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 OPTICIEN LUNETIER • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Optique géométrique et physique

Session 2009 • Code sujet : **OLOGPH** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude de l'instrument : oculaire, objectif et champs (12 questions) **Page 3**

2. Utilisations de l'instrument (2 questions) **Page 8**

3. Traitement des surfaces optiques : couches antireflets (11 questions) **Page 9**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://coursbtsol.fr/assets/annales/bts-ol/E4.2 - Systèmes optiques - Optique géométrique et physique/2009/BTS OL - E4.2 - Systèmes optiques - Optique géométrique et physique - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

1. Étude de l’instrument : oculaire, objectif et champs

Le sujet étudie un microscope composé d’un objectif convergent et d’un oculaire à deux lentilles, dont les caractéristiques, le grossissement commercial et l’intervalle optique sont fournis. Il s’agit de déterminer les éléments cardinaux et les puissances, d’étudier les champs, puis de construire la marche d’un faisceau dans l’instrument.

I - L’oculaire

Question 1). Déterminer le paramètre « a » de l’oculaire, puis en déduire les distances focales images f'1 et f'2 des lentilles L1 et L2, ainsi que la distance O1O2.

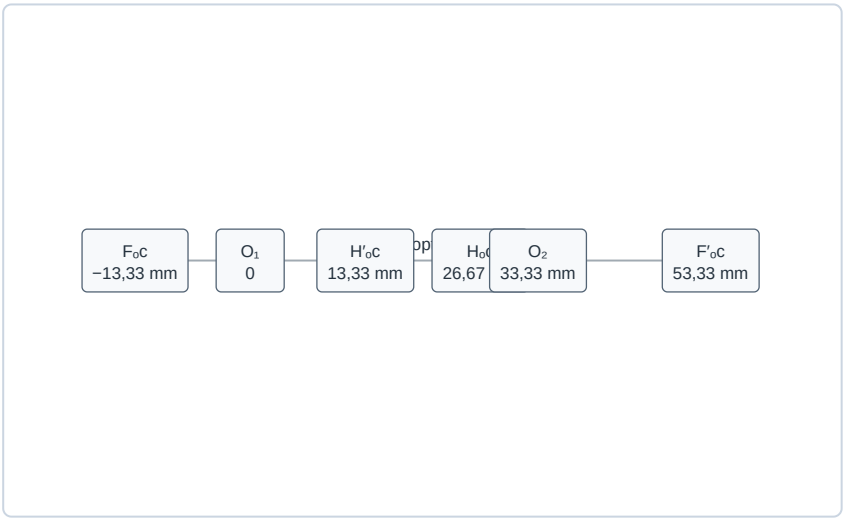
Le symbole (4 ; 3 ; 2) donne $f'_1 = 4a$, $f'_2 = 3a$ et $O_1O_2 = 2a$. Pour deux lentilles séparées, $P_{io}c = 1/f'_1 + 1/f'_2 - O_1O_2/(f'_1f'_2) = 5/(12a)$. Avec $P_{io}c = 50\ \delta$, on obtient $a = 5/(12 \times 50)$ m, puis les trois distances par proportionnalité.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $a = 8{,}33$ mm ; $f'_1 = 33{,}3$ mm ; $f'_2 = 25{,}0$ mm ; $O_1O_2 = 16{,}7$ mm.

Question 2). Déterminer graphiquement, sur un schéma à l’échelle 2, les éléments cardinaux Foc, F'oc, Hoc et H'oc de l’oculaire.

La focale équivalente de l’oculaire vaut $1/P_{io}c = 20$ mm. Les plans principaux sont à $O_1H_oc = 13{,}33$ mm et $O_1H'_oc = 6{,}67$ mm. Les foyers se trouvent à 20 mm de leur plan principal correspondant. Le schéma ci-dessous donne les positions à reporter à l’échelle 2.

Oculaire : éléments cardinaux à l’échelle 2



Distances reportées depuis O_1 et doublées pour respecter l’échelle 2.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F_oc = -6{,}67$ mm ; $H_oc = 13{,}33$ mm ; $H'_oc = 6{,}67$ mm ; $F'_oc = 26{,}67$ mm, mesurés depuis O_1.

Question 3). Calculer la position du foyer objet de l'oculaire O1Foc. Indiquer si l'oculaire est négatif ou positif et justifier la réponse.

Le foyer objet est à 20 mm à gauche de H_oc. Comme H_oc est à 13,33 mm à droite de O_1, $O_1F_oc = 13,33 - 20 = -6,67$ mm. Il se trouve donc du côté objet, avant la première lentille : l'oculaire est positif.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $O_1F_oc = -6,67$ mm ; l'oculaire est positif.

