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 :
formav.co/explorer

Sciences Physiques et Chimiques

Session 2006 • Code sujet : **TMPC AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Réseau cristallin du fer α (4 questions) **Page 3**

2. Étude de l’acier C70 (2 questions) **Page 6**

3. Couple redox : application à l’étude d’une pile (10 questions) **Page 8**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2006/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2006 - 1-Sujet.pdf

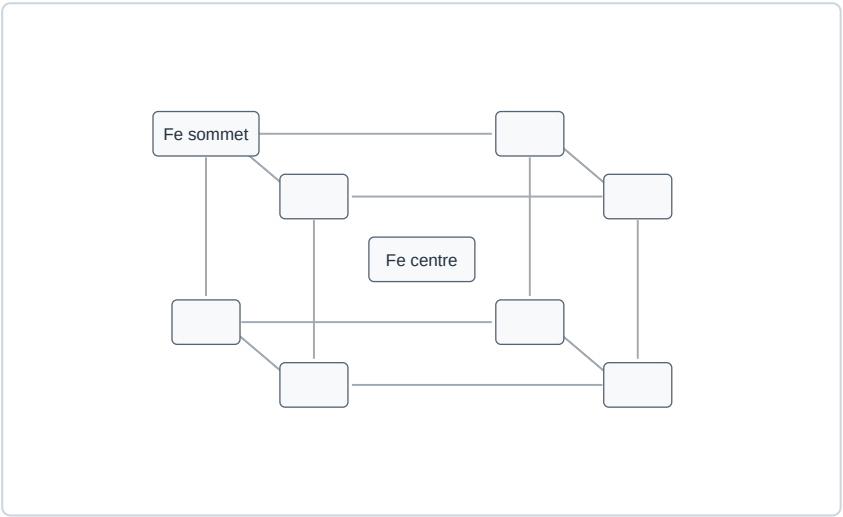
1. Réseau cristallin du fer α

L’exercice étudie la maille cubique centrée du fer α à partir des rayons atomiques du fer et du carbone. Il porte sur le comptage des atomes, la géométrie de la maille, ses sites interstitiels et l’insertion du carbone.

Question a). Représenter la maille du réseau du fer α, qui cristallise dans le système cubique centré, puis déterminer le nombre d’atomes par maille.

La maille cubique centrée est un cube avec un atome de fer à chacun de ses huit sommets et un atome au centre. Chaque atome situé à un sommet est partagé entre huit mailles, donc sa contribution est de $1/8$ par maille. L’atome central appartient entièrement à la maille. Le comptage donne $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ atomes effectifs. Le schéma représente ces positions dans le réseau du fer α.

Maille cubique centrée du fer α



Atomes aux huit sommets et au centre du cube.

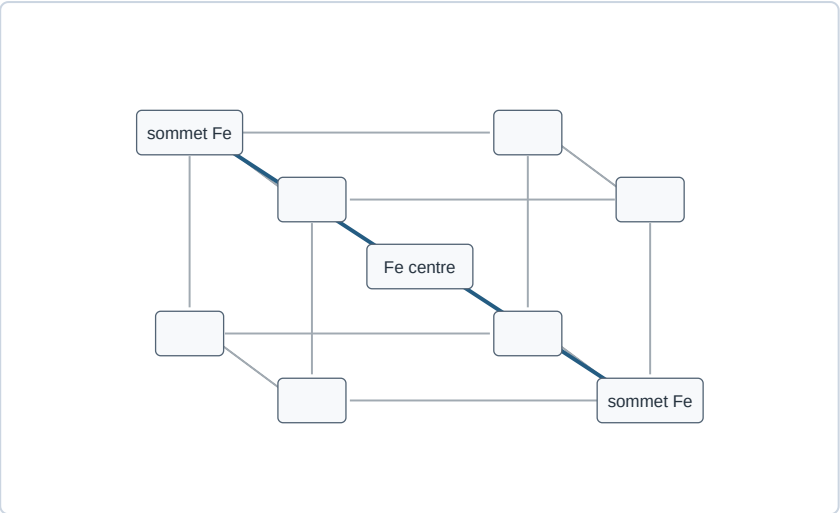
✓ RÉPONSE À RETENIR

Maille cubique centrée : 2 atomes effectifs, répartis entre les sommets et le centre du cube.

