer l'allure de la courbe d'analyse thermique associée au refroidissement précédent, sur laquelle  $\theta_A$  et  $\theta_B$  seront indiquées.
- 2.2.c. Suite à ce refroidissement, préciser la nature du (des) constituant(s) observé(s) sur une micrographie que vous schématiserez.

### Exercice 3 : CONTROLE ET SUIVI D'UN BAIN DE ZINCAGE ACIDE (6 pts )

Un atelier de traitement de surface possède un bain de zincage acide d'un volume égal à 50 litres.

Ce bain est contrôlé quotidiennement afin de vérifier les concentrations des espèces en solution et d'effectuer les éventuels ajouts nécessaires à son bon fonctionnement. Lors du contrôle, le technicien s'intéresse particulièrement aux ions chlorure et aux ions zinc (II).

#### 3.1. Dosage des ions chlorure $\text{Cl}^-$

La notice du bain propose la méthode de dosage ci-dessous :

##### - Dosage des chlorures

Prélever 1 ml du bain

Ajouter 50 à 60 ml d'eau déminéralisée

Ajouter quelques gouttes de dichromate de potassium à 0,1 M

Titre par le nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  0,1 N

Virage du jaune à l'orange-saumon

Soit B ml de nitrate d'argent versés

$$B \times 3,55 = \text{g/l chlorures exprimés en } \text{Cl}^-$$

$$B \times 7,45 = \text{g/l exprimés en KCl}$$

D'après © Surtec

Remarque : dans ce texte, la grandeur désignée par B est le volume équivalent.

En suivant cette méthode, le technicien trouve une valeur de B égale à 27 mL.

Données :  $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$        $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

- 3.1.a. Donner l'équation de la réaction de dosage sachant qu'il se forme un précipité de chlorure d'argent  $\text{AgCl(s)}$ .
- 3.1.b. En utilisant les propriétés de stœchiométrie à l'équivalence d'un dosage, calculer la concentration molaire  $[\text{Cl}^-]$  en ions chlorure du bain.  
En déduire la concentration massique en ions chlorure  $C_{\text{mass}}(\text{Cl})$  du bain.
- 3.1.c. Montrer que le résultat de la question 3.1.b est conforme à celui qui aurait été obtenu en appliquant la formule proposée par le fournisseur.

### 3.2. Correction du bain par ajustement des concentrations en ions chlorure et zinc (II)

Selon la notice du fournisseur, les conditions de fonctionnement optimales sont :

<b>Mise en œuvre</b>	
⇒ Zinc métal.....	15 - 40 g/l
⇒ Chlorure.....	120 - 160 g/l
⇒ Acide borique (si utilisé).....	23-30 g/l
⇒ Epurateur.....	5 à 10 g/l si nécessaire
⇒ Température.....	21 - 40°C
⇒ pH.....	5,2 – 6,0
⇒ Densité de courant à l'attache.....	1 à 3 A/dm <sup>2</sup>
⇒ Densité de courant au tonneau.....	0,5 à 1,5 A/dm <sup>2</sup>

D'après © Surtec

Les corrections sont réalisées en apportant selon le besoin du chlorure de zinc, du chlorure de potassium et/ou de l'eau

La concentration molaire en ions zinc (II) a été évaluée à :  $[Zn^{2+}] = 0,185 \text{ mol.L}^{-1}$ .

#### 3.2.a. Correction de la concentration en ions zinc (II)

En déduire la concentration massique  $C_{\text{mass}}(\text{Zn})$  (en  $\text{g.L}^{-1}$ ) en zinc du bain et montrer qu'un ajout de chlorure de zinc est nécessaire.

Déterminer la masse minimale de chlorure de zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ) à ajouter pour 1 L de bain puis pour 50 L de bain.

#### 3.2.b. Correction de la concentration en ions chlorure

L'ajout précédent correspond à un ajout de  $3,16 \text{ g.L}^{-1}$  d'ions chlorure.

Quelle sera alors la concentration massique **totale** en ions chlorure du bain  $C_{\text{mass total}}(\text{Cl})$  ?

En déduire la nécessité ou non d'effectuer une correction sur les ions chlorure.

**Annexe 1 à rendre avec la copie :**

**Extrait du diagramme d'équilibre Al-Cu**

