

## BTS 2006

### Partie commune

#### Exercice n°1 : Réseau cristallin du fer $\alpha$

##### Données :

masses molaires atomiques :  $M_{\text{Fe}} = 55,85 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M_{\text{C}} = 12,00 \text{ g.mol}^{-1}$   
Rayon atomique du fer a:  $r_{\text{Fe}} = 0,1241 \text{ nm}$  ; rayon atomique du carbone :  $r_{\text{C}} = 0,077 \text{ nm}$   
Nombre d'Avogadro :  $N_{\text{A}} = 6,022.10^{23} \text{ mol}^{-1}$

1. Le fer a cristallise dans le système cubique centré. Représenter la maille du réseau. Déterminer le nombre d'atomes par maille.
2. Mettre en évidence en les soulignant les directions suivant lesquelles les atomes sont tangents. En déduire la valeur du paramètre "a" de la maille.
3. Préciser la nature et le nombre des différents sites interstitiels contenus dans la maille considérée.
4. Calculer le rayon atomique maximum R. d'un atome étranger pouvant se loger sans déformation dans un site octaédrique du fer a.  
Dans la réalité un atome de carbone peut s'insérer dans le réseau du fer  $\alpha$ . Pourquoi est-ce possible ?

#### Exercice n°2 : Etude de l'acier C70

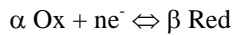
Sur la courbe TRC de l'acier C70 en annexe 1, on considère la loi de refroidissement conduisant à la dureté de 64HRC.

1. Après avoir subi ce refroidissement, quels sont les constituants présents à la température ambiante ?
2. La relation suivante indique la température  $M_s$  exprimée en degré Celsius à partir de la composition de l'austénite initiale.  $M_s = 531 - 391,2 (\%C) - 43,3 (\%Mn) - 16,2 (\%Cr) - 21,8 (\%Ni)$   
Déterminer  $M_s$  à partir de la relation précédente, puis à partir de la courbe TRC.

#### Exercice n°3 : Couple redox : application à l'étude d'une pile

(n. b. : la question 5 de cet exercice peut-être traitée indépendamment du reste)

##### Données :



$$\text{à } 25^\circ\text{C} : E_{\text{Ox/Red}}^0 = E_{\text{Ox/Red}}^0 + \frac{0,06}{n} \log \frac{[\text{Ox}]^\alpha}{[\text{Red}]^\beta} = -0,76 \text{ V}$$

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ V}, E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = 0,77 \text{ V}, E_{\text{MnO}_4^{2-}/\text{Mn}^{2+}}^0 = +1,51 \text{ V}$$

$$M_{\text{zn}} = 65,3 \text{ g.mol}^{-1}$$

1. Une lame de zinc plonge dans un volume  $v = 100 \text{ mL}$  de solution de sulfate de zinc de concentration  $C = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$ .
  - a. Donner la demi-équation électronique du couple étudié.
  - b. En utilisant la formule de Nernst exprimer le potentiel de ce couple dans les conditions de l'expérience. Calculer sa valeur numérique.
2. Un fil de platine plonge dans un volume  $v = 100 \text{ mL}$  d'une solution contenant des ions  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  de concentrations :  $[\text{Fe}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{Fe}^{3+}] = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - a. Donner la demi-équation électronique du couple étudié.
  - b. Exprimer le potentiel de ce couple dans les conditions de l'expérience. Calculer sa valeur numérique.
3. On constitue une pile en associant les deux électrodes précédentes
  - a. Faire un schéma de cette pile.
  - b. Écrire l'équation-bilan traduisant la réaction naturelle qui a lieu lorsque la pile débite, et calculer sa constante d'équilibre. Que peut-on en conclure ?
  - c. Préciser les signes des bornes de cette pile sur le schéma. Calculer sa f.é.m. au début du fonctionnement.
4. On fait débiter cette pile dans une résistance. A une date "t" on constate que la masse de l'électrode de zinc à diminué de  $2,0 \times 10^{-3} \text{ g}$ .  
En déduire les concentrations des ions  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  à la date "t".

5. On désire connaître avec précision la concentration  $C_1$  des ions  $\text{Fe}^{2+}$  de la solution contenue dans l'une des demi-piles à la date "t". Pour ce faire, on prélève avec précision un volume  $V_1 = 10 \text{ mL}$  de cette solution dans un bêcher,

on y ajoute 1 mL d'acide sulfurique à 30 %, puis on dose cette solution en versant progressivement une solution de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) de concentration  $C_2 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  à l'aide d'une burette graduée. Au début du dosage, la solution de permanganate versée dans le bêcher se décolore; elle cesse de se décolorer lorsqu'on a versé un volume  $V_{2E} = 10,6 \text{ mL}$  (point d'équivalence).

