

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.1 -

SESSION 2021

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Documents à rendre avec la copie :

- Annexe 1page 7/8
- Annexe 2page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX Sciences Physiques Appliquées	Session 2021
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.1	Code : TM41AB
	Page 1 sur 8

Une entreprise fabrique des boucles de maroquinerie métalliques pour l'industrie du luxe. Ces boucles en acier sont nickelées avant d'être dorées à l'or.

- L'acier utilisé pour leur fabrication est étudié dans l'exercice 1.
- L'exercice 2 traite du dosage de l'acide borique du bain de nickelage.
- Enfin, l'exercice 3 s'intéresse au dépôt d'or.

Données à 25°C :

pK_A du couple $H_3BO_3 / H_2BO_3^-$: 9,25.

Masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$:

$M_H = 1,0$; $M_B = 10,8$; $M_O = 16,0$; $M_{Au} = 197,0$.

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$.

Exercice 1 : Étude de l'acier C35 constituant une boucle de maroquinerie de luxe – 10 points.

On rappelle qu'un acier C35 contient 0,35 % en masse de carbone.

1.1. Étude du diagramme binaire fer-cémentite.

1.1.a. Indiquer les phases en présence dans chaque domaine numéroté sur le diagramme donné en **annexe 1 page 7**, en complétant le tableau en **annexe 1 page 7, à rendre avec la copie**.

1.1.b. Nommer les points particuliers E et E' figurant sur ce diagramme binaire.

1.1.c. Par quel terme peut-on qualifier un acier C35 ?

1.2. Refroidissement de l'acier C35

On suit le refroidissement de cet acier initialement à une température de 1000 °C. Cet acier est alors représenté par un point M_0 du diagramme binaire. La température finale est de 600°C.

1.2.a. Préciser les coordonnées du point M_0 , puis le placer sur le diagramme binaire de l'**annexe 1 page 7**.

1.2.b. Donner l'allure de la courbe de refroidissement en fonction du temps en précisant :

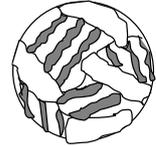
- les phases en présence,
- les coordonnées des points M_1 et M_2 préalablement placés sur les lignes du diagramme fer-cémentite de l'**annexe 1 page 7**, modélisant les transformations physiques de phase.

1.3. Composition de l'acier C35.

- 1.3.a. À la température $727^{\circ}\text{C} + \varepsilon$, pour cet acier, donner la teneur en carbone de la ferrite et de l'austénite.
- 1.3.b. À la température $727^{\circ}\text{C} - \varepsilon$, calculer le pourcentage en masse de perlite dans l'alliage.
- 1.3.c. Comment évolue ce pourcentage lorsque l'acier refroidit ? Justifier.

1.4. Observation d'une microstructure de l'acier C35.

La microstructure ci-contre correspond à de l'acier C35 refroidi lentement.



- 1.4.a. Repérer clairement sur **l'annexe 1 page 7 à rendre avec la copie**, la perlite, la ferrite et la cémentite.

Le microscope utilisé pour réaliser ces micrographies présente un grandissement $\gamma = 400$. Comme tout microscope, il peut être modélisé par l'association de deux lentilles convergentes.

- 1.4.b. Donner le nom usuel de chacune de ces lentilles.
- 1.4.c. Citer une grandeur physique caractérisant une lentille.
- 1.4.d. Préciser la position de l'image intermédiaire permettant une observation sans accommodation.

1.5. Étude de micrographies.

On souhaite déterminer la taille moyenne d'un grain.

L'indice conventionnel G est un nombre positif, nul ou négatif, prenant des valeurs comprises entre -7 et 17 .

Le nombre de grains par mm^2 , noté m , se calcule avec la relation : $m = 8 \times 2^G$.

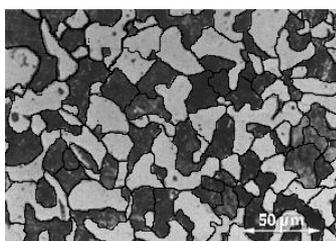
La taille moyenne du grain, d_m , se calcule grâce à la formule : $d_m = \frac{1}{\sqrt{m}}$.

- 1.5.a. En considérant que $G = 9$, déterminer d_m , la taille moyenne d'un grain.

Ci-dessous figure le cliché d'un échantillon de boucle de maroquinerie en C35, enrobé, poli et traité au nital. Un logiciel de traitement de l'image associé au microscope permet d'analyser le cliché et de mesurer la surface des zones claires et foncées.

