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 2003 • Code sujet : **TMPC AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Le microscope optique (3 questions) **Page 3**

2. Étude du réactif de Marble (6 questions) **Page 4**

3. Étude du diagramme d’équilibre des alliages plomb-antimoine (4 questions) **Page 7**

4. 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/2003/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2003 - 1-Sujet.pdf

1. Le microscope optique

L'exercice porte sur les caractéristiques d'un objectif et d'un oculaire, puis sur la mesure de l'épaisseur d'une couche métallique enrobée avec un micromètre oculaire. Il traite aussi du pouvoir séparateur du microscope et des moyens de l'augmenter.

Question 1. Interpréter les indications x 32 / 0,25 inscrites sur l'objectif et x 10 inscrite sur l'oculaire du microscope.

L'indication « × 32 » correspond au grandissement transversal nominal de l'objectif : l'image intermédiaire est 32 fois plus grande que l'objet. La valeur 0,25 est son ouverture numérique, définie par $n \sin u$, où n caractérise le milieu et u le demi-angle du faisceau lumineux accepté. L'oculaire « × 10 » indique son grossissement angulaire. Le grossissement total nominal est le produit des grossissements de l'objectif et de l'oculaire, soit $32 \times 10 = 320$. Il s'agit du grossissement visuel, à distinguer du grandissement transversal de l'objectif.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Objectif : grandissement × 32, ouverture numérique 0,25. Oculaire : grossissement × 10. Grossissement total nominal : × 320.

Question 2. Rappeler la définition du grandissement de l'objectif. À partir de 16 graduations couvertes par la couche métallique et d'une graduation de 0,1 mm, calculer la dimension de l'image intermédiaire, puis en déduire l'épaisseur de la couche sachant que le grandissement vaut 32.

Le grandissement transversal de l'objectif est le rapport algébrique de la dimension de l'image intermédiaire à celle de l'objet : $\gamma_{obj} = A'B'/AB$. Pour les dimensions, on utilise ici sa valeur absolue, 32. La couche couvre 16 graduations de 0,1 mm : son image mesure $16 \times 0,1 = 1,6$ mm. L'épaisseur réelle vaut donc la dimension de l'image divisée par le grandissement : $1,6/32 = 0,050$ mm. La conversion donne $0,050$ mm = 50 µm.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Image intermédiaire : 1,6 mm. Épaisseur de la couche : 0,050 mm, soit 50 µm.

Question 3. À l'aide de la relation fournie pour le pouvoir séparateur, déterminer la dimension du plus petit détail visible avec une ouverture numérique de 0,25 et une longueur d'onde de 0,55 µm. Indiquer comment augmenter le pouvoir séparateur du microscope.

Le plus petit détail séparé correspond à la limite de résolution $\varepsilon = 0,61\lambda/(n \sin u)$. L'ouverture numérique donnée est $n \sin u = 0,25$, et la longueur d'onde vaut $0,55$ µm. Ainsi, $\varepsilon = (0,61 \times 0,55)/0,25 = 1,342$ µm. Pour améliorer la résolution, il faut diminuer cette limite : choisir une longueur d'onde plus courte ou augmenter l'ouverture numérique, par exemple avec un objectif de plus grande ouverture ou un milieu d'immersion d'indice plus élevé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Plus petit détail visible : environ 1,34 µm. Pour améliorer la résolution, augmenter l'ouverture numérique ou diminuer la longueur d'onde.

2. Étude du réactif de Marble

Le réactif de Marble, utilisé pour examiner la structure de certains aciers, associe du sulfate de cuivre et de l'acide chlorhydrique. L'exercice étudie son dosage par la soude, la précipitation de l'hydroxyde de cuivre et la préparation d'un réactif de composition imposée.

Dosage de l'acide chlorhydrique

Question 1.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude, puis déduire la concentration molaire initiale en acide à partir du premier volume équivalent de 27,3 mL. Tenir compte du prélèvement de 5,00 mL de réactif dilué à 500 mL et de la soude à 1,00 mol·L⁻¹.

