

Sujet BTS 2003

Partie commune

Exercice n°1 : Le microscope optique

- Un microscope est équipé
 - d'un objectif portant l'indication $\times 32 / 0,25$
 - d'un oculaire portant l'indication $\times 10$.A quoi correspondent ces données ?
- On désire mesurer l'épaisseur d'une couche métallique enrobée : on place pour cela dans le plan focal objet de l'oculaire un micromètre oculaire dont une graduation mesure $x = 0,1$ mm. Après réglage de l'image intermédiaire dans le plan du micromètre oculaire, on observe que la couche métallique recouvre 16 graduations du micromètre.
 - Rappeler la définition du grandissement de l'objectif γ_{obj} ;
 - Calculer la dimension de l'image intermédiaire
 - En déduire l'épaisseur de la couche métallique sachant que $\gamma_{obj} = 32$.
- Sachant que le pouvoir séparateur du microscope est donné par la relation : $\epsilon = \frac{0,6\lambda}{n \sin u}$
 - Déterminer la dimension du plus petit détail visible avec ce microscope dont l'ouverture numérique vaut 0,25 pour une longueur d'onde utilisée égale à $0,55 \mu\text{m}$.
 - Comment peut-on augmenter le pouvoir séparateur de ce microscope ?

Exercice n°2 : Etude du réactif de Marble

Ce réactif est utilisé pour examiner la structure des aciers inoxydables austénitiques et celle des aciers réfractaires. Il est constitué d'un mélange d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) et d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$).

On appelle C , la concentration molaire en acide du réactif et C_s celle en sulfate de cuivre.

Dans une fiole jaugée de 500 mL, on introduit $v_o = 5,00$ mL de réactif de Marble, et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. On dose la solution obtenue par une solution de soude NaOH à $1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. On appelle v_b le volume de soude versé.

On admet que l'acide chlorhydrique est dosé en premier et qu'aussitôt après a lieu la précipitation de l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

- La courbe pH-métrique fait apparaître 2 points équivalents :
 - au premier point équivalent, on a versé $v_{b1} = 27,3$ mL de soude ;
 - au second point équivalent, on a versé au total $V_{b2} = 32,3$ mL de soude.
 - Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude. En déduire la concentration molaire c_a de la solution initiale.
 - Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les ions Cu^{2+} et la soude. En déduire la concentration molaire c_s .
- Calculer le pH approximatif pour $v_b = 0$ lors du dosage précédent en négligeant le caractère faiblement acide de l'ion Cu^{2+} .
- A quel pH devrait théoriquement débiter la précipitation de l'hydroxyde de cuivre sachant que le produit de solubilité est $K_s = [\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = 2,5 \cdot 10^{-19}$?

Le pH au premier point d'équivalence est de 5,1. En déduire si la méthode de dosage envisagée est valable.

- On veut réaliser 100,0 mL d'un réactif de Marble de composition légèrement différente avec : C_a proche de $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $C_s = 0,600 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

a. Calculer la masse de sulfate de cuivre pentahydraté $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ commercial à peser connaissant les caractéristiques du produit commercial :

masse molaire = $249,68 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

taux de pureté = 99,5%

b. Calculer le volume de solution commerciale d'acide chlorhydrique concentré à utiliser connaissant les caractéristiques de cette solution commerciale :

masse volumique = $1,19 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$

teneur massique en HCl = 36%

On rappelle les masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $\text{H} = 1$ $\text{Cl} = 35,5$

Exercice n°3 : Etude du diagramme d'équilibre des alliages plomb – antimoine

Tous les alliages étudiés ont la même masse et ont été refroidis dans les mêmes conditions. Lors de l'étude, on a relevé les valeurs relevées dans le tableau suivant :

% de plomb en masse	Température de début de solidification en °C	Température de fin de solidification en °C
100	327	327
95	296,1	252
90	261,5	252
85	292,3	252
80	326,9	252
70	384,6	252
60	438,5	252
50	488,5	252
40	534,6	252
30	573,1	252
20	603,8	252
10	626	252
0	631	631

De plus on a constaté au cours de l'étude que le plomb et l'antimoine étaient totalement miscibles pour des alliages contenant un pourcentage en plomb supérieur ou égal à 96,5 % et inférieur ou égal à 4 %.

Comme il est d'usage, on appellera a, ~3, etc... les éventuelles solutions solides dans l'ordre de pourcentage en plomb croissant.

On considérera qu'il n'y a aucune transformation à l'état solide.

- Tracer le diagramme plomb – antimoine sur la feuille de papier millimétré jointe. On prendra comme échelle :
 - en abscisse : 1 cm pour 10 % Pb
 - en ordonnée : 2 cm pour 100°C
- Quelles sont les coordonnées du point eutectique ?
- Sur votre diagramme, nommer les courbes que vous avez tracées et indiquer les phases présentes dans les différentes zones délimitées par les courbes.
- Pour un alliage à 20 % de plomb à 400 °C, indiquer :
 - les phases en présence,
 - le % de plomb dans chacune de ces phases,
 - les proportions respectives de ces phases.