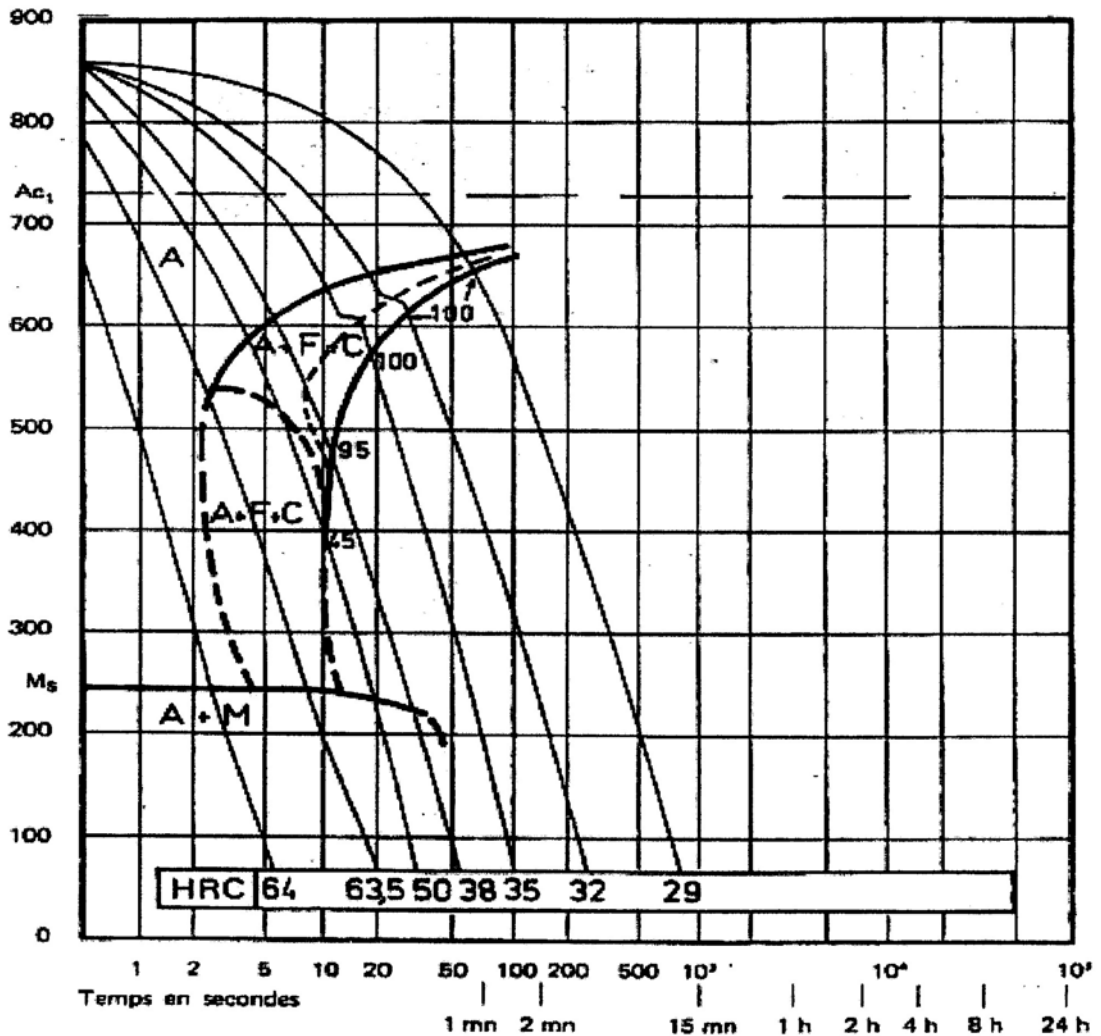
- Ecrire les demi-réactions et l'équation bilan de la réaction de ce dosage.
- Indiquer la relation à l'équivalence entre  $C_1$ ,  $V_1$ ,  $C_2$ , et  $V_{2E}$ , puis calculer la concentration  $C_1$ . Cette valeur est-elle en accord avec le résultat de la question 4 ?

## C 70

C %	Mn %	Si %	S %	P %
0,72	0,72	0,34	0,026	0,031

Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosseur du grain : 9-10



## Partie spécifique - BTS 2006

### Exercice n°1 : Etude d'une cémentation

Ce premier exercice concerne le fonctionnement d'un four de traitement thermique.

#### 1. L'atmosphère du four.

1. Citer trois gaz qui doivent être présents lors d'une cémentation gazeuse classique.
2. Citer 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 1 en page 5/6, 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.

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

1. Rappeler la définition du potentiel carbone d'une atmosphère.
2. Il existe plusieurs procédés pour le contrôle du potentiel carbone. Le choix s'oriente vers une sonde à oxygène. Citer un autre moyen permettant le contrôle du potentiel carbone de l'atmosphère.
3. On montre que la différence de potentiel  $e$  aux bornes de la 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  $P_{O_2 \text{ Réf}} = 0,209 \text{ bar}$ .

