

## I.E n°3 – TM2 2010-11

### Partie commune

#### Exercice n°1

Le diamant est formé par des atomes de carbone qui suivent le réseau cristallin cubique faces centrées dans lequel un site tétraédrique sur 2 est occupé.

1. Représenter une maille CFC.
2. Représenter un interstice tétraédrique dans  $1/8^{\text{ème}}$  de cube.
3. Déterminer le nombre d'atomes de carbone par maille.
4. Justifier que la relation entre le paramètre  $a$  de la maille et le rayon atomique  $R$  du carbone est  $R = a \frac{\sqrt{3}}{8}$ .
5. Justifier que la compacité du diamant est de 34 %.
6. Calculer la masse volumique du diamant sachant que le paramètre de la maille est  $a = 0,3566$  nm.

On donne :

- la masse molaire du carbone :  $M = 12 \text{ g.mol}^{-1}$
- le nombre d'Avogadro:  $N = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

#### Exercice n°2

On donne pour l'eau :

- sa chaleur massique  $c = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$
  - sa masse volumique  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
  - sa chaleur latente de vaporisation  $L_v = 40500 \text{ J.mol}^{-1}$
  - sa masse molaire  $M = 18 \text{ g.mol}^{-1}$
1. On verse 320 mL d'eau à 34 °C dans 200 mL d'eau à 21 °C. Quelle est la température du mélange en négligeant toute perte dans le calorimètre ?
  2. La même expérience conduit en fait à une température finale de 28 °C. Quelle est la valeur en eau  $\mu$  du calorimètre utilisé (masse d'eau équivalente au calorimètre) ?
  3. On chauffe 200 mL d'eau avec une résistance  $R = 40 \Omega$  parcourue par un courant d'intensité  $I = 5 \text{ A}$ . Quelle est la durée minimale nécessaire afin qu'elle soit entièrement portée à ébullition à partir de 20 °C ? On négligera les pertes de chaleur dans le calorimètre.

#### Exercice n°3

On considère la combustion complète du méthane  $\text{CH}_4$ .

1. Ecrire la réaction de combustion dans l'oxygène puis celle de combustion dans l'air. On considèrera que l'air est formé d'une molécule d'oxygène pour 3,76 molécules d'azote.
2. Calculer, en utilisant la loi de Hess, l'enthalpie standard de la réaction.

On donne les enthalpies de formation :

- pour le méthane :  $\Delta H^\circ_{298} = -75 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- pour le dioxyde de carbone :  $\Delta H^\circ_{298} = -394 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- pour l'eau :  $\Delta H^\circ_{298} = -286 \text{ kJ.mol}^{-1}$

3. Calculer la température de flamme adiabatique de la combustion dans l'air.

On donne la chaleur latente de vaporisation de l'eau à 100 °C :  $L_v = 40,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$   
et les chaleurs molaires :

	$C_p$ en $\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
eau liquide (0 à 100 °C)	75,5
vapeur d'eau	34
CO <sub>2</sub>	37
N <sub>2</sub>	27

On prendra  $T_{\text{ambiante}} = 25 \text{ °C}$

#### Exercice n°4

1. Déterminer le pH d'une solution d'acide chlorhydrique 0,05 mol.L<sup>-1</sup>.
2. Déterminer le pH d'une solution d'acide éthanöique 0,05 mol.L<sup>-1</sup>.  
On donne son  $pK_a = 4,75$ .
3. Donner une méthode afin d'obtenir une solution de pH = 4,75
4. Tracer l'allure de courbe de dosage conductimétrique d'une solution d'acide éthanöique par de la soude. Justifier son allure.