La neutralisation s'écrit $\mathrm{HCl} + \mathrm{NaOH} \rightarrow \mathrm{NaCl} + \mathrm{H_2O}$, ou $\mathrm{H_3O^+} + \mathrm{OH^-}\mathrm{ightarrow}2\mathrm{H_2O}$ en équation ionique. À l'équivalence, la quantité de soude versée égale celle d'acide contenue dans les 5,00 mL de réactif prélevés. La dilution dans la fiole de 500 mL ne modifie pas cette quantité de matière. Ainsi, $C_a v_0 = C_b V_{b1}$, d'où $C_a = 1{,}00 \times 27{,}3 / 5{,}00$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La concentration molaire initiale en acide chlorhydrique est $C_a = 5{,}46\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Dosage des ions cuivre(II)

Question 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre les ions Cu²⁺ et la soude, puis déduire la concentration molaire en sulfate de cuivre à partir des volumes équivalents de 27,3 mL et de 32,3 mL au total, en tenant compte de la dilution du prélèvement.

La précipitation suit l'équation $\mathrm{Cu^{2+}} + 2\mathrm{OH^-} \rightarrow \mathrm{Cu(OH)_2(s)}$. Le volume de soude consommé par les ions cuivre est la différence entre les volumes aux deux équivalences : $32{,}3 - 27{,}3 = 5{,}0$ mL. Il faut deux moles d'ions hydroxyde par mole d'ions cuivre. Ces ions proviennent des 5,00 mL de réactif initial ; la dilution à 500 mL ne change pas leur quantité. Donc $C_s = C_b (V_{b2} - V_{b1}) / (2 v_0)$.

On obtient ainsi la concentration initiale en sulfate de cuivre.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La concentration molaire initiale en sulfate de cuivre est $C_s = 0{,}500\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Question 2. Calculer le pH approximatif lorsque le volume de soude versé est nul, en négligeant le caractère faiblement acide de l'ion Cu²⁺.

Au début du dosage, l'acide contenu dans les 5,00 mL de réactif est dilué à 500 mL. Sa concentration dans la solution dosée vaut donc $5{,}46 \times 5{,}00 / 500 = 0{,}0546$ mol·L⁻¹. En négligeant l'acidité faible des ions cuivre, cette concentration est celle des ions oxonium. On applique la relation $\mathrm{pH} = -\log[H_3O^+]$.

Le pH initial est donc approximativement égal à 1,26.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour un volume de soude versé nul, le pH initial de la solution diluée est environ $1{,}26$.

Question 3. **Déterminer le pH théorique auquel débute la précipitation de Cu(OH)₂ à partir du produit de solubilité fourni. Comparer ce résultat au pH de 5,1 mesuré au premier point équivalent afin de juger si la méthode de dosage envisagée est valable.**

Au seuil de précipitation, $K_s = [\mathrm{Cu}^{2+}][\mathrm{OH}^-]^2$. La concentration initiale en cuivre dans la solution dosée est $0{,}500 \times 5{,}00/500 = 0{,}00500$ mol·L⁻¹. Ainsi, $[\mathrm{OH}^-] = \sqrt{2{,}5 \times 10^{-19}/0{,}00500}$, ce qui donne un pH seuil d'environ 5,85.

- Au premier point équivalent, le pH mesuré est 5,1, inférieur au seuil.
- La précipitation de $\mathrm{Cu(OH)_2}$ n'a donc pas commencé : le dosage de l'acide est valable.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La précipitation débute vers pH 5,85. À pH 5,1, elle n'a pas commencé : le dosage est valable.

