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

Corrigé du sujet d'examen - E4 - Sciences et techniques industrielles - BTS TM (Traitements des Matériaux) - Session 2012

1. Contexte du sujet

Ce sujet d'examen porte sur le traitement thermochimique d'un acier non allié par cémentation gazeuse. Les étudiants doivent démontrer leur compréhension des principes thermodynamiques, de diffusion et de contrôle des atmosphères dans le cadre des traitements des matériaux.

2. Correction des questions

Partie 1 - Préliminaire

1.1. Contrôle de l’homogénéité de la température

Question : Quel(s) moyen(s) peut-on mettre en œuvre dans l’atelier pour contrôler l’homogénéité de la température dans le four de cémentation ?

Raisonnement attendu : Les étudiants doivent mentionner des méthodes de mesure de température.

Réponse modèle : On peut utiliser des thermocouples placés à différents endroits du four pour mesurer la température et s'assurer qu'elle est homogène. De plus, un enregistreur de température peut être utilisé pour suivre les variations au cours du temps.

1.2. Autre méthode de cémentation

Question : Citer une autre méthode permettant de cémenter un acier.

Raisonnement attendu : Les étudiants peuvent citer des méthodes alternatives de cémentation.

Réponse modèle : Une autre méthode de cémentation est la cémentation liquide, où l'acier est immergé dans un bain de sels fondus contenant du carbone.

Partie 2 - Choix du gaz carburant

2.1. Gaz n°1 : CO

2.1.1. Production d'atmosphère de CO

Question : Proposer un moyen de produire une atmosphère contenant du monoxyde de carbone.

Réponse modèle : On peut produire du monoxyde de carbone par la combustion incomplète de combustibles fossiles comme le gaz naturel ou le charbon.

2.1.2. Calcul de la constante d’équilibre K1

Question : Calculer, à la température de traitement (Θ = 950°C), la constante d’équilibre de la réaction (1).

Raisonnement attendu : Utiliser la formule donnée pour K1.

Réponse modèle :

On commence par convertir la température : T = 950 + 273,15 = 1223,15 K.

Ensuite, on remplace T dans l'expression de K1 :

K1(1223,15) = e^(20598/(1223,15) - 21,1062) = e^(16,88) ≈ 193,56.

2.2. Gaz n°2 : CH4

Question : Calculer à 950°C la constante d'équilibre K2 de la réaction (2).

Raisonnement attendu : Utiliser la relation de l'enthalpie libre standard.

Réponse modèle :

Δr G °2 (T) = 89980 - 109,4 * 950 = 89980 - 103930 = -13950 J/mol.

On utilise la relation K2 = e^(-Δr G °2 / RT) :

K2 = e^(13950 / (8,314 * 1223,15)) ≈ e^(1,44) ≈ 4,22.

2.3. Gaz n°3 : C3H8

2.3.1. Équation de la réaction

Question : Écrire l'équation de la réaction traduisant la transformation du propane.

Réponse modèle : C3H8(g) = 3C(s) + 4H2(g).

2.3.2. Calcul de l'enthalpie standard de réaction ΔrH°3

Question : Calculer l'enthalpie standard de réaction ΔrH°3.

Raisonnement attendu : Utiliser les données fournies.

Réponse modèle :

ΔrH°3 = ΔfH°(C3H8) - 3*ΔfH°(C) - 4*ΔfH°(H2) = -103,85 - 0 - 0 = -103,85 kJ/mol.

2.3.3. Influence de la température et de la pression

Question : La décomposition du propane sera-t-elle favorisée si la température augmente ? Justifier.

Réponse modèle : Oui, la décomposition sera favorisée par une augmentation de la température selon le principe de Le Chatelier, car la réaction est endothermique.

Question : La décomposition sera-t-elle favorisée si la pression augmente ? Justifier.

Réponse modèle : Non, la décomposition sera moins favorisée par une augmentation de la pression, car la réaction produit un plus grand nombre de moles de gaz (4 moles de H2 pour 1 mole de C3H8).

2.3.4. Calcul de la constante d'équilibre K3

Question : Calculer à cette même température la constante d'équilibre K3 de la réaction (3).

Raisonnement attendu : Utiliser les enthalpies et les entropies fournies.

Réponse modèle :

ΔrG°3 = ΔrH°3 - TΔrS°3, avec ΔrS°3 = ΣS°(produits) - ΣS°(réactifs).

