

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.1 -

SESSION 2014

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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

Documents à rendre avec la copie :

- Annexespages 6/7 et 7/7

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences Physiques et Chimiques		Session 2014
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.1	Code : TMPC AB	Page 1 sur 7

Un technicien, jeune diplômé du BTS Traitements de matériaux, postule pour un contrat dans une entreprise spécialisée dans l'utilisation de l'aluminium.

Son futur supérieur souhaite évaluer ses capacités de réflexion sur cet élément chimique en lui demandant de répondre aux questions suivantes en s'appuyant sur la fiche technique fournie.

Et vous, seriez-vous capable de décrocher ce contrat ?

Fiche technique								
aluminium								
Propriétés physico-chimiques								
Propriété	Valeur	Méthode	Validated	Commentaire	Référence			
Bioaccumulation BCF	3.162	calcul	non		S-EPA/SRC EPIsuite tool, v4.0 US EPA (2011)			
Densité	2.7			Etat solide				
facteur de conversion				à 20°C : 1ppm = 5.5 mg/m ³ ; 1 mg/m ³ = 0.18 ppm	Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'aluminium 2005 INERIS (2005)			
Coefficient de partage carbone organique-eau (Koc) (L/kg)	13.22	calcul	non		S-EPA/SRC EPIsuite tool, v4.0 US EPA (2011)			
Log du coefficient de partage octanol-eau (log Kow)	0.33	calcul	non		S-EPA/SRC EPIsuite tool, v4.0 US EPA (2011)			
Toxicologie								
Seuil de toxicité en situation accidentelle								
Propriété	1 mn	10 mn	20 mn	30 mn	60 mn	120 mn	240 mn	480 mn
Valeurs sanitaires								
Propriété	Valeur	Commentaire				Référence		
VME (ppm)	5	Fumées de soudage				INRS (2008) - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France		
VME (ppm)	10	Métal				INRS (2008) - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France		

EXERCICE 1 : L'élément aluminium (10 points)

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

1.1. Etude de l'élément Aluminium

Données :

Numéro atomique : 13

Nombre de masse : 27

- 1.1.a. Donner la représentation de l'élément aluminium sous la forme ${}^A_Z X$.
- 1.1.b. Donner la composition du noyau d'un atome d'aluminium en justifiant votre réponse en fonction des données.
- 1.1.c. La configuration électronique fondamentale d'un atome d'aluminium est $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. Donner la position (ligne et colonne) de l'élément aluminium dans la classification périodique des éléments.
- 1.1.d. Quelle est la configuration électronique de l'ion Al^{3+} ? Que pensez-vous de la stabilité de cet ion ? Justifier.

1.2. Structure cristalline de l'aluminium

Données :

Masse molaire atomique : $M(Al) = 27,0 \text{ g.mol}^{-1}$

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

- 1.2.a. L'aluminium cristallise dans un réseau cubique à faces centrées. Compléter sur l'**annexe 1 page 6 (à rendre avec la copie)**, le schéma de la maille élémentaire de ce réseau.
- 1.2.b. Quelle est la coordinence d'un atome dans cette structure cristalline ?
- 1.2.c. Déterminer la valeur de N, nombre d'atomes par maille.
- 1.2.d. Démontrer que la masse volumique ρ d'un métal est donnée par la relation :
$$\rho = \frac{M \times N}{N_A \times a^3}$$

M = masse molaire atomique de l'aluminium.
 N = nombre d'atomes par maille élémentaire
 a = arête de la maille
- 1.2.e. Vérifier que l'unité ρ est bien celle d'une masse volumique.
- 1.2.f. Sachant que l'arête de la maille est $a = 0,404 \text{ nm}$, calculer la masse volumique de l'aluminium. Exprimer le résultat en kg.m^{-3} en conservant 3 chiffres significatifs. Avec quelle donnée de la fiche technique pouvez-vous comparer cette valeur ? Les deux valeurs sont-elles cohérentes ?

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences Physiques et Chimiques		Session 2014
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.1	Code : TMPC AB	Page 3 sur 7

1.3. Propriétés chimiques de l'aluminium

Données à 25°C : Produit de solubilité de Al(OH)_3 : $K_s = 10^{-34}$
Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$

L'addition d'hydroxyde de sodium (soude) dans une solution contenant des ions $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ conduit à la formation d'un gel hydroxyde correspondant à l'espèce précipitée $\text{Al(OH)}_3(\text{s})$.