Question b). Mettre en évidence en les soulignant les directions suivant lesquelles les atomes sont tangents, puis en déduire la valeur du paramètre a de la maille.

Dans une maille cubique centrée, les atomes se touchent le long des diagonales corporelles, qui passent par deux sommets opposés et l’atome central. La longueur d’une telle diagonale est $\sqrt{3}a$ et correspond à quatre rayons atomiques : $\sqrt{3}a = 4r_{Fe}$. Avec $r_{Fe} = 0{,}1241\ \text{nm}$, on obtient $a = 4 \times 0{,}1241/\sqrt{3} = 0{,}2866\ \text{nm}$. Le schéma souligne une de ces diagonales, de direction cristallographique de type $[111]$.

Tangence sur une diagonale corporelle



La diagonale corporelle passe par les deux atomes de sommet et l'atome central.

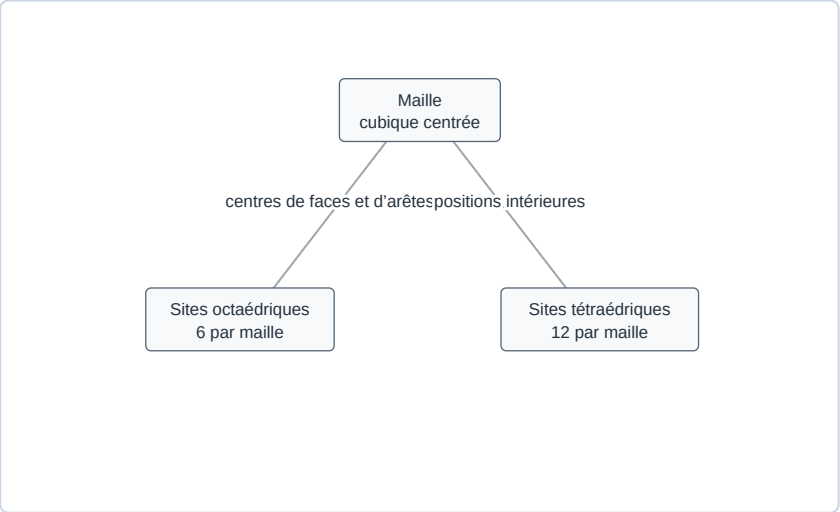
✓ RÉPONSE À RETENIR

Tangence sur les diagonales corporelles, directions de type $[111]$; paramètre de maille $a = 0{,}2866\ \text{nm}$.

Question c). Préciser la nature et le nombre des différents sites interstitiels contenus dans la maille considérée.

La maille cubique centrée contient des sites octaédriques et tétraédriques. Les sites octaédriques sont aux centres des faces et au milieu des arêtes : leur nombre effectif est $6 \times \frac{1}{2} + 12 \times \frac{1}{4} = 6$, car faces et arêtes sont partagées entre plusieurs mailles. Les 12 sites tétraédriques sont entièrement à l'intérieur de la maille. Ces deux familles constituent les différents sites interstitiels du réseau considéré.

Sites interstitiels de la maille cubique centrée



Nature, localisation générale et nombre des sites interstitiels.