Préparation du sulfate de cuivre

Question 4.1. **Calculer la masse de sulfate de cuivre pentahydraté commercial à peser pour préparer 100,0 mL de réactif contenant du sulfate de cuivre à 0,600 mol·L⁻¹, en tenant compte de la masse molaire de 249,68 g·mol⁻¹ et du taux de pureté de 99,5 %.**

Pour $100{,}0$ mL de solution à $0{,}600$ mol·L⁻¹, la quantité de matière requise est $n = 0{,}600 \times 0{,}100 = 0{,}0600$ mol. La masse de sulfate de cuivre pentahydraté pur correspondante vaut $m = nM = 0{,}0600 \times 249{,}68 = 14{,}9808$ g. Le produit commercial étant pur à 99,5 %, on divise cette masse par 0,995 pour tenir compte des impuretés. La masse à peser est donc d'environ 15,1 g.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Peser $15{,}1\ \mathrm{g}$ de sulfate de cuivre pentahydraté commercial pour préparer les $100{,}0$ mL.

Préparation de la solution acide

Question 4.2. **Calculer le volume de solution commerciale d'acide chlorhydrique concentré à utiliser pour préparer 100,0 mL de réactif avec une concentration en acide proche de 6 mol·L⁻¹, à partir de la masse volumique de 1,19 kg·L⁻¹ et de la teneur massique en HCl de 36 %.**

Pour préparer $100{,}0$ mL à $6{,}00$ mol·L⁻¹, il faut $n = 6{,}00 \times 0{,}100 = 0{,}600$ mol de HCl. Avec $M(\mathrm{HCl}) = 1 + 35{,}5 = 36{,}5$ g·mol⁻¹, la masse de HCl pur nécessaire est 21,9 g. À 36 % en masse, la masse de solution commerciale à prélever vaut $21{,}9/0{,}36 = 60{,}8$ g. La masse volumique de 1,19 kg·L⁻¹ équivaut à 1,19 g·mL⁻¹ : le volume requis est environ 51,1 mL.

✓ RÉPONSE À RETENIR

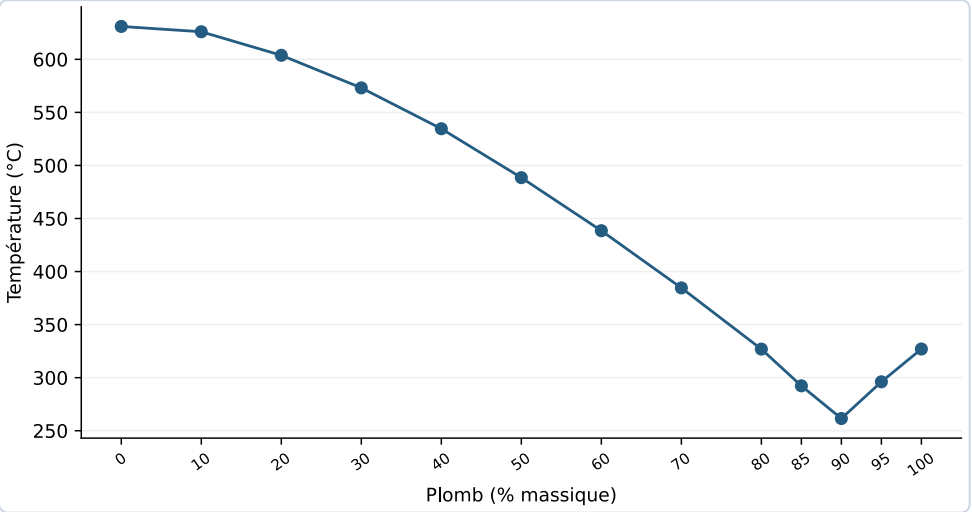
Prélever environ $51{,}1\ \mathrm{mL}$ de solution commerciale d’acide chlorhydrique concentré.