- 1.3.a. Ecrire l'équation chimique de cette réaction de précipitation.
- 1.3.b. Donner l'expression du produit de solubilité K_s de Al(OH)_3 .
- 1.3.c. On considère une solution de concentration $[\text{Al}^{3+}] = C = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - Déterminer la concentration en ions hydroxyde $[\text{OH}^-]$ au début de la précipitation de l'hydroxyde d'aluminium $\text{Al(OH)}_3(\text{s})$.
 - En déduire le pH de début de précipitation.
- 1.3.d. L'espèce Al(OH)_3 peut réagir avec les ions hydroxyde afin de former le complexe Al(OH)_4^- soluble. Que pouvez-vous en déduire des propriétés acido-basiques de l'espèce Al(OH)_3 ?
- 1.3.e. Le gel d'hydroxyde Al(OH)_3 se déshydrate en vieillissant pour conduire à de l'alumine notée Al_2O_3 . Donner l'équation chimique de cette transformation « naturelle ».

EXERCICE 2 : Utilisation de l'aluminium en métallurgie (5 points)

L'aluminium pur a peu d'utilisations. Par contre, il sert de base à de nombreux alliages.

Le diagramme isobare d'équilibre liquide-solide des mélanges Aluminium-Silicium (Al-Si) où x_{Si} représente la fraction atomique en silicium est reproduit en **annexe 2**.

On néglige dans cette étude la miscibilité des deux solides.

- 2.1. Comment nomme-t-on la courbe a ?
- 2.2. Préciser la nature des phases en présence dans les domaines I, II, III et IV.
- 2.3. Comment appelle-t-on un mélange Al-Si à 12 % en atome de Si ? Quelle est la propriété d'un tel mélange ?
- 2.4. Tracer sur **l'annexe 2 (à rendre avec la copie)**, l'allure de la courbe de refroidissement d'un mélange de fraction atomique égale à 20 % en Si pour une température allant de 800 à 200 °C.

Vous indiquerez **clairement pour chaque partie du graphe** les phases en présence.

Vous repèrerez sur le diagramme binaire les points particuliers, en correspondance avec la courbe d'analyse thermique.

BTS TRAITEMENTS DES MATERIAUX Sciences Physiques et Chimiques		Session 2014
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.1	Code : TMPC AB	Page 4 sur 7

EXERCICE 3 : Etude par microscopie optique d'un dépôt d'aluminium (5 points)

Le technicien doit terminer ses tests d'embauche en contrôlant la qualité du dépôt d'un alliage binaire aluminium-silicium réalisé dans l'atelier de l'usine. Il dispose pour cela d'un microscope optique dont l'objectif et l'oculaire sont assimilés à des lentilles minces convergentes.

- L'objectif de ce microscope porte l'indication suivante : $\times 35$
- L'oculaire de ce microscope porte l'indication : $\times 12$.

3.1. Donner la relation liant la distance focale f et la vergence C d'une lentille mince convergente. Vous préciserez les unités de chacune des grandeurs.

3.2. Donner le rôle de l'objectif et celui de l'oculaire.

3.3. Préciser la signification des indications portées par l'objectif et par l'oculaire. Quelle grandeur caractéristique du microscope peut-on déterminer à partir de ces deux valeurs ? La calculer.

3.4. Le pouvoir séparateur du microscope, noté ε , est donné par la relation :

$$\varepsilon = \frac{0,61 \times \lambda}{n \sin u}$$

λ : longueur d'onde du rayonnement utilisé
 n : indice de réfraction du milieu ($n = 1,0$ pour l'air)
 u : angle d'ouverture de l'instrument

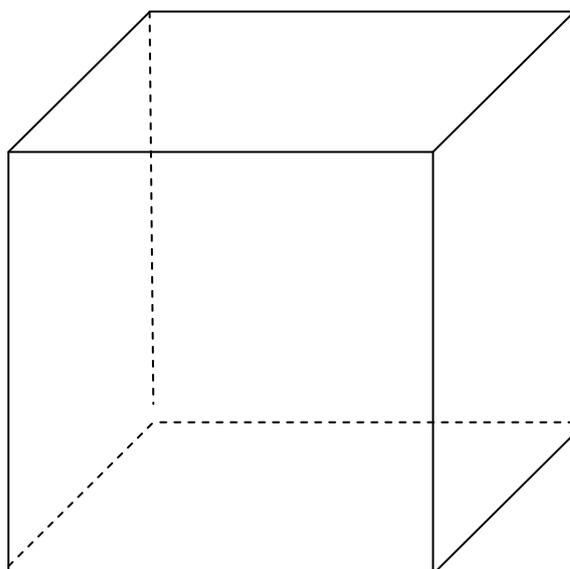
3.4.a. Que représente le pouvoir séparateur d'un microscope ?