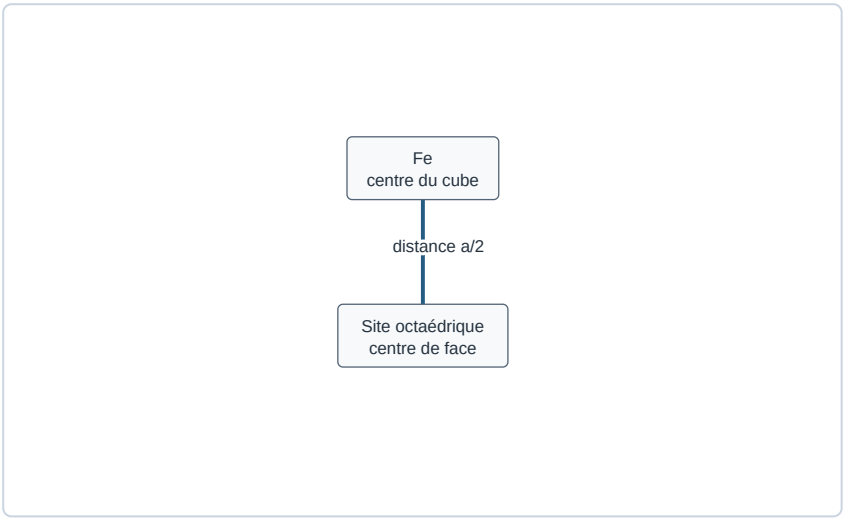
✓ RÉPONSE À RETENIR

Par maille cubique centrée : 6 sites octaédriques et 12 sites tétraédriques.

Question d). Calculer le rayon atomique maximum Rmax d'un atome étranger pouvant se loger sans déformation dans un site octaédrique du fer α. Expliquer ensuite pourquoi un atome de carbone peut s'insérer dans le réseau du fer α.

Pour un site octaédrique au centre d'une face, le fer le plus proche est l'atome central de la maille, à la distance $a/2$. Le rayon maximal sans déformation vaut donc $R_{max} = a/2 - r_{Fe} = 4r_{Fe}/(2\sqrt{3}) - r_{Fe} = 0{,}0192\ \text{nm}$. Le rayon du carbone, $0{,}077\ \text{nm}$, est supérieur à cette limite. Le carbone peut néanmoins s'insérer dans le site octaédrique en provoquant une déformation locale du réseau cristallin.

Site octaédrique et fer voisin



Le fer le plus proche est à a/2 ; le rayon libre vaut a/2 moins rFe.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$R_{max} = 0{,}0192\ \text{nm}$. Le carbone s'insère en déformant localement le réseau du fer α.

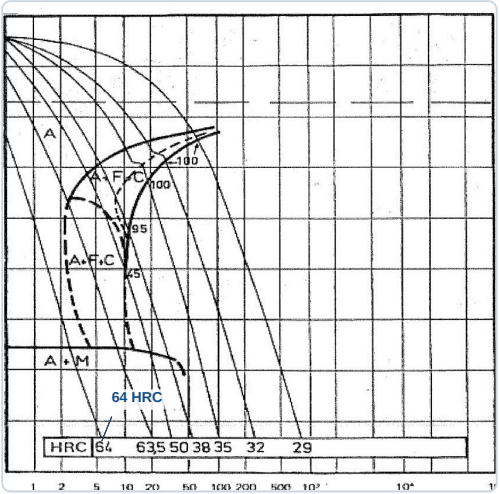
2. Étude de l’acier C70

L’exercice s’appuie sur la courbe TRC de l’acier C70 en annexe 1 et sur la loi de refroidissement associée à une dureté de 64 HRC. L’annexe fournit aussi la composition de l’acier et le diagramme nécessaire à la lecture de Ms.

Question 1). Après le refroidissement correspondant à une dureté de 64 HRC sur la courbe TRC, déterminer les constituants présents à la température ambiante.

Sur la courbe TRC, la voie associée à 64 HRC correspond à un refroidissement assez rapide pour éviter les transformations diffusantes de l’austénite en ferrite, perlite ou bainite. Sous la température Ms, l’austénite se transforme en martensite. À température ambiante, une partie peut rester non transformée dans cet acier à 0,72 % C. La dureté élevée confirme que la martensite est le constituant majoritaire.