Partie spécifique

Exercice 1 : Etude d'une atmosphère de cémentation

Données :

Volume molaire dans les conditions normales de température et de pression : $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Méthanol :

Formule brute : CH_3OH

Température d'ébullition : 65°C

Masse volumique : $\rho = 0,79 \text{ kg.L}^{-1}$

Masse molaire $M = 32 \text{ g. mol}^{-1}$

On veut cémenter des pièces en acier 16 Mn Cr 5. On se propose d'effectuer le traitement dans un four sous atmosphère. On admettra que la cémentation ne résulte que du déplacement de l'équilibre : $2 \text{ CO} \Leftrightarrow \text{C}_\gamma + \text{CO}_2$

A. Réalisation de l'atmosphère de cémentation

- L'atmosphère de cémentation est fabriquée par craquage du méthanol : $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CO} + 2 \text{ H}_2$
 Une quantité adéquate de diazote est mélangée aux gaz issus du craquage.
 La composition volumique recherchée pour ce traitement est :
 - 20,3 % de CO
 - 40,6 % de H_2

- 39,1 % de N₂
- Pour effectuer le traitement, il faut utiliser un volume total de gaz de 2,5 m³ (pris dans les conditions normales de pression et de température).
 - Déterminer les volumes puis les quantités de matière correspondant à chacun des gaz constituant le mélange.
 - En déduire la quantité de matière puis le volume de méthanol liquide qu'il est nécessaire de craquer.
2. Le craquage de liquides organiques est une des méthodes qui permet d'obtenir des atmosphères de cémentation. Citer une autre méthode de production d'atmosphère de cémentation. Expliquer très succinctement son principe.

B. Potentiel carbone de l'atmosphère.

On fixe maintenant les paramètres du traitement :

Température : 930 °C

Pression totale dans le four : 1 bar

Composition de l'atmosphère : 20,3 % de CO

Un analyseur de gaz indique en outre que le pourcentage de CO₂ est 0,12 %.

- Citer un type d'analyseur permettant de déterminer le pourcentage en CO₂ dans une atmosphère.
- Sachant que l'enthalpie libre standard réactionnelle à 930 °C pour l'équilibre : 2 CO ⇌ C_γ + CO₂, considéré dans le sens 1, est 39,33 kJ.mol⁻¹, calculer la valeur de la constante d'équilibre K.
- En déduire la valeur de l'activité a_c du carbone dans l'austénite.

$$4. \text{ A partir de la relation d'Ellis : } a_C = 1,07 \frac{X\%}{100 - 19,5 X\%} e^{4798,6/T}$$

calculer le pourcentage en masse X % de carbone dans l'austénite à l'équilibre.

C. Influence des éléments d'addition sur la teneur en carbone dans l'acier.

Les éléments d'addition ont une influence sur le pourcentage en masse de carbone réellement présent dans l'austénite. On

définit un facteur de correction f tel que : $f = \frac{X}{X^*}$ où

X est le pourcentage de carbone dans l'austénite supposée non alliée.

Et X* le pourcentage de carbone dans l'austénite alliée.

- L'acier traité a initialement la composition suivante : C : 0,17 %, Si : 0,35%, Mn : 1,25 %, Cr : 0,90 %
Calculer la valeur du facteur de correction f, sachant que, d'après la relation de Gunnarson :
Log (f) = 0,055.(Si %) - 0,013.(Mn %) - 0,040 (Cr %) + 0,014.(Ni %) - 0,013.(Mo %)
- En déduire la teneur réelle X* en carbone de l'austénite, en équilibre avec l'atmosphère. Conclusion.

Exercice 2 : Chauffage par induction

Remarque : Les parties 1 et 2 sont totalement indépendantes.

- Champ magnétique créé par un solénoïde long :

On considère un solénoïde constitué de 100 spires par mètre, de diamètre 5 cm. On l'alimente avec un générateur de tension continue (Voir figure 1 - page 5/5)

- La figure 2 (page 5/5 ; à rendre avec la copie) est une coupe de la bobine sur laquelle on a indiqué le sens du courant dans les spires.
Préciser sur cette figure la direction et l'orientation des lignes de champ à l'intérieur du solénoïde. Justifier brièvement.
- On rappelle que l'intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde long est donnée par : $B = \mu_0 n I$
où n : nombre de spires par mètre et μ_0 : perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$ USI
Déterminer le champ magnétique ainsi créé à l'intérieur de cette bobine si elle est parcourue par un courant d'intensité $I = 260$ A.