**Partie spécifique**

**Etude d'une cémentation d'après les sujets de BTS 1998, 2006 et 2009**

**1. L'atmosphère d'un four de traitement thermique**

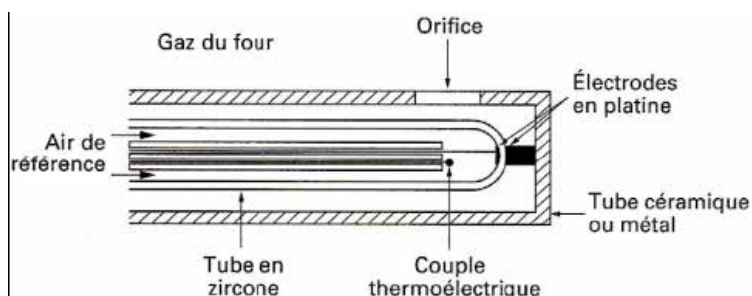
1. Citer et justifier trois gaz qui doivent être présents lors d'une cémentation gazeuse classique.
2. Citer et justifier deux gaz, dont la présence en abondance est très néfaste à haute température lors de la cémentation.
3. La technique de cémentation adoptée est basée sur le craquage du méthanol
  - a. Avant d'injecter le méthanol liquide, il faut purger le four avec du diazote, pourquoi ?
  - b. Le méthanol liquide à la température du traitement se craque pour donner du monoxyde de carbone et du dihydrogène. Donner l'équation de la réaction.
  - c. En réalité, il existe plusieurs réactions de décomposition du méthanol. En vous aidant de l'annexe, donner la température à partir de laquelle le méthanol peut être injecté pour obtenir le mélange CO et H<sub>2</sub>. Justifiez votre réponse.
4. On réalise une atmosphère de cémentation par craquage du méthanol. On donne le diagramme de Richardson du méthanol en annexe.

	Enthalpie de formation $\Delta H^{\circ}_f$ en kJ .mol <sup>-1</sup>	Entropie de formation $S^{\circ}_f$ en J.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
CH <sub>3</sub> OH	-201	240
CO	-110	198
H <sub>2</sub>	0	131

- a. Calculer l'enthalpie standard de réaction  $\Delta H^{\circ}_r$
- b. Calculer l'entropie standard de réaction  $\Delta S^{\circ}_r$
- c. Calculer l'enthalpie libre de réaction  $\Delta G^{\circ}_r$  à 900 °C.

**2. Suivi du potentiel carbone de l'atmosphère.**

1. Rappeler la définition du potentiel carbone d'une atmosphère.
2. On peut déduire le potentiel carbone en utilisant une sonde à oxygène. Donner le principe de fonctionnement de la sonde à oxygène en s'aidant éventuellement du schéma ci-dessous :



3. La différence de potentiel  $e$  aux bornes d'une sonde à oxygène est fonction de la température  $T$ , de la pression partielle en dioxygène dans le four  $P_{O_2 \text{ Four}}$  et de la pression de dioxygène dans l'air  $p_{O_2 \text{ Réf}} = 0,209 \text{ bar}$ . Elle est donnée par la relation :

$$e(\text{mV}) = 0,0215 \cdot T \cdot \ln \frac{P_{O_2 \text{ Réf}}}{P_{O_2 \text{ Four}}}$$

Cette question se propose de trouver la valeur du potentiel carbone de l'atmosphère à partir de la tension lue sur la sonde à oxygène.

- Donner l'expression de  $K_1$
- Donner l'expression de  $K_2$
- Donner l'expression de  $a_c$  en fonction de  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $p_{CO}$ ,  $p_{O_2 \text{ Four}}$
- Le traitement se fait à une température de  $930^\circ\text{C}$  et la tension lue sur la sonde à oxygène est  $e = 1141 \text{ mV}$ . Calculer  $p_{O_2 \text{ four}}$ .
- Enfin, en vous servant des réponses aux questions c) et d) calculer l'activité du carbone  $a_c$  puis en déduire le potentiel carbone  $X \%$  de l'atmosphère. On considérera que la pression totale est  $p = 1 \text{ bar}$  et que le pourcentage volumique en CO est de  $20\%$ .

**Données :**

$2 \text{ CO} = \text{C} + \text{CO}_2$  ayant pour constante de réaction  $K_1$

$\text{CO}_2 = \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$  ayant pour constante de réaction  $K_2$

$$\log \frac{1}{K_1 K_2} = \frac{5839}{T} + 4,581 \text{ avec } T \text{ en K}$$

$$a_c = 1,07 \frac{X\%}{100 - 19,5X\%} e^{4798,6/T} \text{ avec } T \text{ en K et } X\% \text{ représentant le}$$

potentiel carbone

**3. Profondeur de cémentation**

On mesure une profondeur de cémentation pour un barreau traité  $x = 1 \text{ mm}$  pour un maintien de  $4 \text{ h}$  à  $900^\circ\text{C}$ .

- Tracer l'allure de la courbe donnant la concentration en carbone dans l'acier en fonction de la profondeur dans la pièce. Donner une définition de la profondeur de cémentation.
- En utilisant la relation :  $\frac{x}{2\sqrt{Dt}} = Cte$  que l'on justifiera, calculer la profondeur de pénétration lorsque le maintien est  $8 \text{ h}$  à  $950^\circ\text{C}$ .

On donne le coefficient de diffusion  $D = D_0 e^{-\frac{\Delta H}{RT}}$

avec  $D_0$  constante,  $\Delta H = 133900 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $R = 8,32 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

DIAGRAMME DE RICHARDSON  
DU METHANOL

