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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BP Froid, veuillez visiter :
bpfroid.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET PROFESSIONNEL

INSTALLATEUR, DÉPANNEUR EN FROID ET CONDITIONNEMENT D'AIR

SESSION 2026

ÉPREUVE E1 - U10 : PRÉPARATION D'UN SYSTÈME THERMODYNAMIQUE

Coefficient : 4 Durée : 4 heures

Dossiers sujet, technique et ressources fournis. Calculatrice autorisée conformément aux consignes figurant sur la page de garde.

Composition de l'épreuve	Support
PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE (5 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 2 : ÉTUDE TECHNOLOGIQUE, CHOIX DES MATÉRIAUX ET DIMENSIONNEMENT (8 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 3 : PRÉPARATION DE FABRICATION ET PROTOCOLE OPÉRATOIRE (4 points)	Dossier Questionnement
PARTIE 4 : PRÉVENTION ET SÉCURITÉ (3 points)	Dossier Questionnement
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES (DT 1, DT 2, DT 3)	Fourni avec le sujet
DOCUMENTS RÉPONSES (DR 1, DR 2) : À RENDRE AVEC LA COPIE	Fin de sujet

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

LES DOCUMENTS RÉPONSES SITUÉS EN FIN DE DOSSIER SONT À COMPLÉTER ET À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : FROID SERVICES ATLANTIQUE, CHANTIER DE LA CONSERVERIE LES VIVIERS DE L'ESTUAIRE, LA ROCHELLE (CHARENTE-MARITIME)

L'entreprise Froid Services Atlantique réalise une chambre froide positive destinée au stockage temporaire de produits conditionnés. Vous êtes chargé de préparer le dimensionnement, le quantitatif et l'organisation des travaux avant commande du matériel et intervention sur site.

La chambre présente des dimensions intérieures de 4,00 m × 3,00 m × 2,50 m. La température de consigne est de +2 °C. La température extérieure de calcul est de +32 °C. Le client impose une température de conservation des produits inférieure ou égale à +4 °C, une disponibilité des équipements et une traçabilité des opérations. La puissance frigorifique utile calculée devra intégrer une majoration de 15 % et être assurée avec un temps de fonctionnement maximal du compresseur de 18 h par jour.

Les dossiers technique et ressources fournissent les données nécessaires. Les candidats détaillent les calculs, indiquent les unités et justifient les choix retenus. Les résultats numériques sont arrondis au centième, sauf indication contraire. Les documents réponse DR 1 et DR 2 sont à compléter et à rendre avec la copie.

PARTIE 1 : ANALYSE FONCTIONNELLE ET RÉGLEMENTAIRE (5 points)

Exploiter le cahier des charges et identifier les exigences applicables

À partir de la mise en situation et des documents DT 1 à DT 3, caractérisez l'installation et les contraintes à prendre en compte avant les travaux.

Données principales du projet

Paramètre	Valeur	Unité
Température de la chambre	+2	°C
Température extérieure de calcul	+32	°C
Apport journalier par renouvellement d'air	7,20	kWh/j
Puissance des équipements internes	0,45 pendant 10 h/j	kW et h/j
Temps maximal de fonctionnement du compresseur	18	h/j

Les données sont précisées dans les dossiers technique et ressources.

1.1 (1,5 point) Décrire la fonction de l'installation et identifier les principaux éléments de la chaîne frigorifique à prévoir, depuis l'évaporation jusqu'à la condensation. Préciser la fonction de l'évaporateur, du compresseur, du condenseur et du détendeur.

1.2 (2 points) Relever deux exigences du cahier des charges relatives à la conservation des produits et deux exigences relatives à la préparation ou à l'exploitation de l'installation. Pour chacune, préciser une vérification ou une disposition à prévoir sur le chantier.

1.3 (1,5 point) À l'aide du DT 3, citer deux références réglementaires ou normatives pertinentes pour cette installation et préciser le risque ou l'exigence traité par chacune. Indiquer également une mesure de traçabilité à inscrire dans le dossier de l'installation.

PARTIE 2 : ÉTUDE TECHNOLOGIQUE, CHOIX DES MATÉRIAUX ET DIMENSIONNEMENT (8 points)

Établir le bilan thermique, vérifier les performances et quantifier les fournitures

Les calculs sont à présenter avec les formules, les substitutions numériques et les unités. Pour un apport thermique journalier exprimé en kWh/j, la puissance frigorifique moyenne correspondant à 18 h de fonctionnement est obtenue par division par 18 h/j, avec conversion en kW. La puissance à installer est ensuite majorée de 15 %.

