Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

Le VIDE et son utilisation en traitement des matériaux

L'utilisation du vide s'est fortement répandue dans les traitements des matériaux ces dernières années. Ce sujet aborde différents aspects de son utilisation.

Les deux parties sont strictement indépendantes et bon nombre de questions également.

Partie A : Quelques généralités sur le vide.

1. Citer deux catégories (classes) de vide.

2. L'unité de pression la plus utilisée en traitements des matériaux sous vide est le millibar (mbar). Rappeler quelle est l'unité légale de pression puis indiquer la correspondance entre le mbar et l'unité SI.

3. Citer deux catégories de pompes à vide.

4. Indiquer quel type de jauge est utilisée pour mesurer l'une des deux catégorie de vide.

Partie B : Quelques éléments de comparaison cémentation gazeuse traditionnelle / cémentation basse pression (appelée aussi cémentation sous vide)

1. La cémentation gazeuse "traditionnelle".

   1.1. Donner la composition qualitative du gaz porteur en cémentation gazeuse "traditionnelle".

   1.2. Rappeler la définition exacte du potentiel carbone d'une atmosphère.

   1.3. Quel est l'effet d'une addition de méthane (ou d'un autre gaz carburant) sur le potentiel carbone d'une atmosphère ?

   1.4. Citer deux méthodes de mesure du potentiel carbone. Expliquez en quelques lignes le principe d'une méthode de mesure du potentiel carbone de votre choix.

2. Réactions en jeu lors de la cémentation sous basse pression.

Dans un four sous vide chauffé à la température de cémentation, on introduit un hydrocarbure gazeux : par exemple du propane.

Si la pression dans le four est suffisamment basse, ce gaz va se décomposer par effet catalytique au contact de la pièce métallique en dihydrogène H_2 et en carbone. Ce carbone va enrichir la surface de la pièce et ensuite diffuser plus en profondeur dans la pièce.

Pour répondre aux questions ci-dessous, on se placera dans l'hypothèse que l'équilibre thermodynamique est atteint. Les résultats qualitatifs qu'on peut tirer de cette étude sont tout à fait valables.

2.1. Ecrire le bilan de la réaction de craquage du propane C_3H_8 en dihydrogène H_2 et en carbone.

2.2. En utilisant les données thermodynamiques jointes, calculer la variation d'enthalpie standard de la réaction $\Delta_rH°$ associé à cette réaction. Conclure sur la nature endothermique ou exothermique de la réaction.

2.3. En déduire qualitativement le sens de déplacement de l'équilibre si on augmente la température du four.

2.4. Déterminer la variation d'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_rG°$ à 950°C. On négligera l'influence de la température sur les variations d'enthalpie et d'entropie (Hypothèses d'Ellingham).

2.5. En déduire la valeur de la constante d'équilibre à cette même température. La réaction peut elle être considérée comme totale (quantitative)?

2.6. En vous basant sur le principe de modération (loi de Le Châtelier), expliquez en quoi une baisse de la pression dans l'enceinte du four est favorable au craquage du propane.

Données thermodynamiques (à 25°C):

	Etat	*$\Delta_fH°$ ($kJ.mol^{-1}$)*	*$S_f°$ ($J.mol^{-1}.K^{-1}$)*
C	*s (graphite)*	*0*	*5,69*
H_2	*g*	*0*	*130,59*
C_3H_8	*g*	*-103,85*	*262,9*

Avec R=8,314 u SI

3. Influence de la température sur le phénomène de diffusion du carbone.

En cémentation sous basse pression, les températures de traitements sont généralement plus élevées qu'en cémentation sous atmosphère.

3.1. Comparer la valeur du coefficient de diffusion du carbone dans le fer γ pour une température de 890°C (cas d'une cémentation sous atmosphère) et celle pour une température de 950°C (cas d'une cémentation sous basse pression).

On rappelle que le coefficient de diffusion D varie avec la température suivant une loi de type ARRHENIUS

$D = D_0.e^{-\frac{\Delta_D H}{R.T}}$ avec pour le cas du carbone

$D_0 \approx 10^{-5}\ m^2.s^{-1}$

$\Delta_D H$: variation d'enthalpie de diffusion = 134 $kJ.mol^{-1}$.

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

3.2. Que peut on en déduire dès à présent concernant la durée de la phase de diffusion en cémentation basse pression par rapport à celle en cémentation gazeuse "traditionnelle".

4. Influence du gradient de concentration sur le phénomène de diffusion du carbone.

4.1. On rappelle que la 1ère loi de FICK s'écrit : $J = -D.(\frac{dC}{dx})$. dans le cas d'une diffusion monodirectionnelle

A quoi correspondent les différentes termes de la formule ci dessus? Que traduit concrètement cette loi?

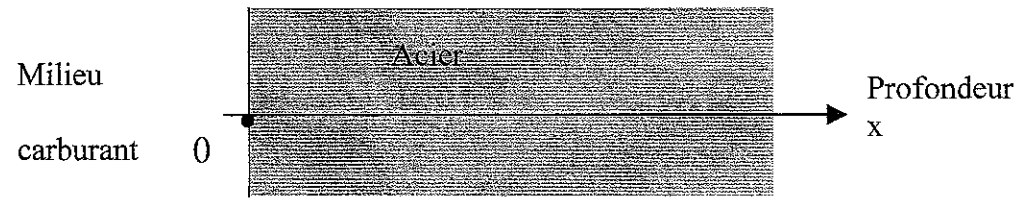
4.2. En cémentation sous basse pression, le flux de carbone de l'atmosphère vers la surface de la pièce est sensiblement plus important qu'en cémentation sous atmosphère. De ce fait, on arrive à des concentrations en carbone dans la zone superficielle bien plus importantes en cémentation basse pression qu'en cémentation gazeuse "traditionnelle".

Que peut-on en déduire sur la quantité de carbone ayant diffusée en profondeur pendant une durée donnée en cémentation basse pression par rapport à la cémentation gazeuse traditionnelle ?

5. Calcul de la durée nécessaire pour obtenir une profondeur de cémentation donnée en cémentation gazeuse traditionnelle.

Considérons une pièce en acier dont la concentration massique initiale en carbone est de 0,15%. On veut la cémenter de manière à avoir une profondeur conventionnelle x_c égale à 0,6 mm.

On estimera que la profondeur conventionnelle correspond à la profondeur à laquelle la concentration massique en carbone est égale à 0,35%.



La température du traitement est de 930°C.

On soumet la pièce à une carburation dans une atmosphère de potentiel carbone égale à 0,85%.
L'évolution de la concentration massique en carbone en fonction de la profondeur x et de la durée t est donnée par la loi :

$$C(x,t) = C_S + (C_0 - C_S).\text{erf}(u)$$

où u est la variable de CAUCHY : $u = \dfrac{x}{2.\sqrt{D.t}}$

C_S : concentration massique en surface
C_0 : concentration massique à coeur
D : coefficient de diffusion.
t : durée de diffusion

Quelle est la valeur de C_S?
Calculer erf(u) pour C = 0,35% .
Pour cette valeur de erf(u), on trouve u = 0,754
En déduire la durée t nécessaire pour obtenir une profondeur conventionnelle de cémentation égale à 0,6 mm.
Donnée : D(930°C) = 1,52x. 10^{-11} $m^2.s^{-1}$

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.