Question 4). Les lentilles L1 et L2 étant réalisées dans le même matériau, déterminer si l'oculaire présente un achromatisme apparent et justifier la réponse.

Non. Les deux lentilles convergentes, faites du même matériau, ont des puissances chromatiques de même sens. Leurs effets dispersifs s'ajoutent au lieu de se compenser, contrairement à ce qui est nécessaire pour un achromatisme apparent.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'oculaire ne présente pas d'achromatisme apparent.

II - Étude de l'objectif

Question 5). Calculer la puissance intrinsèque de ce microscope.

Pour l'œil emmétrope désaccommodé, Gc = 0,25 Pi, où 0,25 m est la distance conventionnelle de vision distincte. Donc Pi = Gc/0,25 = 250/0,25 = 1000 m^{-1}.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance intrinsèque du microscope : 1000 δ.

Question 6). Établir une relation exprimant la puissance du microscope en fonction de celle de l'oculaire et du grandissement de l'objectif.

Le grossissement en valeur absolue est le produit du grandissement transversal de l'objectif et du grossissement angulaire intrinsèque de l'oculaire. Avec un grandissement algébrique γ_0 négatif pour l'image intermédiaire renversée, la relation s'écrit $Pi = -\gamma_0 P_{io}c$. Ainsi, $Pi = |\gamma_0| P_{io}c$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Pi = -\gamma_0 P_{io}c$, soit $Pi = |\gamma_0| P_{io}c$.

Question 7). Déduire le grandissement de l'objectif, puis calculer sa distance focale image f'0.

La relation précédente donne $|\gamma_0| = Pi/P_{io}c = 1000/50 = 20$. L'image intermédiaire étant renversée, $\gamma_0 = -20$. Pour l'objectif, $|\gamma_0| = 1 + \Delta/f'_0$, donc $f'_0 = 180/(20 - 1) = 9{,}47$ mm.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\gamma_0 = -20$; $f'_0 = 9{,}47$ mm.

Question 8). Déterminer et calculer, par rapport à F0, la position du foyer principal objet Φ du microscope. Préciser la position de l'objet AB par rapport à F0.

Le point Φ est conjugué de F_oc par l'objectif. La relation de Newton donne $F_0\Phi \times F'_0F_oc = -f'^2_0$. Or $F'_0F_oc = \Delta = 180$ mm, donc $F_0\Phi = -(9{,}47)^2/180 = -0{,}499$ mm. L'objet AB doit être placé en Φ, légèrement en amont de F_0, du côté objet.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F_0\Phi = -0{,}499$ mm ; AB est placé 0,499 mm en amont de F_0.

III - Étude des champs

Question 9). En supposant le diaphragme d'ouverture confondu avec le plan focal image de l'objectif, calculer son diamètre.

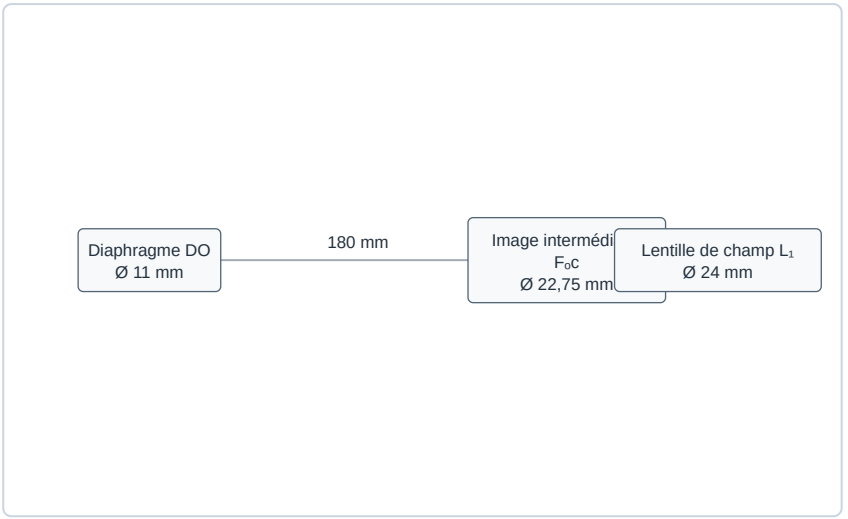
Dans le plan focal image de l'objectif, le diamètre du diaphragme vaut $D_0 = 2f'_0 \sin u$. Avec l'ouverture numérique $n \sin u = 0{,}6$ et l'espace objet dans l'air, $D_0 = 2 \times 9{,}47 \times 0{,}6 = 11{,}4$ mm.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Diamètre du diaphragme d'ouverture : $D_0 \approx 11{,}4$ mm.

