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

BTS TM

Sous-épreuve commune aux deux options : Sciences Physiques et Chimiques - U4.1

Session 2005 • Code sujet : **TMPC AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude cristallographique de l’aluminium et solutions solides (9 questions) **Page 3**

2. Dosages d’oxydoréduction et acido-basicité (8 questions) **Page 7**

3. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 10**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2005/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2005 - 1-Sujet.pdf

1. Étude cristallographique de l’aluminium et solutions solides

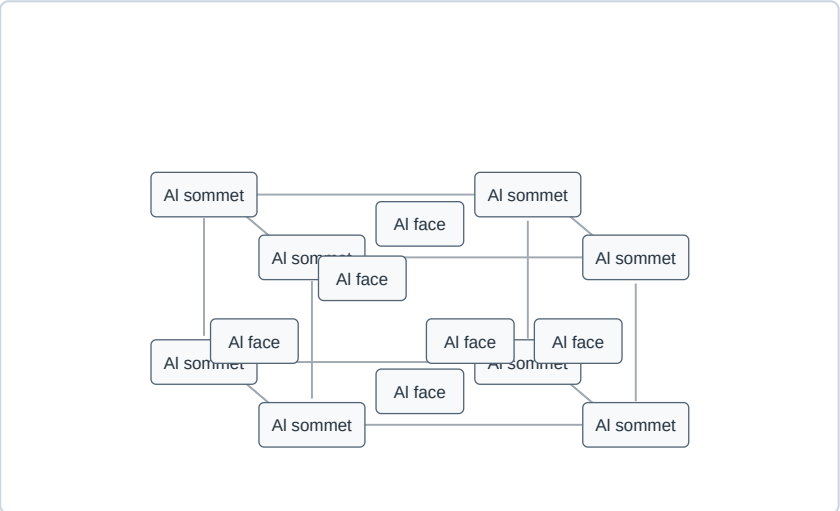
L’exercice étudie la structure C.F.C. de l’aluminium à partir de données sur sa maille, sa masse molaire et ses propriétés physiques. Il aborde la compacité, les sites interstitiels, la possibilité d’insertion du nickel et la stabilité du composé NiAl par sa concentration électronique.

Structure cristalline de l’aluminium

Question 1.a. Représenter une maille conventionnelle du réseau cristallin dans lequel l’aluminium cristallise.

La maille conventionnelle de l’aluminium est cubique à faces centrées (C.F.C.). Les atomes occupent les huit sommets et le centre de chacune des six faces. Chaque sommet compte pour un huitième et chaque atome de face pour une moitié dans la maille. Le nombre total est donc $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ atomes. Le schéma distingue les positions aux sommets de celles situées au centre des faces.

Maille conventionnelle C.F.C. de l’aluminium



Huit atomes aux sommets et six au centre des faces.

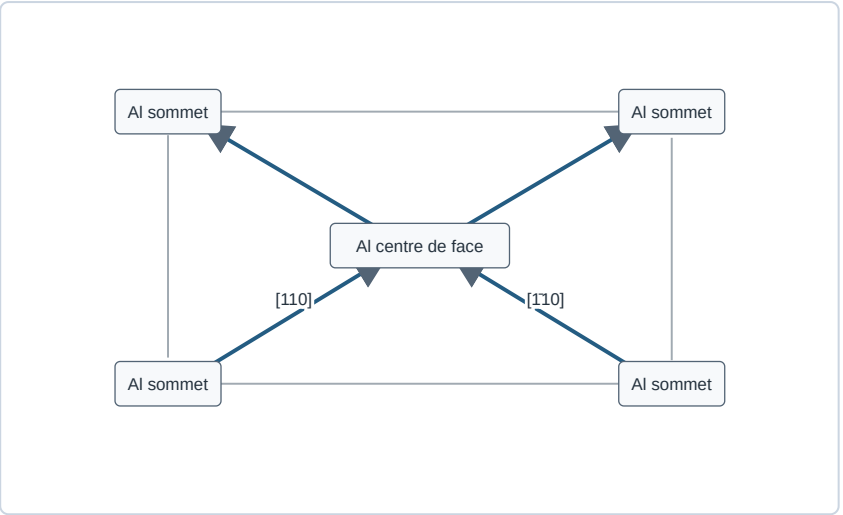
✓ RÉPONSE À RETENIR

Maille C.F.C. : 8 atomes aux sommets et 6 au centre des faces, soit 4 atomes par maille.

Question 1.b. À l’aide d’un schéma, mettre en évidence deux directions suivant lesquelles les rangées d’atomes sont à empilage compact.

