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

Exercice 1 : Stabilité du nitrure de fer γ' et nitruration gazeuse

On veut étudier la stabilité du nitrure Fe_4N, noté habituellement γ'.
Pour cela, on considère sa réaction de dissociation à savoir :

$$2\,Fe_4N = 8\,Fe + N_{2\,(g)} \quad (1)$$

et on raisonne en termes de déplacement d'équilibre.

La pression de diazote qui correspond à l'équilibre entre le fer et son nitrure sera notée : $P_{N_2\,éq}$.
On l'appelle parfois "pression de dissociation du nitrure".

Dans tout l'exercice, on ne tiendra pas compte des éventuels effets de la cinétique chimique.

Données :

- Enthalpies standard de formation à 298 K:

Constituants	Fe_α	N_2	Fe_4N
$\Delta_fH°$ (kJ.mol^{-1})	0	0	-10,9

- Constante d'équilibre de la réaction (1) à 25°C : $K_1 = 11$

Les parties sont totalement indépendantes les unes des autres.

1) Etude à 25°C

1.1) Exprimer la constante d'équilibre K_1 de cette réaction en fonction des activités des différentes espèces chimiques puis dans un deuxième temps en fonction de la pression partielle en diazote à l'équilibre.

1.2) Donner alors la valeur de la pression en diazote à l'équilibre $P_{N_2\,éq}$.

1.3) Justifier l'affirmation suivante: "Lorsque le nitrure de fer est en contact avec un mélange gazeux dont la pression partielle de diazote est inférieure à la pression partielle à l'équilibre $P_{N_2\,éq}$, il se dissocie en Fer (Fe) et diazote (N2)".

1.4) Conclure sur la stabilité du nitrure à température ambiante (25°C) et sous pression atmosphérique usuelle. On rappelle que l'air est composé d'environ 78% de diazote.

2) Influence de la température sur la stabilité du nitrure.

2.1) Calculer la valeur de l'enthalpie standard de la réaction (1) pour la dissociation du nitrure Fe_4N.

2.2) La réaction de dissociation du nitrure est-elle endothermique ou exothermique ?

2.3) En déduire le sens de déplacement de l'équilibre puis l'influence sur la stabilité du nitrure si on augmente la température du système.

3) Nitruration gazeuse :

Aux températures de nitruration (520-580°C), la pression de diazote qui correspond à l'équilibre entre le fer et son nitrure γ' dépasse 1000 bar. Il est donc impossible d'obtenir ce nitrure en faisant réagir le fer et le diazote à pression atmosphérique. Pour nitrurer le fer à cette pression, on utilise de l'ammoniac NH_3

3.1) On rappelle que l'ammoniac n'est pas stable aux températures de nitruration.
A la température T, sous une pression P, l'ammoniac se dissocie en diazote et dihydrogène suivant une réaction endothermique qui aboutit à un équilibre chimique.

$$2\,NH_3 = N_2 + 3\,H_2 \qquad (2)$$

3.1.1) Soit $2n_o$ la quantité d'ammoniac à l'état initial. Soit x l'avancement de la réaction. Proposer un tableau qui décrit l'évolution de la réaction.

3.1.2) Rappeler la définition du taux de dissociation α de l'ammoniac.
Exprimer α en fonction de x et n_o.

3.1.3) Montrer que la constante d'équilibre pour cette réaction est donnée en fonction de α et de la pression totale P par :

$$K_2 = \frac{27\,\alpha^4}{16\,(1-\alpha)^2\,(1+\alpha)^2}\,P^2$$

3.1.4) Déterminer le taux de dissociation de l'ammoniac sous une pression P =1,0 bar, à la température de 520°C.
On donne : $K_2(520°C) = 2{,}00 \times 10^4$
Les candidats qui n'ont pas de calculatrice permettant la résolution de ce type d'équation, résoudront l'équation après avoir effectué les approximations suivantes :

$$(1+\alpha)^2 \approx 4 \qquad \text{et} \qquad \alpha^4 \approx 1$$

Conclusion.

3.2) Ecrire l'équation de nitruration qui a lieu au contact de la pièce.

Exercice 2 : Transferts thermiques dans une barre métallique

Les deux parties sont indépendantes

Première partie

Les lois de Fourier permettent de déterminer la répartition des températures dans une tige cylindrique dont une extrémité est chauffée. La résolution des équations conduit dans le cas d'une tige de grande longueur et quand le régime stationnaire est atteint à :

$$T - T_a = (T_0 - T_a)\, e^{(-kx)} \quad \text{avec} \quad k = \sqrt{\frac{2h}{\lambda r}}$$

T : température à la distance x de l'extrémité chauffée.
T_0 : température en x = 0.
T_a = 20 °C : température ambiante.
λ : conductivité thermique du métal.
h : coefficient d'échange convecto-radiatif entre la tige et l'air ambiant.
r = 1,0 cm : rayon de la tige.

Une étude expérimentale a permis de relever les couples de valeurs figurant dans le tableau ci-dessous :

x en cm	10	20	30	40	50	60	70
T en °C	127	84,2	58,3	42,9	33,7	28,2	24,9

1) Représenter graphiquement ln $(T-T_a)$ en fonction de x. Les unités à utiliser sont celles du S.I.

2) Déduire du graphique, ou par une analyse de régression linéaire :

2.1) k en m^{-1}.

2.2) T_0 en °C.

3) Calculer h si $\lambda = 376\ W.m^{-1}.K^{-1}$. Préciser l'unité S.I. de h.

Seconde partie :

Une tige cylindrique du même métal que ci-dessus, de rayon r = 1,0 cm et de longueur utile L = 0,50 m est entourée d'un manchon isolant de telle sorte que les échanges thermiques soient uniquement conductifs. Une extrémité de la tige est maintenue à la température de 200 °C tandis que l'autre extrémité plonge dans de la glace fondante à 0 °C.

1) L'équation de la chaleur en conduction unidirectionnelle dans le cas considéré, est :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Dans cette équation T représente la température comme fonction du temps t et de l'abscisse x ; a désigne la diffusivité du métal.
Quelle forme simple prend cette équation si l'on se place dans le cas d'un régime stationnaire (c'est à dire quand la température ne dépend plus du temps) ?

Dans la suite de l'exercice, on se placera dans le cas du régime stationnaire.

2) Montrer, à la suite d'intégrations, que la température en un point d'abscisse x, est de la forme :

$$T = A.x + B.$$

où A et B sont des constantes

(l'axe des x est parallèle à la tige, orienté vers les températures décroissantes et son origine correspond à la température de 200 °C).
Déterminer les valeurs numériques des constantes A et B.

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.