

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

**Problème n° 1 - Etude de la disponibilité en carbone d'une atmosphère de cémentation**

Pour obtenir des résultats homogènes et reproductibles lors des cémentations gazeuses, il est important que le potentiel carbone de l'atmosphère utilisée varie aussi peu que possible lors du traitement.

On étudie dans la deuxième partie de ce problème la disponibilité en carbone d'une atmosphère, grandeur qui permet de savoir si cette atmosphère est capable ou non de garder un potentiel carbone régulier lors des cémentations.

*Par définition : la disponibilité en carbone d'une atmosphère est la quantité de carbone (en g) que peut céder 1m<sup>3</sup> (CNTP) de cette atmosphère lorsque son potentiel carbone diminue de 1 à 0,9 %.*

**Données :**

Élément	C	O	H
Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	12	16	1

Le volume molaire des gaz dans les conditions normales de température et de pression (CNTP) est  $V_{\text{mol}} = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

La constante R des gaz parfaits a pour valeur :  $R=8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

**Première Partie**

Une atmosphère de cémentation contient les gaz CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>.

Les proportions en volume sont : 22,5 % de CO et 31,5 % de H<sub>2</sub>.

La pression totale est de 1 atmosphère, soit 1,013 bar, et la température de 920 °C.

L'un des principaux équilibres qui s'établissent dans l'atmosphère s'écrit :



Pour cet équilibre, on donne :  $\Delta_r G^\circ = 170\,700 - 174,5 T$  ( $\Delta_r G^\circ$  en J.mol<sup>-1</sup>)

La température T est en Kelvins

- 1.) Calculer la valeur de la constante K de cet équilibre dans les conditions indiquées.
- 2.) Calculer l'activité  $a_c$  du carbone dans un acier non allié en équilibre avec une atmosphère de potentiel carbone  $X = 0,9$ .  
On rappelle la relation d'Ellis-Gunnarson :

$$a_c = \frac{1,07 \cdot X \cdot e^{\frac{4798,6}{T}}}{100 - 19,6 X}$$

La température T est en Kelvins

- 3.a.) Exprimer la constante K en fonction des pressions partielles et de  $a_c$ .
- 3.b.) Déterminer la valeur de p(CO), puis en déduire la valeur de p(CO<sub>2</sub>) [en bar].
- 4.a.) Déterminer la quantité de matière totale de gaz dans 1,00 m<sup>3</sup> de l'atmosphère (mesurée dans les CNTP).
- 4.b.) En déduire la quantité de matière de CO<sub>2</sub> présente dans 1,00 m<sup>3</sup> de l'atmosphère, dans les CNTP.

BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2008
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3A Option A : Traitements Thermiques	Page 2 sur 5

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

Deuxième Partie

Par définition : la disponibilité en carbone d'une atmosphère est la quantité de carbone (en g) que peut céder 1 m<sup>3</sup> (CNTP) de cette atmosphère lorsque son potentiel carbone diminue de 1 à 0,9 %.

On admettra que, en raison des équilibres chimiques qui existent dans l'atmosphère, toutes les espèces qui apparaissent dans le tableau (1) ci-dessous et qui contiennent l'élément carbone sont susceptibles de cémenter ou de décarburer l'acier.

Le tableau ci-dessous donne la composition d'une atmosphère endothermique en fonction de son potentiel carbone à  $\theta = 920$  °C sous  $P = 1,013$  bar.

Les colonnes  $n(\text{CO})$ ,  $n(\text{CO}_2)$ , etc... donnent les nombres de moles des différents gaz présents dans 1 m<sup>3</sup> (mesuré dans les CNTP) de l'atmosphère considérée.

**Tableau (1)**

Potentiel carbone de l'atmosphère	$n(\text{CO})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{CH}_4)$	$n(\text{H}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$	$n(\text{N}_2)$
1,0	10,4344	0,0696	0,0527	13,8438	0,1263	20,116
0,9	10,4125	0,0795	0,0460	13,8147	0,1442	20,146

- 1.) Pour chaque colonne du tableau (1), calculer le nombre de moles du gaz qui **disparaissent** lorsque le potentiel carbone passe de **1,0 à 0,9** (remarque : ce nombre peut être négatif pour un gaz qui apparaît). Présenter les résultats dans un tableau.
- 2) On ne fera pas intervenir les équilibres chimiques, on admettra que chaque fois qu'il disparaît (respectivement : apparaît) 1 mole de gaz contenant un atome de C, 1 mole de C est transférée à l'acier (respectivement : retirée à l'acier).

En déduire le nombre total de moles de carbone que peut céder 1,00 m<sup>3</sup> (CNTP) de l'atmosphère lorsque son potentiel carbone diminue de 1 à 0,9 %.

- 3) Calculer la disponibilité en carbone  $\Delta_1$  (en grammes de C / m<sup>3</sup>) de cette atmosphère.

