

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**

**TRAITEMENTS DES MATERIAUX**

**Session 2003**

**Epreuve écrite à caractère scientifique et technique - E4**

**Sous-épreuve spécifique à chaque option**

**« Sciences Physiques et Chimiques - U4.3 »**

**Option A : Traitements Thermiques**

**Coefficient : 2**

**Durée totale : 2 heures**

Le sujet est composé de 5 pages numérotées de 1/5 à 4/5. Il comporte différentes figures en page 5/5.

**La page 5/5 est à rendre avec la copie. Elle sera agrafée à celle-ci par le centre d'examen.**

*Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999*

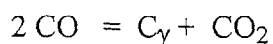
**Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques**  
**Option A : Traitements Thermiques**

**Exercice 1 : Etude d'une atmosphère de cémentation**

*Remarque : Les parties 2 et 3 sont totalement indépendantes de la partie 1.*

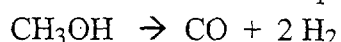
On veut cémenter des pièces en acier 16 Mn Cr 5. On se propose d'effectuer le traitement dans un four sous atmosphère.

On admettra que la cémentation ne résulte que du déplacement de l'équilibre :



1) Réalisation de l'atmosphère de cémentation

1.1) L'atmosphère de cémentation est fabriquée par craquage du méthanol



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<sub>2</sub>

39,1 % de N<sub>2</sub>

1.1.1) Pour effectuer le traitement, il faut utiliser un volume total de gaz de 2,5 m<sup>3</sup> (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.

1.1.2) En déduire la quantité de matière puis le volume de méthanol liquide qu'il est nécessaire de craquer.

1.2) 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.

*Données :* \* *Volumé molaire dans les conditions normales de température et de pression :*

$$V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$$

\* *Méthanol*

*Formule brute : CH<sub>3</sub>OH*

*Température d'ébullition : 65°C*

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

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

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR - TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2003
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3	Page 1/5
		Option A : Traitements Thermiques	

**Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques**  
**Option A : Traitements Thermiques**

2) Potentiel carbone de l'atmosphère.

On fixe maintenant les paramètres du traitement :

Température : 930 °C

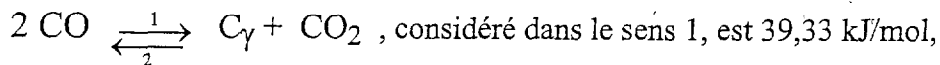
Pression totale dans le four : 1 bar

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

Un analyseur de gaz indique en outre que le pourcentage de CO<sub>2</sub> est 0,12 %.

2.1) Citer un type d'analyseur permettant de déterminer le pourcentage en CO<sub>2</sub> dans une atmosphère.

2.2) Sachant que l'enthalpie libre standard réactionnelle à 930 °C pour l'équilibre



calculer la valeur de la constante d'équilibre K.

2.3) En déduire la valeur de l'activité  $a_C$  du carbone dans l'austénite.

2.4) A partir de la relation d'Ellis

$$a_C = 1,07 \cdot \exp\left(\frac{4798,6}{T}\right) \cdot \frac{X}{100 - 19,6X} \quad (X \text{ en } \%)$$

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

3) 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 :

$$f = \frac{X}{X^*}$$

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

*X\* étant le pourcentage de carbone dans l'austénite alliée*

3.1) 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,

$$\text{Log}(f) = 0,055 \cdot (\text{Si}\%) - 0,013 \cdot (\text{Mn}\%) - 0,040 \cdot (\text{Cr}\%) + 0,014 \cdot (\text{Ni}\%) - 0,013 \cdot (\text{Mo}\%)$$

3.2) En déduire la teneur réelle X\* en carbone de l'austénite, en équilibre avec l'atmosphère.  
Conclusion.

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

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR - TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2003
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3 Option A : Traitements Thermiques		Page 2/5

**Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques**  
**Option A : Traitements Thermiques**

**Exercice 2 : Chauffage par induction**

*Remarque : Les parties 1 et 2 sont totalement indépendantes.*

1) 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)

1.1) 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.

1.2) On rappelle que l'intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde long est donnée par :

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

$n$  : nombre de spires par mètre.

$\mu_0$  : perméabilité magnétique du vide  $4\pi \cdot 10^{-7}$  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.

2) 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.

2.1) Exprimer le flux magnétique  $\Phi$  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  $\Phi_{\max}$ .

2.2) 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?

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR - TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2003
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3	Page 3/5
Option A : Traitements Thermiques			

**Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques**  
**Option A : Traitements Thermiques**

2.3) On démontre que l'intensité efficace du courant qui parcourt l'anneau métallique est :

$$I = \frac{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{\max}}{R}$$

f : fréquence du générateur

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.