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

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.

#### Données :

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

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

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

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

- a. Donner l'expression de  $K_1$
- b. Donner l'expression de  $K_2$
- c. Donner l'expression de  $a_c$  en fonction de  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $p_{CO}$ ,  $p_{O_2 \text{ Four}}$
- d. 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  $p_{O_2 \text{ four}}$ .
- e. Enfin, en vous servant des réponses aux questions c) et d) calculer le potentiel carbone de l'atmosphère. On considérera que la pression totale est  $P = 1 \text{ bar}$  et que le pourcentage volumique en CO est de 20%.

### Exercice n°2 : Chauffage par induction

On rappelle que la perméabilité magnétique absolue du vide vaut :  $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Donnée : Expression de la profondeur de pénétration ou épaisseur de peau  $p = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu_r \mu_0 f}}$

avec:  $p$  : résistivité de l'acier,  
 $\mu_r$  : perméabilité magnétique relative de l'acier  
et  $f$  : fréquence des courants induits.

Soit une pièce d'acier courant dont la saturation magnétique a lieu pour une excitation magnétique de valeur  $H = 1,0 \times 10^5 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Entre la température ambiante et  $600^\circ\text{C}$ , la valeur de  $\mu_r$  pour cet acier est  $\mu_r = 15$ .

1. Vérifier qu'entre la température ambiante et  $600^\circ\text{C}$  la valeur numérique du champ magnétique à

saturation  $B_s$  est voisine de celle que l'on peut déterminer à partir du diagramme ( figure A, annexe 2 page 6).

On étudie le cas où la température  $T$  de la zone pelliculaire reste inférieure à  $769^\circ\text{C}$ . On n'a donc pas dépassé une température remarquable pour un acier. Quel est le nom donné à cette température?

3. a. Montrer qu'entre la température ambiante et  $600^\circ\text{C}$ , la profondeur de pénétration  $p$  est de la forme:

$$p = C \sqrt{\frac{\rho}{f}}, \quad C \text{ étant une constante proche de } 130.$$

b. En utilisant les informations de la figure A, calculer la profondeur de pénétration à  $400^\circ\text{C}$  et pour une fréquence  $f = 4,0 \text{ kHz}$ .

c. On donne dans le tableau B (annexe 1 page 6/6) la profondeur de pénétration à  $600^\circ\text{C}$  et pour une fréquence  $f = 1,0 \text{ kHz}$ . En déduire la valeur de  $p$  à la même température et à la fréquence  $4,0 \text{ kHz}$ .

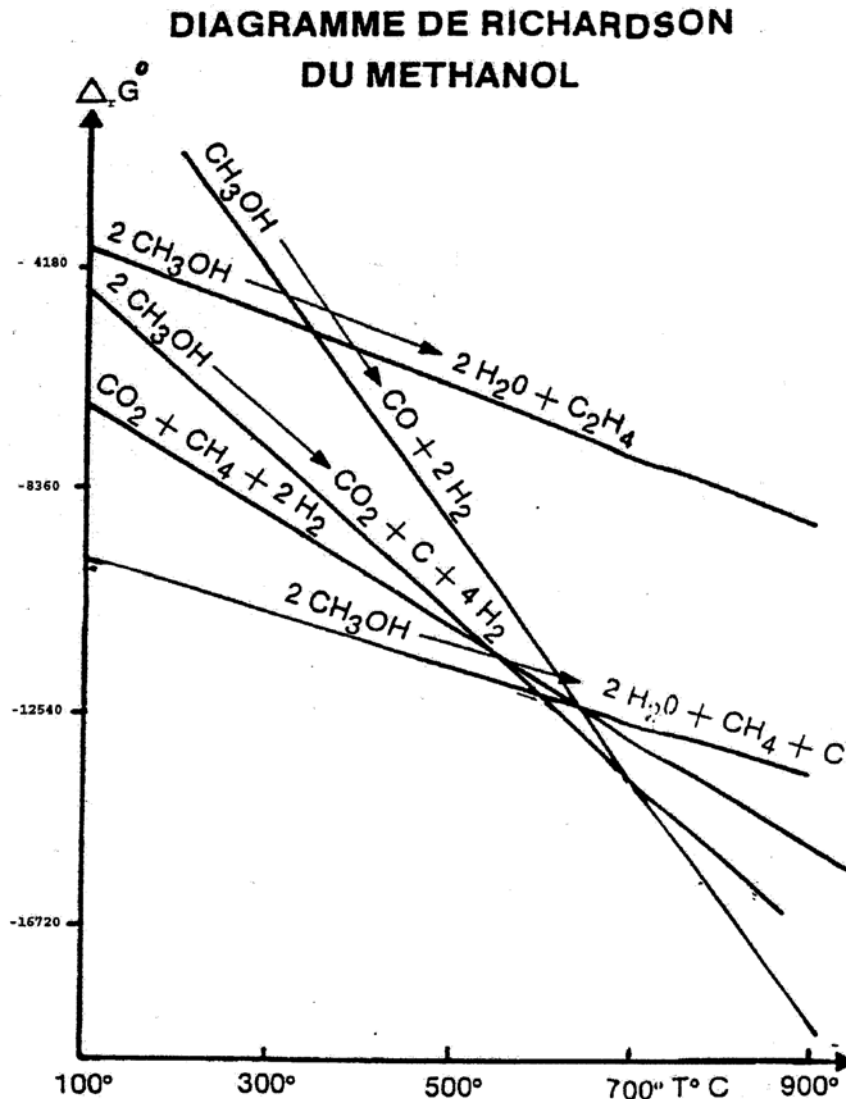
4. On étudie maintenant le cas où  $T > 769^\circ\text{C}$ . Quelle est la valeur de  $\mu_r$  ?