Repérage de la dureté 64 HRC



✓ RÉPONSE À RETENIR

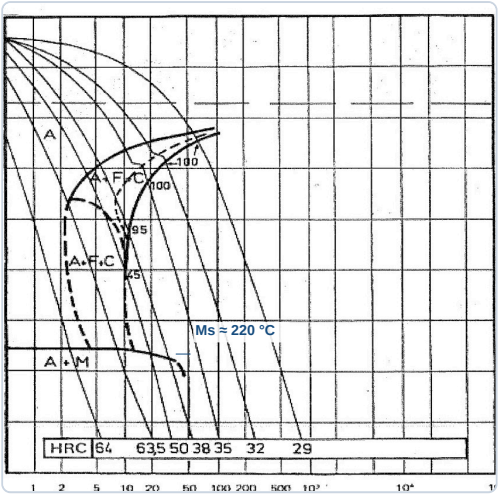
À température ambiante : martensite majoritaire et austénite résiduelle.

Question 2). Déterminer la température Ms à partir de la relation fournie et de la composition de l’austénite initiale, puis déterminer Ms à partir de la courbe TRC.

La composition de l’austénite indiquée pour le C70 est 0,72 % C et 0,72 % Mn. Le tableau ne donne pas de teneurs en Cr ni en Ni ; leurs termes ne contribuent donc pas au calcul.

$M_s = 531 - 391{,}2 \times 0{,}72 - 43{,}3 \times 0{,}72 = 218{,}16\ ^\circ\mathrm{C}$. Sur le diagramme, le palier repéré Ms se lit à environ 220 °C : les deux valeurs sont cohérentes.

Repérage de Ms sur la courbe TRC



✓ RÉPONSE À RETENIR

Ms calculée : 218,16 °C. Ms lue sur la courbe TRC : environ 220 °C.

3. Couple redox : application à l'étude d'une pile

L'exercice étudie les potentiels des couples Zn^{2+}/Zn et Fe^{3+}/Fe^{2+}, puis la réaction et la force électromotrice d'une pile associant ces électrodes. Il traite ensuite de l'évolution des concentrations pendant la décharge et du dosage des ions Fe^{2+} par le permanganate en milieu acide, question qui peut être traitée indépendamment.

1)

Question a). Pour une lame de zinc plongée dans 100 mL de solution de sulfate de zinc de concentration C = 1,0 × 10⁻¹ mol·L⁻¹ à 25 °C, donner la demi-équation électronique du couple étudié.

Le couple étudié est $\mathrm{Zn^{2+}/Zn}$. Dans la demi-équation de réduction, les ions zinc captent deux électrons pour former le métal. On peut écrire l'équation dans les deux sens avec une double flèche, car elle représente le couple redox et non le sens imposé par le fonctionnement de la pile.

$$\mathrm{Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)}$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)}$

Question b). À l'aide de la formule de Nernst, exprimer le potentiel du couple zinc dans les conditions de l'expérience, puis calculer sa valeur numérique.

Pour le couple $\mathrm{Zn^{2+}/Zn}$, l'activité du solide vaut 1. La relation de Nernst à 25 °C est donc $E = E^0 + \frac{0{,}06}{2}\log[\mathrm{Zn^{2+}}]$. La concentration vaut $1{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, donc son logarithme décimal est -1. Ainsi, $E = -0{,}76 + (0{,}06/2)(-1) = -0{,}79\ \mathrm{V}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E_{\mathrm{Zn^{2+}/Zn}} = -0{,}79\ \mathrm{V}$

2)

Question a). Pour un fil de platine plongé dans 100 mL de solution contenant Fe²⁺ à 1,0 × 10⁻² mol·L⁻¹ et Fe³⁺ à 1,0 × 10⁻³ mol·L⁻¹, donner la demi-équation électronique du couple étudié.