Question 10). La lentille de champ de l'oculaire a un diamètre de 24 mm et le verre d'œil ne limite pas les faisceaux. En supposant que le diaphragme d'ouverture a un diamètre de 11 mm, déterminer et calculer, dans l'espace image de l'objectif, le diamètre du champ de pleine lumière. Joindre un schéma pour justifier les calculs.

Le diaphragme d'ouverture est à 180 mm du plan image intermédiaire F_oc. La lentille de champ L_1 est 6,67 mm au-delà de ce plan et son rayon est 12 mm. Par triangles semblables, le rayon du champ de pleine lumière est $r = (12 \times 180 - 5{,}5 \times 6{,}67)/(180 + 6{,}67) = 11{,}375$ mm. Le diamètre vaut 2r.

Champ de pleine lumière dans le plan image intermédiaire



L'ouverture de L_1 limite le champ de pleine lumière au plan F_oc.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Diamètre du champ de pleine lumière dans le plan image intermédiaire : 22,75 mm.

Question 11). Indiquer où placer un diaphragme D pour éliminer le champ de contour, puis déterminer son diamètre.

Le diaphragme de champ D se place dans le plan de l'image intermédiaire, au foyer objet F_oc de l'oculaire. Il limite le champ observé et élimine le champ de contour. Son ouverture correspond au diamètre du champ de pleine lumière, obtenu par la construction géométrique avec DO et la lentille de champ.

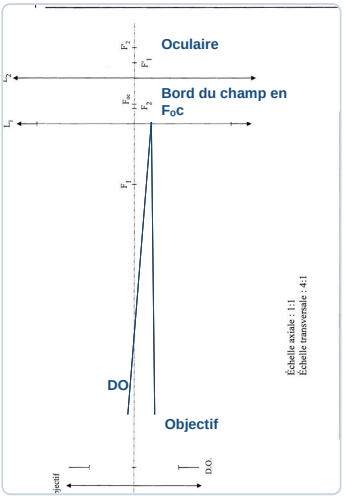
✓ RÉPONSE À RETENIR

Placer D en F_oc ; diamètre de son ouverture : 22,75 mm.

Question 12). Sur la feuille-réponse, tracer à travers le microscope la marche d'un faisceau issu du bord du champ de pleine lumière et sous-tendu par le diaphragme d'ouverture DO.

Le faisceau correspondant au bord du champ de pleine lumière est limité par les bords opposés de DO. Tracer les rayons limites entre ce point image, situé en F_oc, et les bords de DO, puis poursuivre leur marche à travers l'objectif et l'oculaire. L'annotation est portée sur la feuille-réponse.

Faisceau au bord du champ de pleine lumière



✓ RÉPONSE À RETENIR

Faisceau limite du bord du champ de pleine lumière, transmis par DO et traversant le microscope.

2. Utilisations de l’instrument

Le microscope sert à étudier sa limite de résolution et à mesurer l’épaisseur et l’indice d’une lame à faces parallèles. La mesure de la lame repose sur trois lectures correspondant à la visée de sa face supérieure, de l’image de sa face inférieure et du plan de référence après retrait de la lame.

Question 13). Déterminer la limite de résolution de l’instrument.

La résolution de Rayleigh de l’objectif est $d_o = 0{,}61\lambda/\mathrm{NA} = 0{,}61 \times 550 \times 10^{-9}/0{,}6 = 5{,}59 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$. Avec le grossissement commercial $G_c = 250$, le détail minimal discernable par l’œil correspond à $d_e = 0{,}25 \times 3 \times 10^{-4}/250 = 3{,}0 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$. La résolution de l’instrument est limitée par la valeur la plus grande : l’objectif, avec $d_o > d_e$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Limite de résolution : $5{,}6 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$, soit 0,56 µm.

Question 14). Une lame à faces parallèles d’indice N est posée sur la platine. À partir des lectures x1 = 18,342 mm pour la face supérieure, x2 = 17,008 mm pour l’image de la face inférieure et x3 = 16,302 mm pour le plan horizontal après retrait de la lame, calculer son épaisseur e et en déduire son indice N.

L’épaisseur réelle est la différence entre la position de la face supérieure et celle du plan de la platine après retrait de la lame : $e = |x_1 - x_3| = |18{,}342 - 16{,}302| = 2{,}040\,\mathrm{mm}$. L’épaisseur apparente est l’écart entre la face supérieure et l’image de la face inférieure : $e' = |x_1 - x_2| = |18{,}342 - 17{,}008| = 1{,}334\,\mathrm{mm}$. Pour une lame à faces parallèles, $e' = e/N$, donc $N = e/e' = 2{,}040/1{,}334 \approx 1{,}53$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Épaisseur : 2,040 mm ; indice : $N \approx 1{,}53$.