Dans la structure C.F.C., les atomes se touchent le long des diagonales d’une face carrée. Ces diagonales donnent deux directions de rangées compactes dans le plan de la face. Sur le schéma, elles passent par l’atome au centre de face et relient les sommets opposés. En notation cristallographique, les directions sont $[110]$ et $[1\bar{1}0]$.

Deux rangées compactes sur une face C.F.C.



Les flèches montrent les diagonales de face, directions de contact atomique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Deux directions compactes : $[110]$ et $[1\bar{1}0]$.

Question 1.c. **Établir l'expression du rayon d'un atome en fonction de l'arête de la maille, puis calculer sa valeur.**

Sur une diagonale de face, les trois atomes alignés sont en contact : la diagonale vaut donc $4r$. Or la diagonale d'une face carrée vaut $a\sqrt{2}$. Ainsi, $r = \frac{a\sqrt{2}}{4}$. Avec l'arête donnée, $r = \frac{405\sqrt{2}}{4} \approx 143,19$ pm. Cette relation concerne le contact suivant la diagonale de face, et non suivant une arête du cube.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rayon atomique de l'aluminium : $r \approx 143,19$ pm.

Question 1.d. **Définir la compacité du réseau et la calculer.**

Grandeur	Expression	Valeur
Atomes par maille	4	4
Compacité	$C = \frac{4(4\pi r^3/3)}{a^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}}$	0,740

La compacité est le rapport du volume occupé par les atomes au volume total de la maille. La valeur obtenue correspond à environ 74,0 %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Compacité C.F.C. : $C \approx 0,740$, soit 74,0 %.

Constantes physiques de l'aluminium

Question 2.a. **Calculer la masse volumique de l'aluminium.**

La maille C.F.C. contient quatre atomes. Sa masse vaut $4M/N_A$, et son volume a^3. En unités SI, $M = 0,0270$ kg·mol⁻¹ et $a = 405 \times 10^{-12}$ m. Donc $\rho = \frac{4M}{N_A a^3} = \frac{4 \times 0,0270}{6,02 \times 10^{23} (405 \times 10^{-12})^3}$. La masse volumique est ainsi d'environ $2,70 \times 10^3$ kg·m⁻³.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\rho_{Al} \approx 2,70 \times 10^3$ kg·m⁻³.

Question 2.b. **En déduire la densité de l'aluminium par rapport à l'eau.**

1. La densité par rapport à l'eau est le rapport des masses volumiques : $d = \rho_{Al}/\rho_{eau}$.
2. Avec $\rho_{Al} \approx 2700,6$ kg·m⁻³ et $\rho_{eau} = 1000$ kg·m⁻³, on obtient $d = 2700,6/1000$.

La densité relative est sans unité, car il s'agit d'un rapport de deux masses volumiques exprimées dans la même unité.

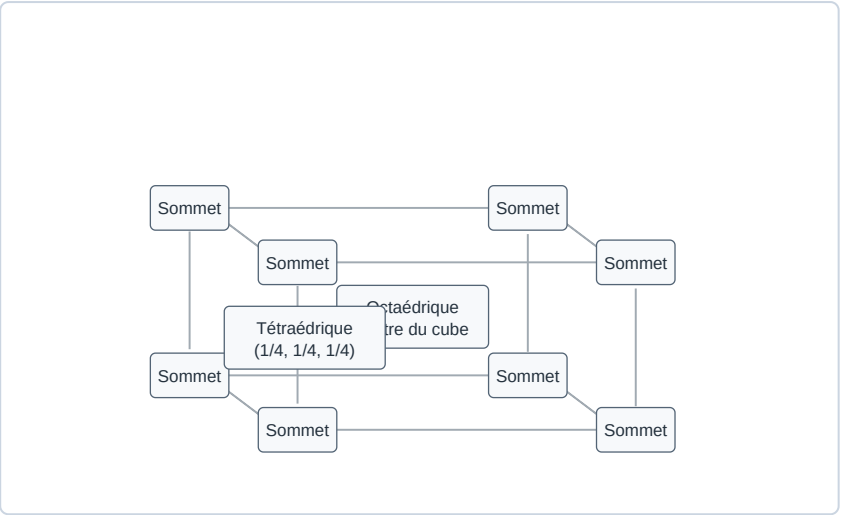
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Densité de l'aluminium par rapport à l'eau : $d \approx 2,70$.