3. Étude du diagramme d’équilibre des alliages plomb-antimoine

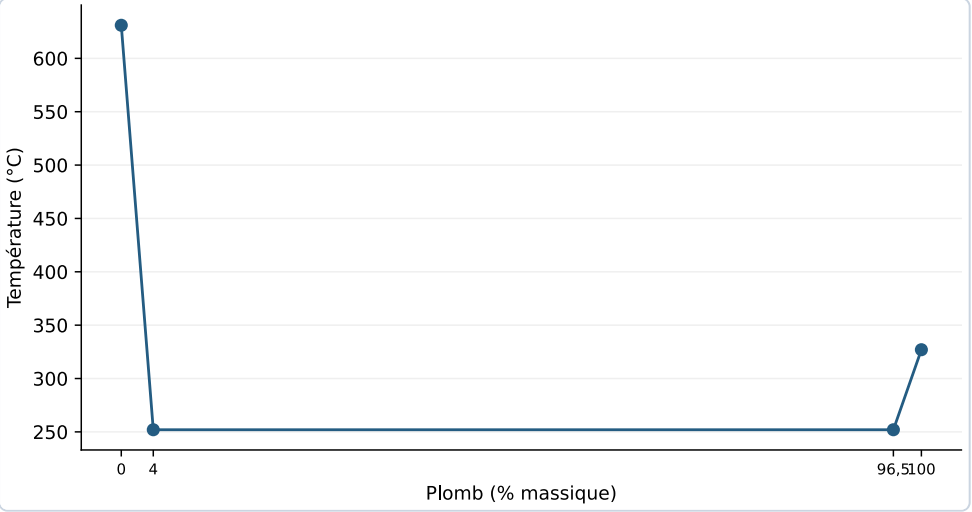
Des alliages plomb-antimoine de même masse sont refroidis dans les mêmes conditions, et les températures de début et de fin de solidification sont relevées pour différentes teneurs en plomb. Les données, les domaines de miscibilité et l’absence de transformation à l’état solide servent à construire puis à exploiter le diagramme d’équilibre.

Question 1. Tracer le diagramme plomb-antimoine sur la feuille millimétrée à partir du tableau, en respectant les échelles indiquées : 10 cm pour 10 % de plomb en abscisse et 2 cm pour 100 °C en ordonnée.

Reporte les températures de début de solidification du tableau pour tracer le liquidus. Trace le solidus à 252 °C entre 4 % et 96,5 % Pb, puis relie ses extrémités aux températures de fusion des corps purs. Les échelles demandées sont 1 cm par 1 % Pb et 1 cm par 50 °C.



Liquidus : données de début de solidification du tableau.



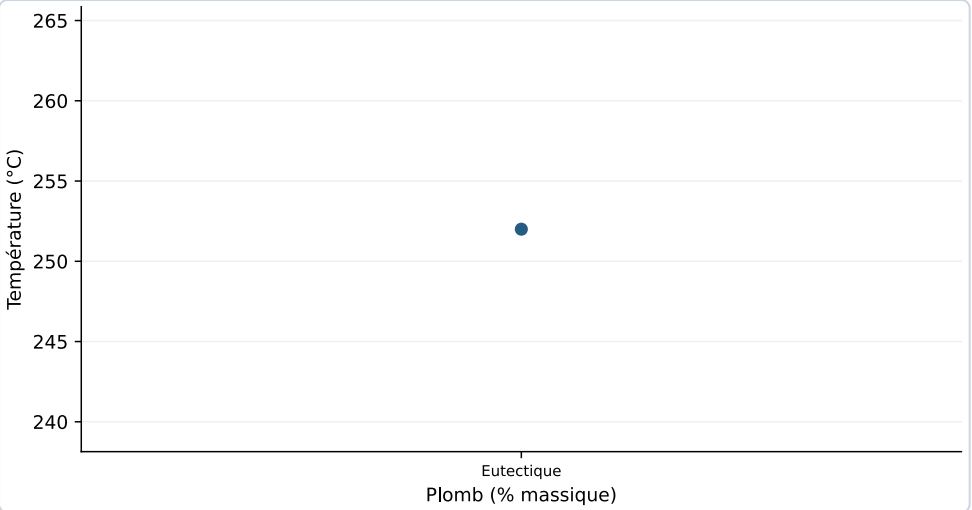
Solidus : palier eutectique entre les limites de miscibilité.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Liquidus tracé à partir des températures de début de solidification; solidus avec palier eutectique à 252 °C.