2.4) En déduire la puissance  $P_J$  dissipée par effet Joule dans l'anneau métallique.

<b>BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR - TRAITEMENTS DES MATERIAUX</b>			
<b>Durée : 2 Heures</b>	<b>Coefficient : 2</b>	<b>Sciences Physiques et Chimiques</b>	<b>Session 2003</b>
<b>Code : TMPC A</b>	<b>Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3</b> <b>Option A : Traitements Thermiques</b>		<b>Page 4/5</b>

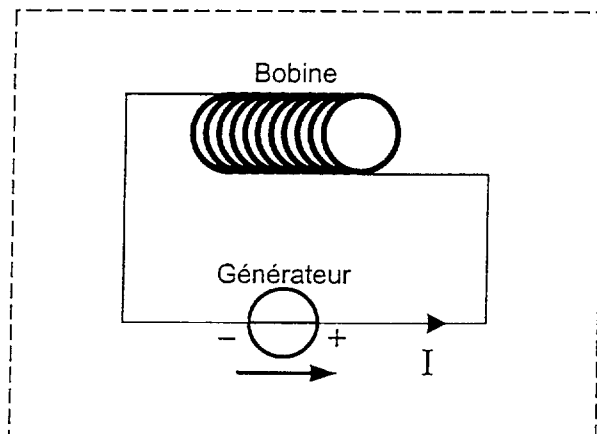


Figure 1

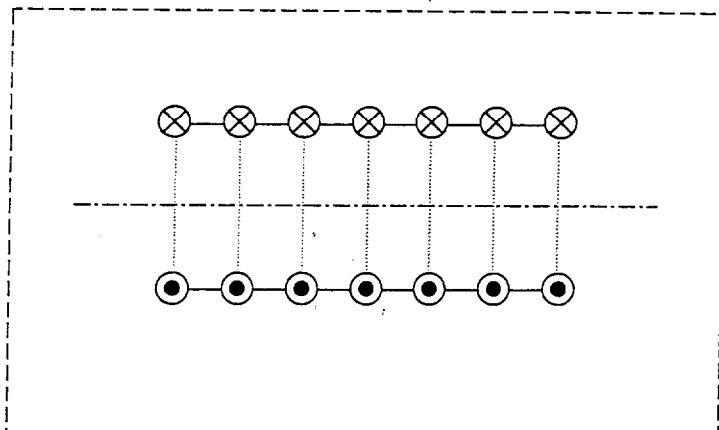


Figure 2 : Coupe de la bobine

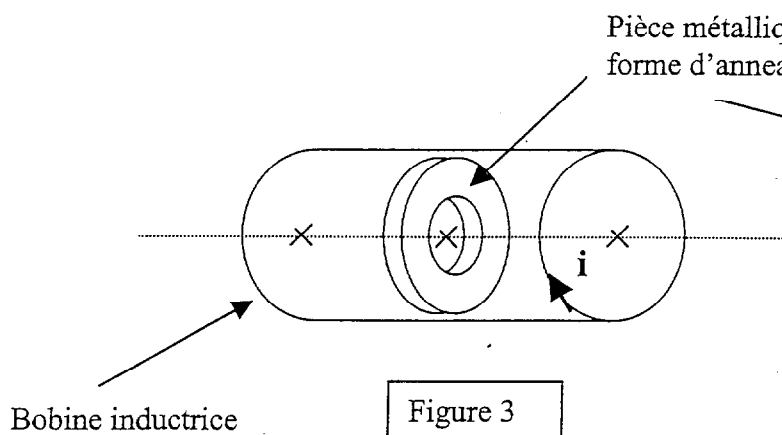


Figure 3

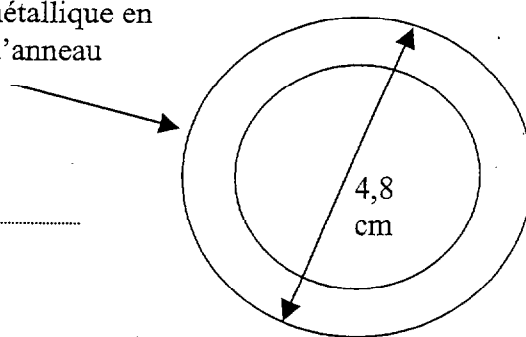


Figure 4

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR - TRAITEMENTS DES MATERIAUX			
Durée : 2 Heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2003
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3		Page 5/5
		Option A : Traitements Thermiques	