Possibilités de solutions solides dans l'aluminium

Question 3.a. **Dans un réseau C.F.C., représenter un site interstitiel octaédrique et un site interstitiel tétraédrique, puis déterminer le nombre de sites de chaque type par maille.**

Le site octaédrique est au centre du cube ; les sites aux milieux des arêtes sont également octaédriques. Le décompte par maille est $1 + 12/4 = 4$, car chaque site d'arête est partagé entre quatre mailles. Les sites tétraédriques sont intérieurs, par exemple en coordonnées $(1/4, 1/4, 1/4)$. Les huit positions de ce type donnent huit sites tétraédriques par maille.

Sites interstitiels dans une maille C.F.C.



Un site représentatif de chaque type est indiqué dans la maille.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Par maille C.F.C. : 4 sites octaédriques et 8 sites tétraédriques.

Question 3.b. Calculer le rayon d'un interstice octaédrique dans un réseau C.F.C. et déterminer si l'existence d'une solution solide d'insertion avec le nickel peut être envisagée.

Au centre du cube, la distance au centre d'une face est $a/2$. Le rayon maximal de l'interstice octaédrique est donc $r_o = a/2 - r = a(2-\sqrt{2})/4$, puisque $r = a\sqrt{2}/4$. Pour $a = 405$ pm, on obtient $r_o \approx 59,31$ pm. Le rayon du nickel est 124 pm, nettement supérieur : son insertion dans cet interstice n'est pas envisageable sans forte déformation du réseau.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rayon octaédrique : $59,31$ pm. Le nickel (124 pm) est trop grand pour s'insérer dans le réseau C.F.C.

Question 3.c. Pour justifier la stabilité du composé NiAl, calculer sa concentration électronique à l'aide de la formule donnée et conclure en la comparant aux valeurs indiquées comme critères de stabilité.

Dans NiAl, les fractions atomiques sont égales : $x = y = 1/2$. En utilisant $n_{Al} = 3$ et $n_{Ni} = 0$, la formule donne $C_e = \frac{3x+0y}{x+y} = \frac{3/2}{1} = 1,5$. Cette valeur est égale au critère $3/2$ donné dans l'énoncé. Elle correspond donc à l'une des valeurs de concentration électronique prévues pour un composé stable.

✓ RÉPONSE À RETENIR

NiAl : $C_e = 3/2$, valeur correspondant à un critère de stabilité.

2. Dosages d’oxydoréduction et acido-basicité

L’exercice porte sur le dosage des ions permanganate par l’acide oxalique, puis sur la détermination de la teneur en soufre d’une fonte après combustion et dosage du dioxyde de soufre. Il étudie enfin les équilibres acido-basiques de l’acide oxalique et les propriétés de l’ion hydrogéno-oxalate.

Dosage d’une solution S1 de permanganate de potassium

Question 1.a. Écrire les deux demi-équations redox, établir l’équation-bilan du dosage des ions permanganate par l’acide oxalique en milieu acide, puis montrer qualitativement que la réaction peut être considérée comme totale.

Réduction : $\mathrm{MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O}$. Oxydation : $\mathrm{H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-}$. Après égalisation des électrons : $\mathrm{2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O}$. L’écart des potentiels standard vaut $1{,}51 - (-0{,}49) = 2{,}00$ V. Cet écart positif important favorise fortement le sens direct : la réaction est considérée comme totale.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> En milieu acide, $\mathrm{2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O}$; réaction considérée comme totale.

Question 1.b. Préciser à quoi correspond la coloration rose persistante après agitation, puis calculer le volume de solution S1 de permanganate versé pour obtenir cette coloration, à partir des données fournies.

La coloration rose persistante après agitation indique un léger excès d’ions permanganate : le point d’équivalence vient d’être dépassé. À l’équivalence, $n(\mathrm{MnO_4^-}) = \frac{2}{5} n(\mathrm{H_2C_2O_4})$. On a $n(\mathrm{H_2C_2O_4}) = 0{,}125 \times 0{,}0100 = 1{,}25 \times 10^{-3}$ mol, donc $n(\mathrm{MnO_4^-}) = 5{,}00 \times 10^{-4}$ mol. Avec $C_1 = 4{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}, $V_1 = n / C_1$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Volume à l’équivalence : $V_1 = 12{,}5$ mL. Le rose persistant correspond à un léger excès de permanganate.

Détermination de la teneur en soufre dans une fonte

Question 2.a. Décrire le protocole permettant de préparer 500,0 mL de solution S’1 de permanganate par dilution précise au cinquantième de la solution S1.

Pour une dilution au cinquantième et un volume final de 500,0 mL, prélever $500{,}0 / 50 = 10{,}00$ mL de solution mère. Utiliser une pipette jaugée de 10,00 mL et une fiole jaugée de 500,0 mL.

