

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET PHYSIQUES ET CHIMIQUES
SOUS-EPREUVE SPECIFIQUE A CHAQUE OPTION

OPTION A : TRAITEMENTS THERMIQUES

- U4.3A -

DURÉE : 2 HEURES

COEFFICIENT : 2

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

Documents à rendre avec la copie : - Annexe 1 (page 5/5)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1 à 5.

Code Sujet : TMPC A

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

1^{ère} PARTIE

1. On désire cémenter un acier non allié dont la teneur massique en carbone est égale à 0,200 %.
On la notera X_o .
Montrer que sa concentration massique en carbone peut être prise égale à $1,57 \times 10^{-2} \text{ g.cm}^{-3}$. On la notera C_o .

Donnée :

Masse volumique de l'acier : $\rho = 7860 \text{ kg.m}^{-3}$.

2. Au cours du traitement de carburation on maintient la teneur massique superficielle en carbone à 0,900 % à la température de 920°C pendant 6 heures.
Calculer la concentration massique superficielle C_f en g.cm^{-3} . Retrouver cette valeur sur la courbe jointe en annexe.
3. Montrer que le coefficient de diffusion D du carbone dans l'austénite à 920 °C peut être pris égal à $1,27 \times 10^{-7} \text{ cm}^2.\text{s}^{-1}$.

Données :

Enthalpie de diffusion du carbone dans l'austénite : $\Delta_D H^\circ = 141,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

Facteur de fréquence $D_o = 0,200 \text{ cm}^2.\text{s}^{-1}$.

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

- 4.1. Etude de la courbe de pénétration du carbone au bout d'une durée de diffusion $t = 6$ heures (Voir annexe).

La densité de flux de carbone est à chaque instant donné par la première loi de Fick :

$$J = -D \cdot \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right)_t$$

où C est la concentration massique en carbone et x la profondeur de diffusion.

Tracer la tangente à la courbe en $x = 0$ et déterminer sa pente :

$$\frac{\partial C}{\partial x}$$

en g.cm^{-4} .

En déduire la densité de flux J du carbone à la surface de l'acier au bout de 6 heures (on précisera l'unité).

4.2. Vérification

A partir des lois de Fick, on montre que la densité de flux de carbone à la surface de l'acier est donnée par la relation :

$$J = \frac{(C_f - C_o) \sqrt{D}}{\sqrt{\pi} \sqrt{t}}$$

Calculer sa valeur au bout des 6 heures de traitement.

BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2004
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3 Option A : Traitements Thermiques	Page 2 sur 5

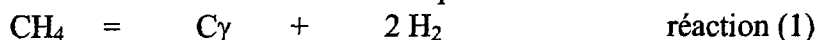
Sous-épreuve spécifique à chaque option : Sciences Physiques et Chimiques
Option A : Traitements Thermiques

5. La masse m de carbone ayant pénétré dans une pièce donnée au bout d'un temps t est la suivante :

	m
$t_1 = 3$ heures	$m_1 = 11,5$ g
$t_2 = 6$ heures	$m_2 = 16,3$ g

Pourquoi m_2 est-il inférieur à $2m_1$ alors que $t_2 = 2t_1$?

6. Au cours du traitement on fait constamment évoluer l'équilibre de la réaction de carburation :



de façon à favoriser la réaction (1) avec un rendement proche de 100%.

Lors du traitement d'une pièce donnée, on calcule que la masse de carbone ayant diffusé dans la pièce au bout de 6 heures est de 16,28 grammes. Exprimer la quantité de carbone en mol ayant diffusé au cours des 6 heures de traitement à travers l'interface acier-atmosphère.

Calculer le volume de méthane pris dans les conditions normales de pression et de température qu'il a été nécessaire d'utiliser pour carburer la pièce d'acier.

Données :

Volume molaire normal : $V_0 = 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$. $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2ème PARTIE

On veut cémenter par le méthane CH_4 une pièce en acier non allié. Le but de cette partie est de déterminer le rendement de la carburation.