Question 2. Déterminer les coordonnées du point eutectique.

Le palier de fin de solidification donne la température eutectique, 252 °C. La composition se lit à l'intersection du palier avec les branches du liquidus; le minimum mesuré est proche de 90 % Pb. On retient donc une composition eutectique approximative de 90 % Pb.



✓ RÉPONSE À RETENIR

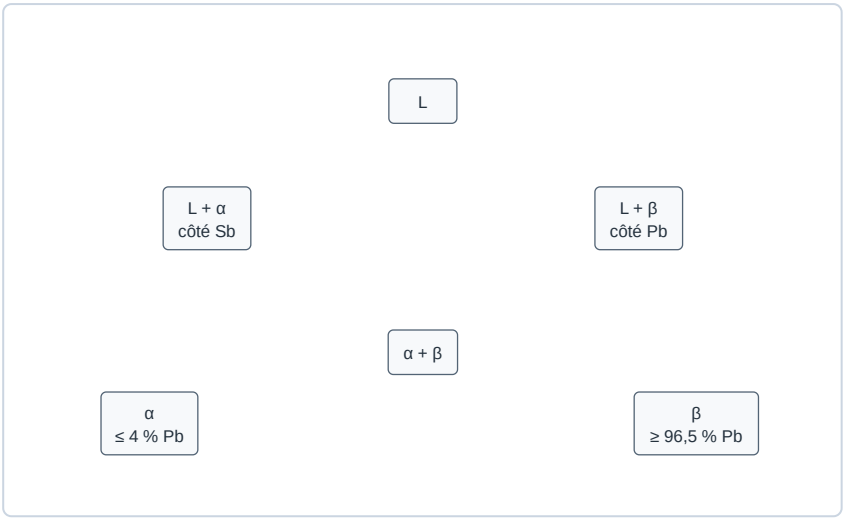
Point eutectique : environ (90 % Pb; 252 °C).

Question 3. Nommer les courbes tracées sur le diagramme et indiquer les phases présentes dans les différentes zones délimitées par ces courbes.

Le liquidus sépare le liquide du domaine liquide + solide; le solidus marque la fin de solidification. Les solutions solides sont nommées dans l'ordre croissant de teneur en plomb : α, riche en antimoine, puis β, riche en plomb.

Zone	Phases
Au-dessus du liquidus	L
Entre liquidus et solidus, côté Sb	L + α
Entre liquidus et solidus, côté Pb	L + β
Sous le palier, entre 4 % et 96,5 % Pb	α + β
Solide à ≤ 4 % Pb	α
Solide à ≥ 96,5 % Pb	β

Domaines de phases du diagramme Pb-Sb



Répartition qualitative des phases, avec α riche en antimoine et β riche en plomb.

✓ RÉPONSE À RETENIR

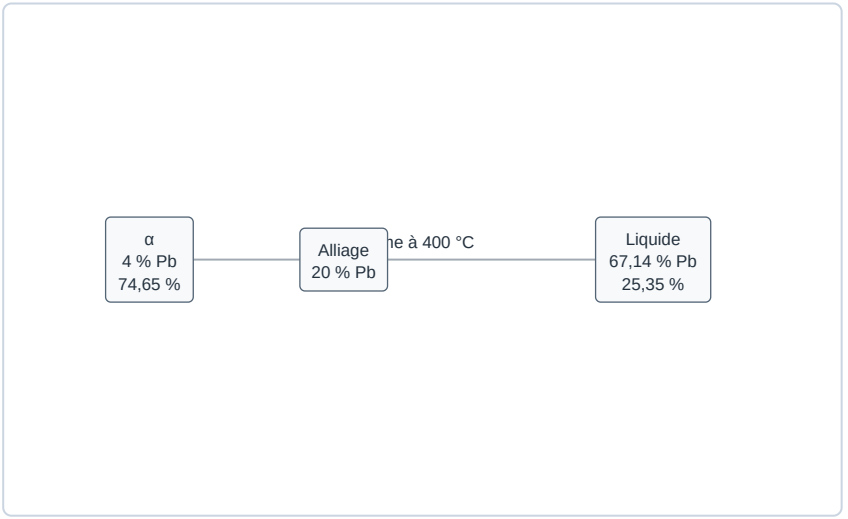
α : solution solide riche en Sb; β : solution solide riche en Pb; sous l'eutectique : α + β.