Le couple considéré est $\mathrm{Fe^{3+}/Fe^{2+}}$. Le fil de platine constitue une électrode conductrice inerte : il permet le transfert des électrons sans être consommé ni intervenir dans la réaction. Dans le sens de la réduction, l'ion fer(III) capte un électron pour donner l'ion fer(II).

$$\mathrm{Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}}$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}}$

Question b). Exprimer le potentiel du couple Fe³⁺/Fe²⁺ dans les conditions de l'expérience, puis calculer sa valeur numérique.

Pour $\mathrm{Fe^{3+}} + \mathrm{e^-} \rightleftharpoons \mathrm{Fe^{2+}}$, la relation de Nernst est $E = E^0 + 0,06 \log\left(\frac{[\mathrm{Fe^{3+}}]}{[\mathrm{Fe^{2+}}]}\right)$. Le rapport des concentrations vaut $(1,0 \times 10^{-3})/(1,0 \times 10^{-2}) = 0,1$, dont le logarithme décimal vaut -1. Avec $E^0 = +0,77\ \mathrm{V}$, on obtient $E = +0,71\ \mathrm{V}$.

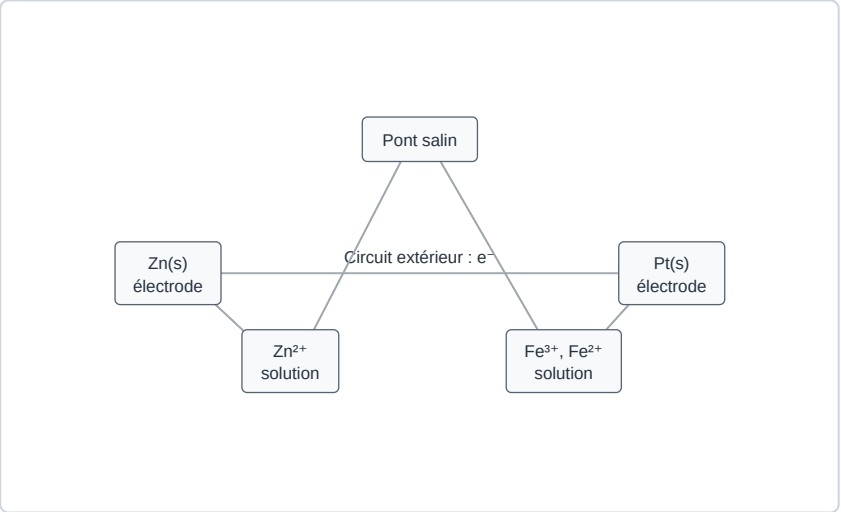
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $E_{\mathrm{Fe^{3+}/Fe^{2+}}} = +0,71\ \mathrm{V}$

3)

Question a). Faire un schéma de la pile constituée en associant les deux électrodes précédentes.

La pile associe le zinc plongé dans la solution contenant $\mathrm{Zn^{2+}}$ et une électrode de platine plongée dans la solution contenant $\mathrm{Fe^{3+}}$ et $\mathrm{Fe^{2+}}$. Le circuit extérieur relie les électrodes et le pont salin relie les solutions. Lorsque la pile débite, les électrons circulent du zinc vers le platine.

Schéma de la pile zinc / ions fer



Les électrodes sont reliées par le circuit extérieur et les solutions par le pont salin.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\mathrm{Zn}|\mathrm{Zn^{2+}}||\mathrm{Fe^{3+}}, \mathrm{Fe^{2+}}|\mathrm{Pt}$, avec pont salin et électrons allant de Zn vers Pt.

Question b). Écrire l'équation-bilan traduisant la réaction naturelle qui a lieu lorsque la pile débite, calculer sa constante d'équilibre et préciser ce que l'on peut en conclure.

À la décharge, le zinc s'oxyde et les ions fer(III) se réduisent. L'équation-bilan est $\mathrm{Zn} + 2\mathrm{Fe^{3+}} \rightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\mathrm{Fe^{2+}}$. La différence des potentiels standard vaut $0,77 - (-0,76) = 1,53\ \mathrm{V}$. Pour deux électrons échangés, $\log K = 2 \times 1,53/0,06 = 51$, donc $K = 10^{51}$. Cette valeur indique que la réaction est pratiquement totale dans le sens écrit.