- Principe du chauffage par induction.

On alimente désormais la bobine précédente avec un générateur de tension sinusoïdale de fréquence 8 kHz.

On place ensuite une pièce métallique (en forme d'anneau, considérée comme une spire de diamètre 4,8 cm ; Voir figure 4 - page 5/5) au centre de la bobine précédente (figure 3 - page 5/5). On précise que les axes de la bobine et de l'anneau métallique sont confondus.

- a. Exprimer le flux magnétique Φ qui traverse la pièce en fonction de l'intensité B du champ magnétique et de la section S de l'anneau
 On modifie légèrement la valeur de l'intensité I du courant qui parcourt le solénoïde est désormais $B_{\max} = 35,0$ mT, calculer le flux Φ_{\max} .
- b. On constate que la pièce est parcourue par un courant. Expliquer clairement l'origine de ce courant. On précisera également sur la figure 3 (page 5/5 à rendre avec la copie) le sens conventionnel du courant induit dans l'anneau métallique
 Quelle est la conséquence de l'existence de ce courant pour l'anneau
- c. On démontre que l'intensité efficace du courant qui parcourt l'anneau métallique est : $I = \frac{4,44 f \Phi_{\max}}{R}$
 avec f : fréquence du générateur et R : résistance électrique de l'anneau
 Les différentes grandeurs qui interviennent dans la formule sont exprimées en unités SI. Calculer l'intensité efficace I sachant que dans le domaine de température considéré la résistance $R = 2,5 \cdot 10^{-3} \Omega$ environ.
- d. En déduire la puissance P_j dissipée par effet Joule dans l'anneau métallique.

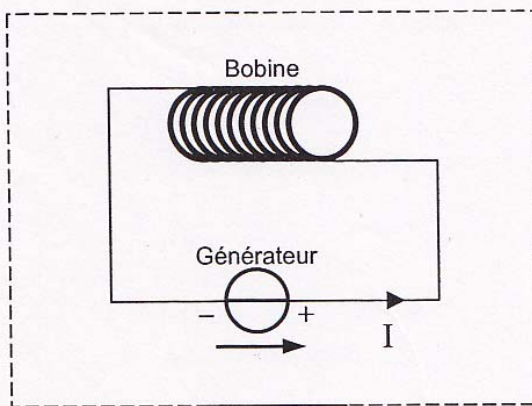


Figure 1

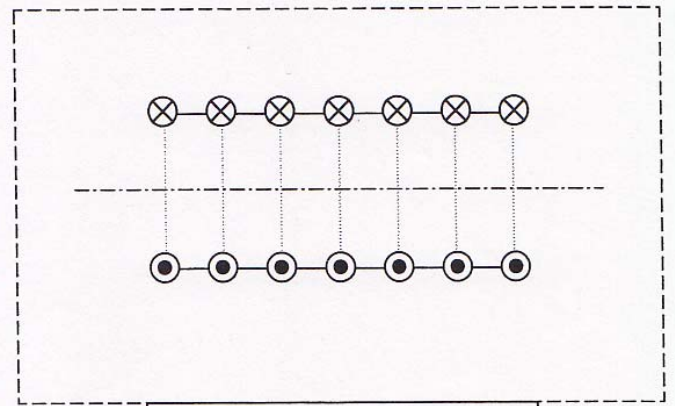


Figure 2 : Coupe de la bobine

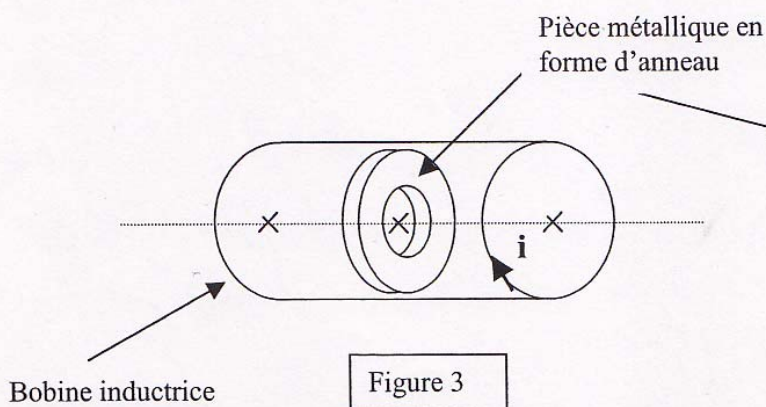


Figure 3

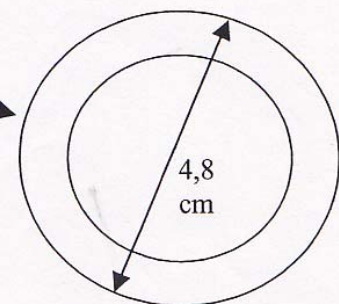


Figure 4