3. Traitement des surfaces optiques : couches antireflets

Le sujet étudie le traitement antireflet monocouche des lentilles du microscope, à incidence quasi normale, en tenant compte des réflexions aux interfaces air-couche et couche-verre. Les questions portent sur le choix de l'indice et de l'épaisseur, puis sur la comparaison des coefficients de réflexion et de transmission de l'instrument traité et non traité.

I - Choix de l'indice

Question 15). À partir de la relation donnée pour le coefficient de réflexion en amplitude r = (n' - n)/(n' + n), déduire les expressions des coefficients r1 et r2 aux deux dioptres.

On applique la relation donnée à chaque interface, dans le sens de propagation : de l'air d'indice n_0 vers la couche d'indice n_c, puis de la couche vers le verre d'indice n.

$r_1 = (n_c - n_0)/(n_c + n_0)$ et **$r_2 = (n - n_c)/(n + n_c)$**.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $r_1 = (n_c - n_0)/(n_c + n_0)$; $r_2 = (n - n_c)/(n + n_c)$.

Question 16). En supposant que l'efficacité du traitement est optimale lorsque r1 et r2 sont égaux, établir la relation entre les indices de la couche antireflet et du verre, puis calculer l'indice théorique de la couche pour un verre d'indice n = 1,52.

À l'optimum, on égalise les deux coefficients : $(n_c - n_0)/(n_c + n_0) = (n - n_c)/(n + n_c)$. La simplification donne $n_c^2 = n_0 n$. Pour l'air, $n_0 = 1$; avec n = 1,52, l'indice théorique est la racine carrée de 1,52.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_c = \sqrt{1,52} \approx 1,23$.

Question 17). Indiquer les conséquences de l'utilisation pratique d'une couche de cryolithe d'indice nc = 1,35.

L'indice de la cryolithe, 1,35, est supérieur à l'indice théorique optimal, voisin de 1,23. Les coefficients de réflexion aux deux interfaces ne sont donc pas égaux : la réflexion n'est pas annulée au mieux. Le traitement reste efficace, mais une réflexion résiduelle subsiste, comme le confirme le calcul de la question 23.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La cryolithe réduit les réflexions, mais son indice ne permet pas l'optimum théorique.

II - Détermination de l'épaisseur

Question 18). Rappeler, en fonction de l'épaisseur e et de l'indice nc, l'expression de la différence de chemin optique δ entre les ondes réfléchies Φ2 et Φ1.

À incidence quasi normale, l'onde réfléchie sur la seconde interface effectue un aller-retour dans la couche. Son chemin optique dans celle-ci vaut donc deux fois l'épaisseur géométrique, multipliée par l'indice de la cryolithe :

$\delta = 2n_c e$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\delta = 2n_c e$.

Question 19). Préciser la condition d'interférence pour que la couche joue le rôle d'antireflet, puis donner l'égalité que doit vérifier la différence de chemin optique entre les ondes Φ2 et Φ1.

Pour que la couche joue le rôle d'antireflet, les ondes réfléchies Φ_1 et Φ_2 doivent interférer de façon destructive. La différence de phase due au trajet dans la couche doit donc être un multiple impair de π, soit une différence de chemin optique égale à un multiple impair de la demi-longueur d'onde.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Interférences destructives : $\delta = (2k + 1)\lambda/2$, avec k entier.

Question 20). Déduire l'épaisseur minimale de la couche de cryolithe à déposer sur le verre, en utilisant la longueur d'onde λ = 550 nm.

Avec $\delta = 2n_c e$ et la condition d'interférence destructive, on obtient $e = (2k + 1)\lambda/(4n_c)$. L'épaisseur minimale correspond à k = 0. Pour λ = 550 nm et $n_c = 1{,}35$, on calcule le quart de longueur d'onde dans la couche.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $e_{min} \approx 102$ nm, soit $1{,}02 \times 10^{-7}$ m.

III - Efficacité de l'antireflet

Question 21). Pour un verre d'indice n = 1,52, calculer le coefficient de réflexion en intensité Rv du dioptre air-verre en l'absence de traitement.

À incidence quasi normale, la réflexion en intensité est le carré du coefficient de réflexion en amplitude. Pour le dioptre air-verre, $n_0 = 1$ et $n = 1{,}52$:

$R_v = ((n - n_0)/(n + n_0))^2 = ((1{,}52 - 1)/(1{,}52 + 1))^2$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$R_V \approx 0{,}0426$, soit 4,26 % par face.