- 4) La disponibilité en carbone d'une atmosphère de méthanol craqué a pour valeur :

$$\Delta_2 = 0,873 \text{ g de C / m}^3$$

Si vous deviez choisir entre ces deux atmosphères (méthanol craqué, ou atmosphère endothermique) d'après leur disponibilité en carbone, laquelle choisiriez-vous ? Justifier votre choix.

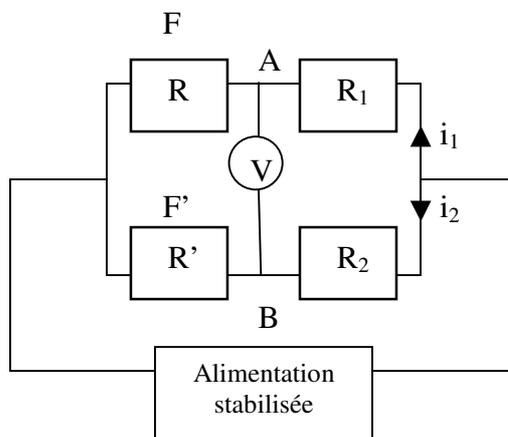
BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2008
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3A Option A : Traitements Thermiques	Page 3 sur 5

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

**Problème n° 2 - Fonctionnement d'un catharomètre**

La détection de la modification de la composition des gaz à la sortie d'une colonne de chromatographie se fait à l'aide d'un catharomètre.

Son schéma de principe est le suivant :



F et F' sont des filaments de platine, de diamètre calibré, de résistances respectives R et R'.  
 R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> sont deux résistances ohmiques.

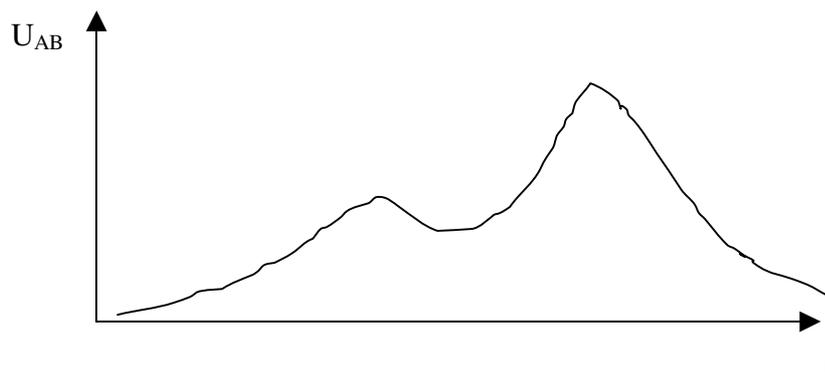
- 1.a.) Exprimer la relation qui doit exister entre R, R', R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> pour qu'on observe effectivement  $U_{AB} = 0$ , la démonstration n'est pas demandée.
- 1.b.) Le filament F' est un fil de platine cylindrique de diamètre  $D = 5,0 \times 10^{-5}$  m et de longueur  $L = 6,0 \times 10^{-2}$  m.  
  
 Calculer la résistance  $R_0'$  de ce filament à la température  $\theta_0$  pour laquelle la résistivité du platine vaut  $\rho_0 = 94 \times 10^{-9}$  Ω.m.  
  
 (On rappelle que la résistance d'un fil métallique s'écrit  $R = \rho L / s$ ) avec s, la section du fil.
- 2.) Lorsque la température du filament F' varie de  $\theta_0$  à  $\theta$ , sa résistance varie selon la loi  

$$R' = R_0' [1 + k(\theta - \theta_0)]$$
  - 2.a.) Quelle est l'unité du coefficient k dans le système international (SI) ?
  - 2.b.) Si la température du filament passe de  $\theta_0$  à  $(\theta_0 + 1)$  °C, de combien varie R' en valeur absolue ? on donne  $k = 39 \times 10^{-4}$  unités SI.
  - 2.c.) Si la température du filament passe de  $\theta_0$  à  $(\theta_0 + 1)$  °C, de combien varie R' en valeur relative ?
- 3.) Lors d'une chromatographie, la composition de l'atmosphère en sortie de colonne varie. Les échanges thermiques entre l'atmosphère et le filament F' sont modifiés, ce qui modifie la valeur de R'. On peut ainsi savoir qu'une substance arrive en fin de colonne.

BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2008
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3A Option A : Traitements Thermiques		Page 4 sur 5

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

- 3.a.) Quel nom porte, en sciences physiques, un montage électrique du type de celui qui est étudié ici ?
- 3.b.) Dans le cas de ce montage, quelle grandeur physique va-t-on vraisemblablement surveiller pour détecter l'apparition d'une substance en sortie de colonne ?
- 3.c.) On trouve, après injection d'une substance dans la colonne, que la tension  $U_{AB}$  a varié de la façon suivante en fonction du temps :



De combien de substances est constitué le mélange ?

BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2008
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3A Option A : Traitements Thermiques	Page 5 sur 5