3.4.b. Calculer le pouvoir séparateur dans l'air sachant que $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ et $u = 13^\circ$.

3.4.c. Pour observer davantage de détails, est-il préférable de choisir un rayonnement de plus grande ou de plus faible longueur d'onde λ ? Justifier.

ANNEXE 1 (A RENDRE AVEC LA COPIE):

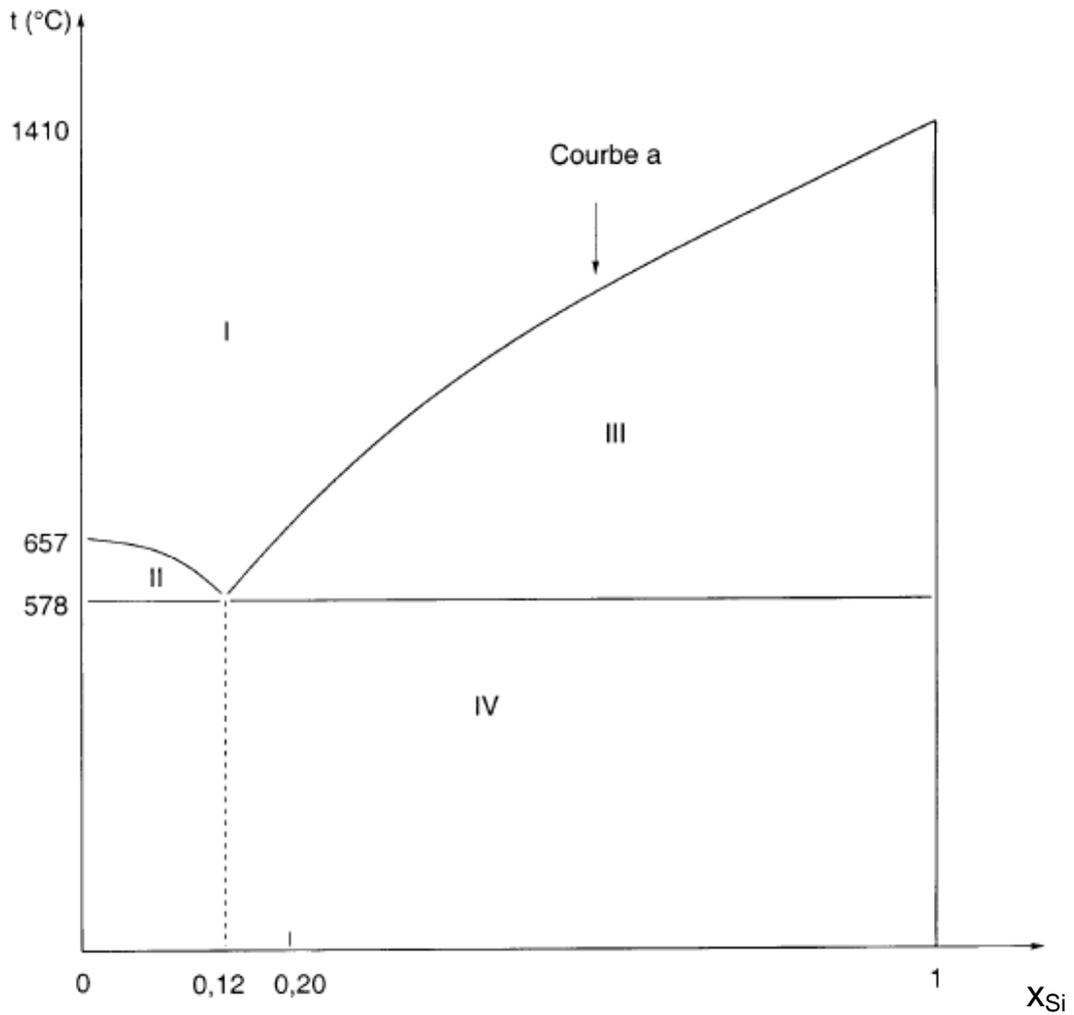
exercice 1. Question 1.2.a.



ANNEXE 2 (A RENDRE AVEC LA COPIE):

exercice 2 :

Diagramme binaire Aluminium-Silicium



exercice 2 - Question 2.4.