a. Justifier par le calcul la valeur de  $p$  lue dans le tableau à la température de  $800^\circ\text{C}$  et pour une fréquence  $f = 1,0 \text{ kHz}$ .

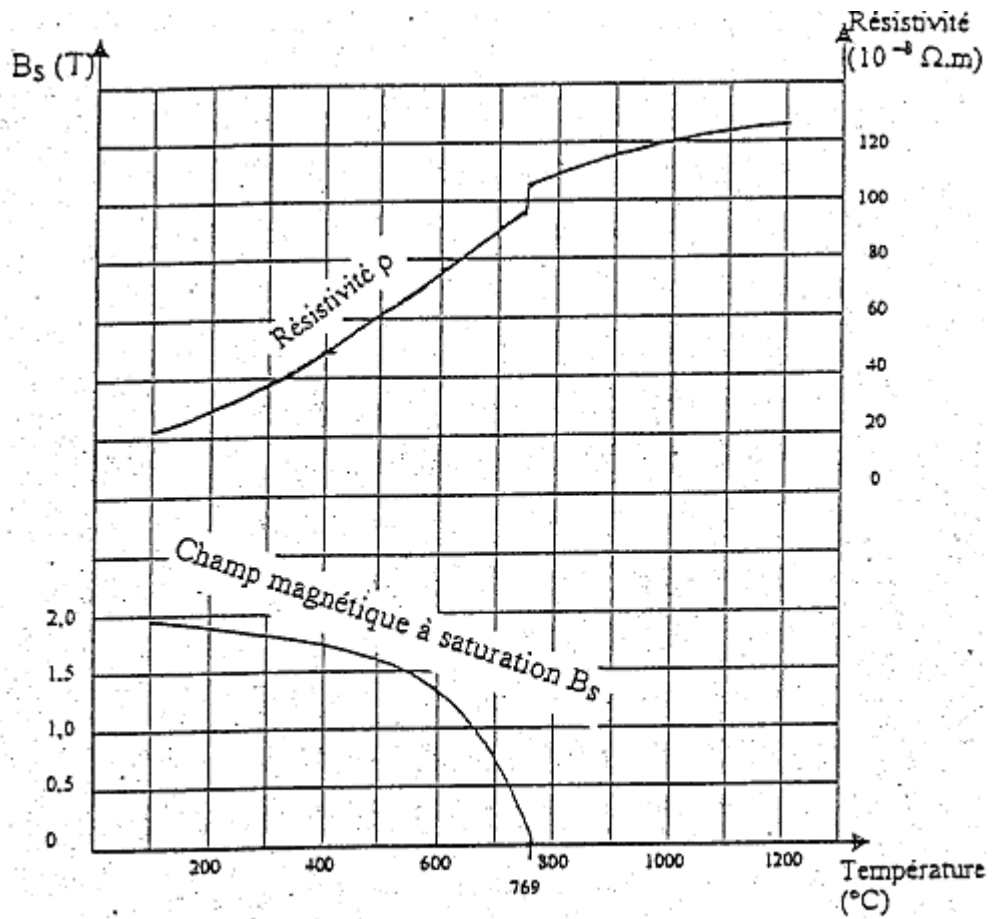
b. Compléter le tableau B en calculant les valeurs de  $p$  à  $800^\circ\text{C}$  et  $4,0 \text{ kHz}$ , puis à  $1000^\circ\text{C}$  et  $4,0 \text{ kHz}$ .

### Annexe 1

#### Diagramme de Richardson du méthanol



### Evolution des paramètres physiques d'un acier courant



T en °C	400		600		800		1000	
f en kHz	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0	1,0	4,0
p en mm	2,9		3,6		16,7		17,4	