K3 = e^(-ΔrG°3 / RT).

2.4. Conclusion

2.4.1. Classement des gaz

Question : Classer par ordre croissant les constantes d'équilibre relatives à la décomposition de chacun de ces trois gaz.

Réponse modèle : K1 < K2 < K3.

2.4.2. Gaz le plus carburant

Question : En déduire quel est le gaz le plus carburant, et celui qui l'est le moins.

Réponse modèle : Le gaz le plus carburant est le propane (C3H8) et le moins carburant est le monoxyde de carbone (CO).

Partie 3 - Diffusion du Carbone

3.1. Deuxième loi de Fick

Question : Rappeler la deuxième loi de Fick.

Réponse modèle : La deuxième loi de Fick stipule que le flux de diffusion est proportionnel au gradient de concentration. L'unité de C est kg/m³.

3.2. Coefficient de diffusion

Question : Montrer que le coefficient de diffusion du carbone, à Θ = 950°C, vaut 1,28.10-11 m2.s-1.

Réponse modèle : On utilise la loi d'Arrhénius pour calculer D :

D = Do * e^(-Ea/(RT)) = 0,21 * e^(-145500/(8,314 * 1223,15)) ≈ 1,28 * 10^-11 m²/s.

3.3. Définition du potentiel carbone

Question : Donner la définition du potentiel carbone d'une atmosphère cémentante.

Réponse modèle : Le potentiel carbone est la concentration de carbone dans l'atmosphère cémentante, mesurée en pourcentage massique.

3.4. Condition de validité de la relation

Question : À quelle condition, la relation précédente est-elle encore valable avec les concentrations exprimées sous forme de pourcentages massiques ?

Réponse modèle : La relation est valable si les concentrations massiques sont proportionnelles aux pourcentages massiques, ce qui est vrai si la masse volumique est constante.

3.5. Schéma explicatif

Question : Faire un schéma explicatif de l'interface atmosphère-métal.

Réponse modèle : Le schéma doit montrer les valeurs de X (concentration en profondeur), Xs (concentration en surface) et Xo (concentration initiale).

3.6. Temps de traitement

Question : Estimer le temps de traitement à prévoir pour respecter le cahier des charges.

Réponse modèle : On utilise la fonction erreur et les valeurs fournies pour estimer le temps nécessaire.

3.7. Pourcentage massique après 24H

Question : Déterminer le pourcentage massique en carbone à la même profondeur après 24H.

Réponse modèle : On se réfère au graphe en annexe 2 pour estimer la concentration après 24H.

Partie 4 - Contrôle de l'atmosphère

4.1. Principe de contrôle

Question : Rappeler succinctement le principe de ce contrôle.

Réponse modèle : Le contrôle se fait par mesure de la résistance d'un fil résistif, qui varie en fonction du pourcentage massique de carbone.

4.2. Calcul du potentiel carbone

Question : A 950°C, on mesure R = 21,50 Ω. Que vaut le potentiel carbone ?

Réponse modèle : On résout l'équation Rfil = 2,15 + 24,8.%C pour trouver %C.

Partie 5 - Transfert thermique dans le four

5.1. Convection forcée

Question : Qu'est-ce que la convection forcée ?

Réponse modèle : La convection forcée est un mode de transfert thermique où un fluide est déplacé par un ventilateur ou une pompe, permettant un meilleur échange thermique.

5.2. Calcul de la puissance surfacique rayonnée

Question : Calculer la puissance surfacique rayonnée par des résistances chauffées à 950°C.

Réponse modèle : PS = σT^4 = 5,67 * 10^-8 * (950 + 273,15)^4 ≈ 1000 W/m².

3. Synthèse finale

Erreurs fréquentes :

- Oublier de convertir les unités lors des calculs.

- Ne pas justifier les réponses, surtout pour les questions théoriques.
- Confondre les différents gaz et leurs propriétés.

Points de vigilance :

- Lire attentivement chaque question pour bien comprendre ce qui est demandé.
- Vérifier les calculs et les unités à chaque étape.

Conseils pour l'épreuve :

- Gérer son temps efficacement en commençant par les questions les plus simples.
- Utiliser des schémas pour illustrer les réponses lorsque cela est pertinent.
- Prendre le temps de relire les réponses avant de rendre la copie.

© FormaV EI. Tous droits réservés.
Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

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.