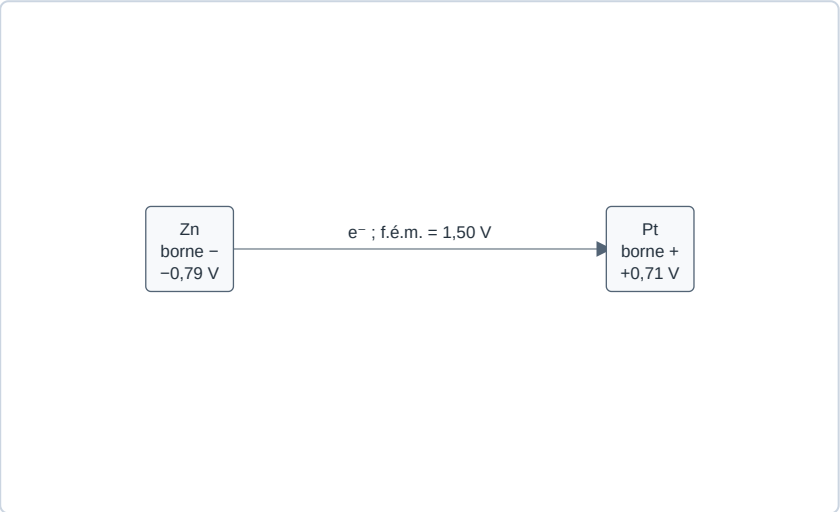
✓ RÉPONSE À RETENIR

$\mathrm{Zn} + 2\mathrm{Fe}^{3+} \rightarrow \mathrm{Zn}^{2+} + 2\mathrm{Fe}^{2+}$; $K = 10^{51}$, réaction pratiquement totale.

Question c). Préciser les signes des bornes de la pile sur le schéma, puis calculer sa force électromotrice au début du fonctionnement.

Le zinc est le siège de l'oxydation : il constitue l'anode et la borne négative. Sur le platine, les ions fer(III) sont réduits : cette électrode est la cathode et la borne positive. Au début du fonctionnement, la f.é.m. est la différence entre les potentiels calculés aux questions précédentes : $E_{\text{pile}} = 0,71 - (-0,79) = 1,50\ \text{V}$.

Polarité et f.é.m. initiale



Les électrons circulent dans le circuit extérieur de la borne Zn négative vers la borne Pt positive.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Borne Zn : − ; borne Pt : + ; f.é.m. initiale : $1,50\ \text{V}$.

Question 4). Après que la pile a débité dans une résistance, la masse de l'électrode de zinc a diminué de 2,0 × 10⁻³ g. En déduire les concentrations des ions Zn²⁺, Fe²⁺ et Fe³⁺ à cette date.

La perte de zinc correspond à l'avancement $\xi = m/M_{\text{Zn}} = 2,0 \times 10^{-3}/65,3 = 3,06 \times 10^{-5}\ \text{mol}$. Le volume de chaque demi-pile est $0,100\ \text{L}$. Selon l'équation-bilan, la concentration en Zn^{2+} augmente de ξ/V, celle en Fe^{2+} augmente de $2\xi/V$, tandis que celle en Fe^{3+} diminue de la même quantité.

Ion	Concentration à la date t (mol·L⁻¹)
Zn^{2+}	0,1003
Fe^{2+}	0,01061
Fe^{3+}	3,87 × 10⁻⁴

✓ RÉPONSE À RETENIR

$[Zn^{2+}] = 0,1003$, $[Fe^{2+}] = 0,01061$, $[Fe^{3+}] = 3,87 \times 10^{-4}\ mol \cdot L^{-1}$.

---

5)

Question a). Pour le dosage des ions Fe^{2+} par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique, écrire les demi-réactions et l'équation-bilan de la réaction.