La réaction s'écrit : $\text{CH}_4 = \text{C}_\gamma + 2 \text{H}_2$ réaction (1)

On admettra que seule cette réaction intervient par la suite.

1. L'enthalpie libre standard de la réaction (1) s'exprime en fonction de la température absolue T par :

$$\Delta_r G^\circ = 89\,980 - 109,4 \cdot T \quad (\text{Exprimée en } \text{J} \cdot \text{mol}^{-1})$$

Donner la valeur de la constante d'équilibre K de la réaction (1) à $920 \text{ }^\circ\text{C}$. (On donne $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

2. Le potentiel carbone X de l'atmosphère utilisée est $X = 0,9$.
Calculer l'activité a_c du carbone dans la zone superficielle de l'acier en équilibre avec l'atmosphère.

On rappelle la relation de Ellis-Gunnarson pour une teneur massique en carbone égale à X :

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

3. La composition de l'atmosphère est telle que $p(\text{CH}_4) + p(\text{H}_2) = 0,4 \text{ bar}$.

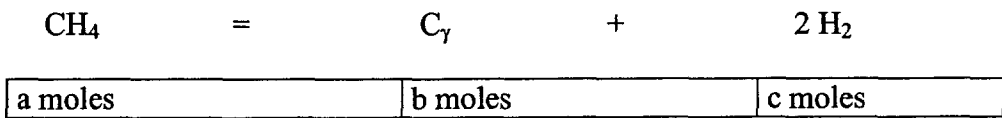
BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2004
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3 Option A : Traitements Thermiques		Page 3 sur 5

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

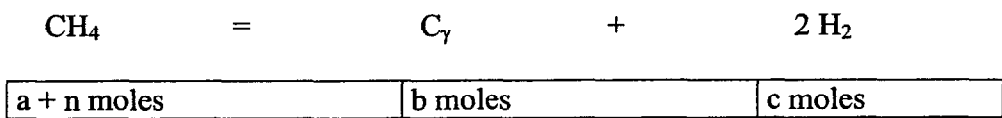
Cette relation reste vraie, quelles que soient les réactions qui ont lieu dans le milieu de cémentation.

On pose :
$$\beta = \frac{p(H_2)}{p(CH_4)}$$

- a) Donner l'expression de K en fonction des pressions partielles et de a_c .
 - b) Exprimer $p(H_2)$ et $p(CH_4)$ en fonction de β .
 - c) En déduire l'expression de K en fonction de β et de a_c .
 - d) Montrer que $\beta \cong 229$.
4. Initialement, la pièce à cémenter se trouve en équilibre avec l'atmosphère.
 On suppose que les nombres de moles des différents corps en présence sont alors :

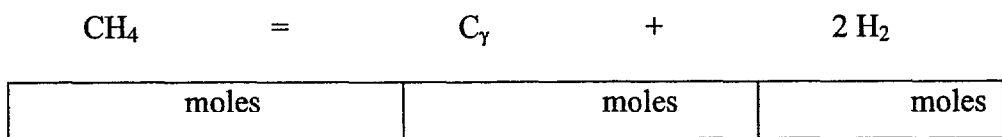


On ajoute n moles de méthane. Le système à cet instant peut se représenter par :



L'ajout du méthane ayant perturbé l'équilibre initial, le système évolue vers un nouvel état d'équilibre caractérisé par la formation de x moles supplémentaires de C_γ .

- a) Recopier les deux lignes ci-dessous en remplissant les trois cases du tableau :