Question 4. Pour un alliage à 20 % de plomb et à 400 °C, indiquer les phases présentes, le pourcentage de plomb dans chacune d'elles et les proportions respectives de ces phases.

À 400 °C, l'alliage à 20 % Pb se trouve dans le domaine liquide + α. L'interpolation du liquidus entre 70 % Pb à 384,6 °C et 60 % Pb à 438,5 °C donne la composition du liquide. La phase α est à 4 % Pb, limite de miscibilité. La règle du levier donne :

$f_\alpha = (C_L - 20)/(C_L - 4)$ et $f_L = (20 - 4)/(C_L - 4)$.

Ligne d'équilibre à 400 °C



Compositions des phases et fractions massiques selon la règle du levier.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Liquide : 67,14 % Pb et 25,35 % en masse. α : 4 % Pb et 74,65 % en masse.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2003)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de Sciences Physiques et Chimiques du BTS Traitements des matériaux, session 2003, porte le code TMPC AB. D'une durée de 2 heures et de coefficient 2, elle traite du microscope optique, du réactif de Marble et du diagramme d'équilibre plomb-antimoine. Elle évalue les calculs, l'analyse d'un dosage, la préparation de solutions et l'exploitation de données expérimentales.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le grandissement de l'objectif est le rapport de la dimension de l'image intermédiaire à celle de l'objet.
- Le pouvoir séparateur vaut $\varepsilon = 0{,}61\ \lambda/(n \sin u)$, où $n \sin u$ est l'ouverture numérique.
- La précipitation des ions cuivre(II) suit l'équation $Cu^{2+} + 2\ OH^- \rightarrow Cu(OH)_2(s)$.
- Dans un domaine biphasé, la règle du levier permet de déterminer les proportions des phases à partir de leurs compositions.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les volumes en litres et tenir compte de la dilution avant d'utiliser les relations de dosage.
- Le volume au second point équivalent est un volume total, et non le volume ajouté après le premier équivalent.
- Comparer le pH de début de précipitation calculé au pH d'équivalence pour évaluer la validité du dosage.
- Sur le diagramme, tracer les courbes avec soin et utiliser une horizontale pour lire les compositions des phases.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment exploiter les graduations du micromètre oculaire pour mesurer l'objet ?

Multipliez le nombre de graduations couvertes par la longueur d'une graduation pour obtenir la dimension de l'image intermédiaire. Divisez ensuite cette dimension par le grandissement de l'objectif pour retrouver celle de l'objet.

Q : Pourquoi la précipitation intervient-elle dans le dosage du réactif de Marble ?

La soude neutralise d'abord l'acide chlorhydrique. Après le premier équivalent, les ions hydroxyde réagissent avec les ions cuivre(II) pour former $Cu(OH)_2$ solide. Cette réaction correspond au second point équivalent observé.

Q : Le sujet donne-t-il un barème par exercice ou par question ?

Aucun barème ni nombre de points par exercice ou question n'est imprimé sur les pages du sujet. Il faut donc organiser les deux heures selon le nombre et la difficulté des tâches, sans supposer de pondération particulière.

Q : Comment déterminer les phases et leurs proportions sur le diagramme ?

Repérez la composition globale et la température, puis situez leur intersection sur le diagramme pour identifier le domaine. Dans un domaine biphasé, une horizontale donne les compositions des phases aux limites et permet d'appliquer la règle du levier.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2003/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2003 - 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.