1. Rincer la pipette avec un peu de solution S_1, puis prélever 10,00 mL.
2. Verser dans la fiole, ajouter de l’eau distillée et homogénéiser.
3. Compléter jusqu’au trait de jauge, boucher et homogénéiser par retournements.

La concentration finale est $C_1' = C_1 / 50 = 8{,}00 \times 10^{-4}$ mol.L^{-1}.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Prélever 10,00 mL de S_1 et compléter à 500,0 mL : $C_1' = 8{,}00 \times 10^{-4}$ mol.L⁻¹.

Question 2.b. **Écrire l'équation traduisant l'oxydation du soufre des 2,0 g de copeaux de fonte en dioxyde de soufre lors de leur combustion complète dans le dioxygène.**

Lors de la combustion complète, le soufre contenu dans les copeaux est oxydé en dioxyde de soufre par le dioxygène. L'équation équilibrée est $\mathrm{S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)}$. Elle décrit la transformation du soufre de l'échantillon, sans supposer que la fonte est constituée uniquement de soufre.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Combustion du soufre : $\mathrm{S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)}$.

Question 2.c. **Écrire l'équation-bilan de l'action des ions permanganate sur le dioxyde de soufre en milieu acide, vérifier qualitativement que la réaction est totale, puis calculer le pourcentage massique de soufre dans la fonte à partir du volume de solution S'1 utilisé.**

En milieu acide, les demi-équations conduisent à $\mathrm{2MnO_4^- + 5SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+}$. L'écart des potentiels standard est $1{,}51 - 0{,}17 = 1{,}34$ V : la réaction est considérée comme totale. La solution diluée a pour concentration $0{,}0400/50 = 8{,}00 \times 10^{-4}$ mol.L⁻¹. Ainsi, $n(S) = \frac{5}{2} C'V' = 1{,}14 \times 10^{-5}$ mol. Avec $M(S) = 32{,}1$ g.mol⁻¹ et un échantillon de 2,0 g, on calcule le pourcentage massique.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Équation : $\mathrm{2MnO_4^- + 5SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+}$. Teneur en soufre : $0{,}018$ % en masse.

Acido-basicité

Question 3.a. **Écrire les équilibres caractérisés par les constantes d'acidité Ka1 et Ka2 pour les couples de l'acide oxalique et de ses bases conjuguées.**

Chaque équilibre correspond au transfert d'un proton de l'acide vers l'eau. Le premier décrit la dissociation de l'acide oxalique, le second celle de l'ion hydrogéno-oxalate :

1. $\mathrm{H_2C_2O_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HC_2O_4^-}$, constante K_{a1}.
2. $\mathrm{HC_2O_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_2O_4^{2-}}$, constante K_{a2}.

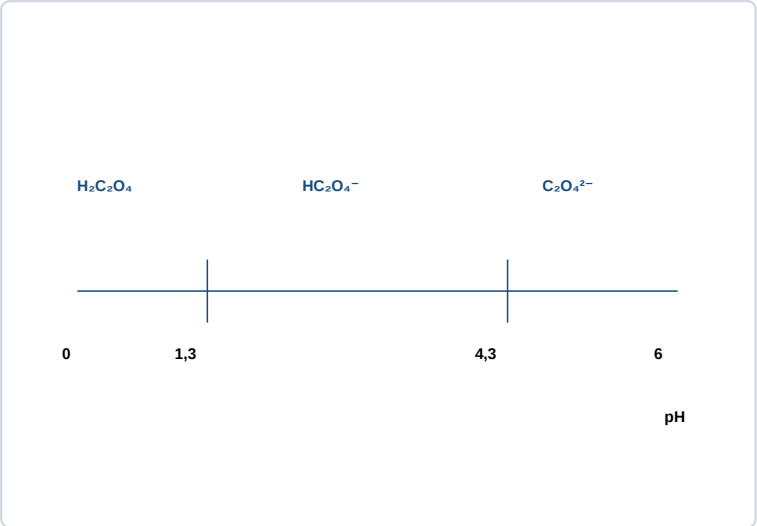
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Les équilibres d'acidité sont ceux des couples $\mathrm{H_2C_2O_4/HC_2O_4^-}$ et $\mathrm{HC_2O_4^-/C_2O_4^{2-}}$, dans cet ordre.