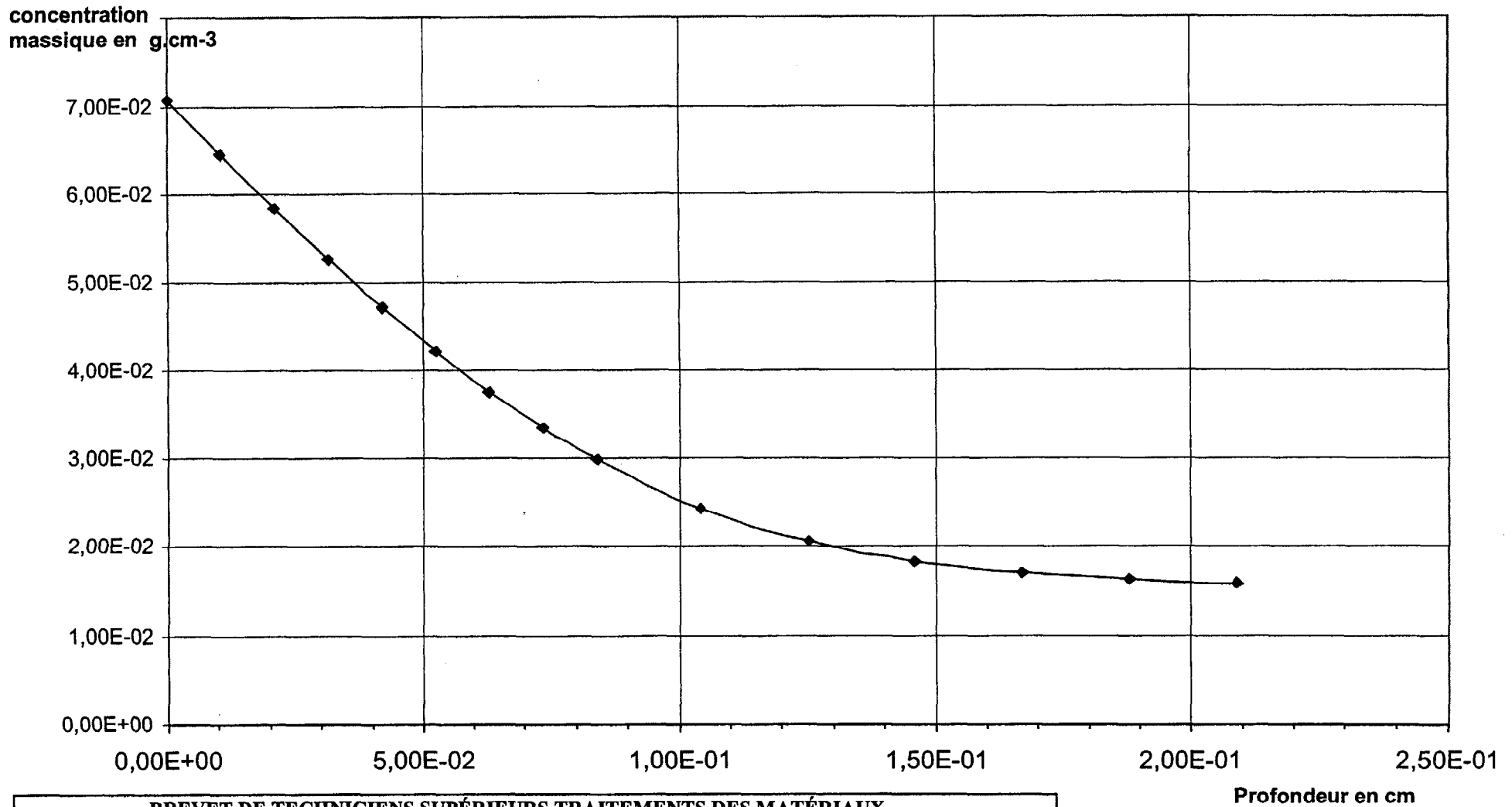
- b) Sachant que la valeur de β est conservée à chaque état d'équilibre, exprimer la relation entre x et n.

En déduire le rendement de la réaction :
$$\eta = \frac{x}{n}$$

BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2004
Code : TMPC A	Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3 Option A : Traitements Thermiques		Page 4 sur 5

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

Annexe : Courbe de pénétration du carbone $C = f(x)$



BREVET DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX			
Durée : 2 heures	Coefficient : 2	Sciences Physiques et Chimiques	Session 2004
Code : TMPC A		Sous-épreuve spécifique à chaque option - U4.3 Option A : Traitements Thermiques	Page 5 sur 5