Question 22). À partir du coefficient de réflexion sans traitement, déduire le coefficient de transmission en intensité T de l'instrument.

Les trois lentilles présentent six faces. En négligeant l'absorption et les autres pertes, chaque face transmet la fraction $1 - R_V$. Les transmissions des six faces se multiplient :

$T = (1 - R_V)^6$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$T \approx 0{,}770$, soit 77,0 %.

Question 23). À l'aide de la formule fournie, calculer le coefficient de réflexion en intensité d'une face traitée antireflet avec une couche de cryolithe d'indice nc = 1,35.

La formule fournie pour une face traitée est $R = ((n_0 n - n_c^2)/(n_0 n + n_c^2))^2$. Avec $n_0 = 1$, $n = 1{,}52$ et $n_c = 1{,}35$, on obtient la réflexion résiduelle par face.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$R \approx 0{,}00819$, soit 0,819 % par face traitée.

Question 24). Calculer le coefficient de transmission total T de l'instrument équipé des lentilles traitées.

Les six faces traitées transmettent chacune la fraction $1 - R$. En négligeant l'absorption, la transmission totale de l'instrument est donc :

$T = (1 - 0{,}00819)^6$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$T \approx 0{,}952$, soit 95,2 %.

Question 25). Conclure sur l'efficacité du traitement antireflet en comparant les résultats obtenus.

Le traitement à la cryolithe augmente la transmission calculée de l'instrument de 77,0 % à 95,2 %. Il réduit donc fortement les pertes par réflexion, même si l'indice de la cryolithe ne correspond pas à l'optimum théorique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le traitement est efficace : la transmission passe d’environ 77,0 % à 95,2 %.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2009)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de BTS Opticien Lunetier, session 2009, code OLOGPH, dure 2 heures et a un coefficient 3. Elle étudie un microscope composé et le traitement antireflet de ses lentilles. Les compétences évaluées concernent les systèmes optiques, les constructions de rayons, les champs, la résolution, la mesure d'une lame et l'analyse des réflexions, interférences et transmissions.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La puissance intrinsèque du microscope se relie à la puissance de l'oculaire et au grandissement de l'objectif.
- L'ouverture numérique de l'objectif, n sin u, caractérise l'acceptance angulaire et intervient dans l'étude des faisceaux.
- Pour une couche antireflet monocouche à incidence normale, l'épaisseur de quart d'onde vérifie e = λ/(4nc).
- Pour trois lentilles à deux faces chacune, la transmission totale s'évalue en combinant les transmissions des six faces optiques.

Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter les conventions de signes et distinguer les foyers objet et image de chaque système optique.
- Pour les schémas, placer d'abord les plans, diaphragmes et éléments cardinaux avant de tracer les faisceaux.
- Associer chaque lecture de mise au point à la visée correspondante avant de calculer épaisseur et indice de la lame.
- Ne pas confondre coefficients de réflexion en amplitude et en intensité, et tenir compte des six faces des lentilles.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer les éléments cardinaux de l'oculaire composé ?

Déterminez d'abord les focales des deux lentilles et leur séparation. Combinez ensuite leurs effets pour localiser les foyers et plans principaux, en vérifiant les conventions de signes et l'échelle demandée pour la construction.

Q : Pourquoi une couche antireflet réduit-elle la lumière réfléchie ?

Les réflexions aux deux interfaces de la couche produisent des ondes qui interfèrent. Un indice et une épaisseur adaptés rendent ces ondes réfléchies opposées en phase, ce qui réduit la réflexion et augmente la transmission.

Q : Comment organiser les deux heures de l'épreuve ?

Le sujet ne fixe pas de durée par partie ni de barème détaillé. Avancez régulièrement dans les trois parties, réservez du temps aux schémas et vérifiez les unités, les signes et les résultats avant de rendre la feuille-réponse.

Q : Le sujet indique-t-il un barème ou des normes de notation ?

Aucun barème détaillé ni grille de notation n'est imprimé dans le sujet. Les consignes demandent notamment des calculs, des justifications, des schémas lorsque nécessaire et une conclusion comparant l'efficacité du traitement antireflet.

Sujet officiel associé (PDF) : https://coursbtsol.fr/assets/annales/bts-ol/E4.2 - Systèmes optiques - Optique géométrique et physique/2009/BTS OL - E4.2 - Systèmes optiques - Optique géométrique et physique - Session 2009 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Opticien Lunetier : 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.