Question 3.b. **Sur un axe gradué en pH, placer les domaines de prédominance des trois formes de l'acide oxalique en solution et expliquer brièvement ce placement à partir des constantes d'acidité.**

À chaque frontière, les concentrations de l'acide et de sa base conjuguée sont égales : le pH est alors égal au pK_a. Ainsi, $\mathrm{H_2C_2O_4}$ prédomine en dessous de 1,3 ; $\mathrm{HC_2O_4^-}$ entre 1,3 et 4,3 ; et $\mathrm{C_2O_4^{2-}}$ au-dessus de 4,3.

Domaines de prédominance de l'acide oxalique



✓ RÉPONSE À RETENIR

$\mathrm{H_2C_2O_4}$ si pH < 1,3 ; $\mathrm{HC_2O_4^-}$ si 1,3 < pH < 4,3 ; $\mathrm{C_2O_4^{2-}}$ si pH > 4,3.

Question 3.c. **Pour les solutions d'ions $C_2O_4H^-$, préciser les propriétés acido-basiques de cet ion, définir et calculer la constante d'équilibre de la réaction proposée puis conclure. Vérifier que le pH d'une telle solution vaut 2,8 et déterminer, en justifiant, si cette solution est tampon.**

L'ion $\mathrm{HC_2O_4^-}$ est amphotère : il peut céder ou capter un proton. Pour $2\mathrm{HC_2O_4^-} ightleftharpoons \mathrm{H_2C_2O_4} + \mathrm{C_2O_4^{2-}}$, $K = [\mathrm{H_2C_2O_4}][\mathrm{C_2O_4^{2-}}]/[\mathrm{HC_2O_4^-}]^2 = K_{a2}/K_{a1} = 10^{1,3-4,3} = 1,0 \times 10^{-3}$. L'équilibre favorise donc l'ion hydrogéno-oxalate. Pour une solution de cet ion, $\mathrm{pH} \simeq (\mathrm{pK_{a1}} + \mathrm{pK_{a2}})/2 = 2,8$. Ce n'est pas une solution tampon : les formes acide et basique conjuguées ne sont pas en proportions voisines.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Ion amphotère ; $K = 1,0 \times 10^{-3}$, équilibre favorisant $\mathrm{HC_2O_4^-}$; pH ≈ 2,8. La solution n'est pas tampon.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2005)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de Sciences Physiques et Chimiques du BTS Traitements des matériaux, session 2005, porte le code TMPC AB et dure 2 heures, coefficient 2. Elle étudie la structure C.F.C. de l'aluminium, les solutions solides et NiAl, puis des dosages redox liés au permanganate et au soufre dans une fonte. Les dernières questions portent sur l'acide oxalique et l'ion hydrogéno-oxalate.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- En C.F.C., le contact entre atomes suit la diagonale d'une face : $4r = a\sqrt{2}$.
- La masse volumique d'une maille se calcule par $\rho = nM/(NAa^3)$, avec $n = 4$ pour le réseau C.F.C.
- À l'équivalence d'un dosage redox, les quantités de matière respectent les proportions stœchiométriques de l'équation-bilan.
- Pour un couple acide/base, les domaines de prédominance sont séparés au pH égal au pKa.

Points de vigilance & attentes du jury

- Sur les schémas C.F.C., distinguer les sommets des centres de face et compter correctement leur contribution à la maille.
- Convertir les unités avant les calculs, notamment les pm en m et les mL en L.
- En milieu acide, équilibrer les demi-équations redox avec H_2O, H^+ et les électrons avant de les additionner.
- Pour la teneur en soufre, intégrer la dilution au cinquantième et appliquer la stœchiométrie du dosage.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le rayon atomique dans la maille C.F.C. ?

Dans une maille C.F.C., les atomes se touchent le long de la diagonale d'une face. Cette diagonale vaut $a\sqrt{2}$ et correspond à quatre rayons atomiques, donc $r = a\sqrt{2}/4$.

Q : Comment vérifier qu'une réaction redox est totale avec les potentiels fournis ?

Écrire la réaction dans le sens envisagé et comparer les potentiels standards des couples concernés. Une différence positive importante favorise fortement le sens direct et permet de conclure qualitativement que la réaction est quasi totale.

Q : Comment gérer le temps sur cette épreuve sans barème indiqué ?

L'épreuve dure 2 heures et le sujet ne donne pas de répartition des points. Répartissez le temps entre les trois thèmes, avancez les calculs et équations, puis gardez quelques minutes pour vérifier les unités et les conclusions.

Q : Quels éléments rendent une réponse satisfaisante pour le jury ?

Présentez les équations équilibrées, les relations utilisées, les substitutions numériques avec leurs unités et une conclusion explicite. Les schémas de maille et l'axe de prédominance doivent être lisibles, cohérents et correctement légendés.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2005/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2005 - 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.