Les résultats de cette analyse sont indiqués ci-dessous :

Micrographie d'un acier C35



Données du logiciel de traitement d'images :

- Échelle : 10 mm correspond à $50 \mu\text{m}$.
- Surface totale des zones claires : $7,8 \times 10^2 \text{ mm}^2$.
- Surface totale des zones foncées : $6,1 \times 10^2 \text{ mm}^2$.
- Taille moyenne de l'image d'un grain : $3,2 \text{ mm}$.

- 1.5.b. Estimer la taille moyenne d'un grain à partir des informations fournies par le logiciel. Cette taille est-elle en accord avec le résultat de la question 1.5.a?
- 1.5.c. À partir des données fournies par le logiciel, déterminer la proportion des zones claires et foncées de la micrographie. On supposera que les densités de la ferrite et de la perlite sont égales.
- 1.5.d. Comparer avec le pourcentage en perlite dans l'acier C35 à température ambiante, évalué à la question 1.3.

Exercice 2 : Dépôt de nickel : dosage de l'acide borique – 5,5 points.

La fiche technique du bain utilisé pour le nickelage de la boucle est donnée ci-dessous :

Extrait des conditions d'utilisation du bain de nickel « SIRIUS » :		
	Fourchette	Optimum
Nickel (Ni)	60 - 90 g/L	75 g/L
Chlorures	15 - 25 g/L	17 g/l
Acide borique	40 - 55 g/L	45 g/L
Température bain mort	50 - 60 °C	55 °C
pH	4,0 - 4,8	4,2 - 4,5

L'acide borique H_3BO_3 du bain de nickelage est dosé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$).

Ce bain est dilué dix fois afin de doser l'acide borique H_3BO_3 par l'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) de concentration $C_B = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en présence de mannitol. On dose un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de ce **bain dilué**.

2.1. Équation support du titrage.

- 2.1.a. Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'acide borique par l'hydroxyde de sodium.
- 2.1.b. Montrer que la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction est égale à $5,6 \times 10^4$.
- 2.1.c. En déduire pourquoi l'exploitation du dosage pH-métrique de l'acide borique par l'hydroxyde de sodium est peu fiable en l'absence de mannitol.

La courbe pH-métrique obtenue figure en **annexe 2 page 8 à rendre avec la copie.**

2.2. Exploitation de la courbe de suivi du dosage acide-base.

2.2.a. Généralement, l'exploitation de la courbe de dosage pH-métrique permet d'atteindre la valeur du pK_A du couple de l'acide dosé. Estimer ainsi le pK_A de l'acide borique en présence de mannitol dans les conditions du dosage.

Faire apparaître un tracé sur l'**annexe 2 page 8 à rendre.**

2.2.b. À l'aide du tableau des indicateurs colorés fourni, proposer un indicateur coloré qui conviendrait à ce dosage par méthode colorimétrique. Justifier votre choix.

La méthode colorimétrique n'est, en réalité, pas adaptée à ce dosage. Pourquoi ?

Indicateur coloré	pK_i	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique
Vert de bromocrésol	4,8	jaune	3,8 – 5,4	Bleu
Rouge de méthyle	5,1	jaune	4,8 – 6,0	Rouge
Rouge de phénol	8,0	jaune	6,6 – 8,4	Rouge
Rouge de crésol	8,5	jaune	7,2 – 8,8	Rouge
Phénolphtaléine	9,4	incolore	8,2 – 10,0	rose violet

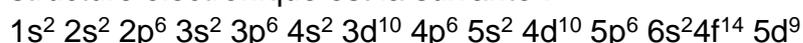
2.2.c. Montrer que la concentration C_A de l'acide borique dans le bain dilué est $7,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

2.2.d. Le bain est-il conforme pour l'acide borique ? Justifier.

Exercice 3 : Etude du dépôt d'or – 4,5 points.

L'or est l'élément chimique de numéro atomique $Z = 79$, de symbole Au.

Sa structure électronique est la suivante :



- 3.1.a. Indiquer la place de l'or dans la classification périodique : ligne et colonne. Justifier.
- 3.1.b. Conformément à sa structure électronique, comment peut-on qualifier ce métal ? Pourquoi ?

L'or cristallise dans un réseau cubique à faces centrées de paramètre de maille $a = 408$ pm.

- 3.2.a. Représenter la maille cristalline de l'or et indiquer sur ce schéma une direction selon laquelle les atomes d'or sont tangents.
En déduire la relation existant entre le rayon de l'atome d'or et le paramètre de maille.
- 3.2.b. Montrer que le rayon de l'atome d'or vaut $R_{Au} = 144$ pm.
- 3.2.c. Déterminer le nombre N d'atomes d'or par maille.
Cette donnée est nécessaire au calcul de la masse volumique de l'or dont la relation est : $\rho_{Au} = \frac{N \times M_{Au}}{N_A \times V_{maille}}$
- 3.2.d. En procédant par analyse dimensionnelle, démontrer l'homogénéité de cette relation.
- 3.2.e. Calculer la masse volumique de l'or. Commenter cette valeur.