En milieu sulfurique, les ions permanganate sont réduits en ions manganèse(II), tandis que les ions fer(II) sont oxydés en ions fer(III). La demi-réaction du permanganate consomme cinq électrons ; la demi-réaction du fer(II) est donc multipliée par cinq pour équilibrer les électrons échangés.

1. Réduction : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- ightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$.
2. Oxydation : $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$.
3. Bilan : $MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O + 5Fe^{3+}$

Question b). Indiquer la relation à l'équivalence entre C_1, V_1, C_2 et V_2E, calculer la concentration C_1 des ions Fe^{2+}, puis vérifier si cette valeur est en accord avec le résultat de la question 4.

L'équation-bilan montre qu'une mole de permanganate réagit avec cinq moles d'ions Fe^{2+}. À l'équivalence, la relation est donc $C_1V_1 = 5C_2V_{2E}$. En gardant les deux volumes dans la même unité, $C_1 = 5 \times 2,0 \times 10^{-3} \times 10,6/10 = 1,06 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$. Le volume d'acide ajouté ne modifie pas la quantité de fer(II) prélevée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$C_1 = 1,06 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$, en accord avec la question 4.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2006)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de Sciences Physiques et Chimiques du BTS Traitements des matériaux, session 2006, code TMPC AB, dure 2 heures et a un coefficient 2. Elle étudie la maille cubique centrée du fer α, les transformations de l'acier C70 à partir d'une courbe TRC, puis les couples redox, une pile zinc-fer et un dosage. Les compétences évaluées incluent représentation, lecture graphique et calculs chimiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Dans une maille cubique centrée, les atomes sont tangents sur la grande diagonale : $\sqrt{3}\, a = 4r$.
- À 25 °C, la relation de Nernst fournie s'écrit $E = E° + (0{,}06/n) \log([Ox]^{\alpha}/[Red]^{\beta})$.
- En milieu acide, 5 mol de Fe^{2+} réagissent avec 1 mol de MnO_4^- lors du dosage.
- La perte de masse du zinc donne l'avancement : n(Zn consommé) = Δm/M(Zn).

Points de vigilance & attentes du jury

- Pour compter les atomes de la maille, distinguer les contributions des sommets et de l'atome central.
- Sur la courbe TRC, suivre la loi de refroidissement correspondant à 64 HRC et repérer les domaines traversés.
- Dans la relation de Nernst, identifier correctement les espèces oxydée et réduite ainsi que le nombre d'électrons échangés.
- Pour le dosage, équilibrer les demi-réactions en milieu acide avant d'établir la relation à l'équivalence.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le paramètre de maille du fer α à partir de son rayon atomique ?

Dans la structure cubique centrée, les atomes sont tangents le long de la grande diagonale du cube. Celle-ci vaut $\sqrt{3}\, a$ et correspond à quatre rayons atomiques, donc $\sqrt{3}\, a = 4r$. Il suffit ensuite d'isoler a.

Q : Comment exploiter la courbe TRC pour identifier les constituants après refroidissement ?

Repérez la loi de refroidissement associée à 64 HRC et suivez son trajet sur le diagramme. Identifiez les domaines traversés et les transformations correspondantes, puis examinez l'état atteint à la température ambiante.

Q : Comment relier les quantités de matière à l'équivalence du dosage au permanganate ?

En milieu acide, cinq ions Fe^{2+} réagissent avec un ion MnO_4^-. À l'équivalence, $n(Fe^{2+}) = 5\, n(MnO_4^-)$, ce qui permet de relier les concentrations aux volumes de solution prélevé et versé.

Q : Quels critères de présentation et de calcul faut-il respecter dans cette épreuve ?

Le sujet ne donne pas de barème détaillé par question. Présentez les équations équilibrées, les relations utilisées, les calculs avec unités et les lectures du diagramme de façon explicite. Aucune norme de présentation supplémentaire n'est précisée.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2006/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2006 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Traitements des Matériaux : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.