La boucle de maroquinerie destinée à être dorée a une surface de 24 cm^2 . Pour répondre aux critères de qualité de l'industrie du luxe, l'épaisseur de la couche d'or déposée sur la boucle doit être de $5,0 \text{ }\mu\text{m}$.

- 3.3. Considérant la masse volumique de l'or proche de $20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, estimer le coût en or de cette étape de dorure à l'or. On prendra comme cours de l'or, la valeur de 46 euros le gramme.

Annexes à rendre avec la copie

Annexe 1 :

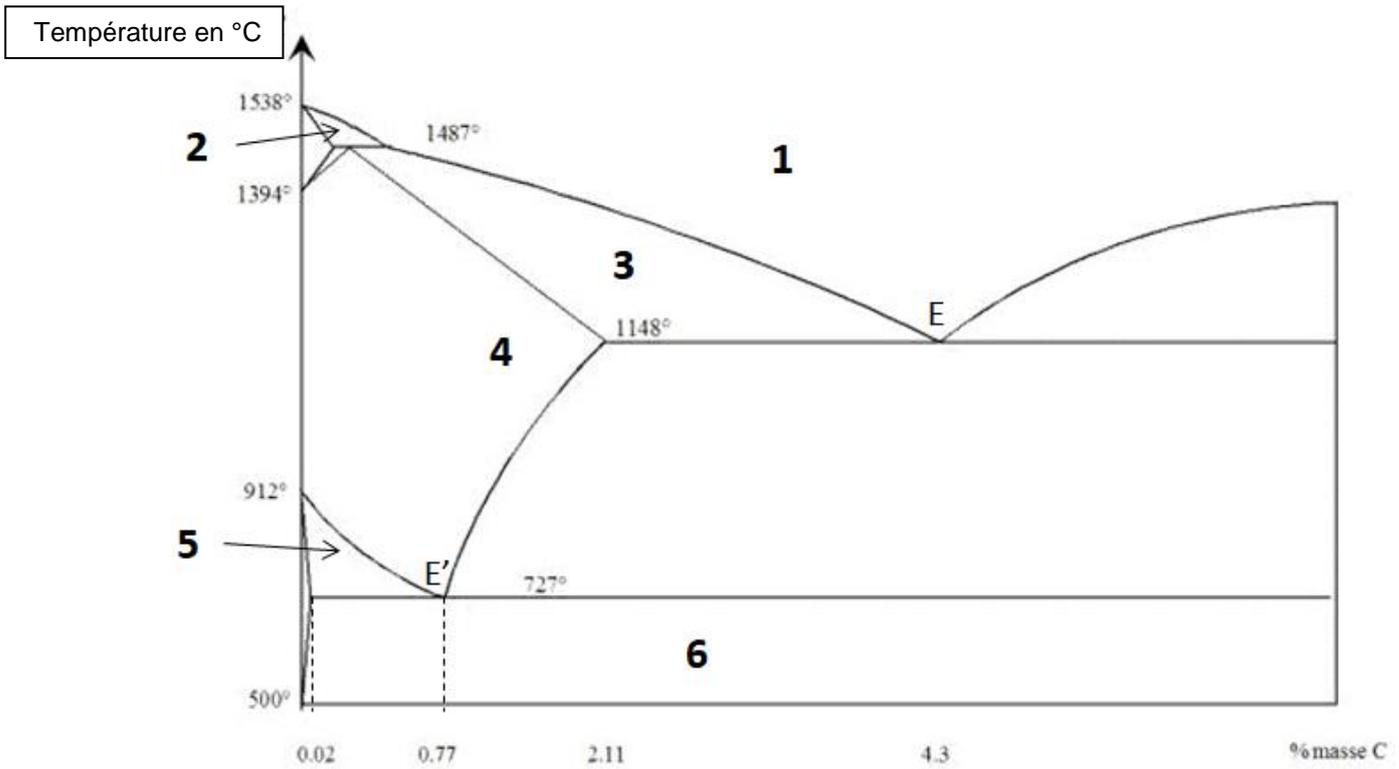
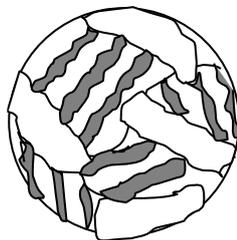


Diagramme binaire fer-cémentite

Question 1.1.a. Correspondance entre les domaines et la nature des phases

Domaine	1	2	3	4	5	6
Phases						

Question 1.4.a :



A rendre avec la copie

Annexe 2 :

Courbe de dosage du bain de nickel brillant dilué 10 fois (solution S) par l'hydroxyde de sodium à $0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