Synthèse des données de dimensionnement

Élément	Donnée	Unité
Coefficient de transmission des parois verticales	0,25	W/(m²·K)
Coefficient de transmission du plafond	0,20	W/(m²·K)
Coefficient de transmission du plancher	0,30	W/(m²·K)
Chaleur massique des produits	3,70	kJ/(kg·K)
Masse journalière de produits entrant à +12 °C	400	kg/j
Écart de température des produits à obtenir	10	K

Valeurs de calcul fournies pour cette étude.

2.1 (2 points) Calculer les surfaces des parois verticales, du plafond et du plancher à partir des dimensions intérieures. Calculer ensuite les apports par transmission en utilisant $\Phi = U \times A \times \Delta T$. Pour les parois verticales et le plafond, prendre $\Delta T = 30\,K$. Pour le plancher, prendre $\Delta T = 16\,K$. Donner la puissance totale de transmission en W, puis l'énergie correspondante sur 24 h en kWh/j.

2.2 (2 points) Calculer l'énergie journalière nécessaire au refroidissement des produits avec $E = m \times c \times \Delta T$. Convertir le résultat en kWh/j. Établir ensuite le bilan énergétique journalier en ajoutant les apports par transmission, les renouvellements d'air et les équipements internes. En déduire la puissance frigorifique minimale à installer, majoration de 15 % comprise, pour un fonctionnement maximal de 18 h/j. Reporter les résultats dans le DR 1.

2.3 (2 points) À partir des enthalpies données au DT 2, calculer l'effet frigorifique massique $q_0 = h_1 - h_4$, le travail massique du compresseur $w = h_2 - h_1$, le débit massique pour une puissance utile sélectionnée de 1,80 kW avec $\dot{m} = \Phi_0 / q_0$, puis le COP théorique $COP = q_0 / w$. Calculer enfin le débit volumique aspiré en m³/h à l'aide du volume massique fourni au DT 2.

2.4 (1 point) Pour un panneau isolant de paroi d'épaisseur 100 mm et de conductivité thermique $\lambda = 0,022\,W/(m \cdot K)$, calculer la résistance thermique de la couche avec $R = e/\lambda$. Vérifier si elle satisfait l'exigence de projet $R \geq 4,00\,m^2 \cdot K/W$.

2.5 (1 point) À partir des longueurs de parcours du DT 1 et des prix unitaires du DT 3, établir le métrage à commander en cuivre et en isolant en ajoutant 5 % de réserve. Calculer le coût de ces fournitures et préciser le taux de chute correspondant à la réserve appliquée. Reporter le quantitatif dans le DR 1.

PARTIE 3 : PRÉPARATION DE FABRICATION ET PROTOCOLE OPÉRATOIRE (4 points)

Préparer le matériel, les débits et les opérations de montage

Les composants sélectionnés et les longueurs de parcours sont fournis dans les dossiers techniques. Préparer les opérations de fabrication et de montage de manière à limiter les pertes, préserver la propreté du circuit et assurer la traçabilité des contrôles.

Données de préparation des opérations

Opération ou fourniture	Donnée de préparation	Unité
Parcours de chaque ligne frigorifique	8,00	m
Dilution du détergent de nettoyage	1 volume de concentré pour 9 volumes d'eau	rapport volumique
Foret pour supports en acier	Ø 8	mm
Vitesse de coupe recommandée dans l'acier	25	m/min

Les prix, dimensions et paramètres opératoires sont fournis au DT 3.

3.1 (2 points) Compléter le DR 2 avec la nomenclature et la feuille de débit : désigner les lignes frigorifiques, leurs diamètres, les longueurs nettes et les longueurs à commander après réserve de 5 %, ainsi que les accessoires nécessaires indiqués au DT 3. Calculer la quantité de concentré et d'eau nécessaire pour préparer 10 L de solution de nettoyage au rapport indiqué.

3.2 (1 point) Pour le perçage des supports en acier avec le foret de 8 mm, calculer la vitesse de rotation théorique avec $n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D}$, où V_c est en m/min et D en mm. Choisir le réglage disponible le plus proche parmi 630, 1 000 et 1 600 tr/min.

3.3 (1 point) Rédiger, dans le DR 2, un protocole opératoire synthétique comprenant au moins quatre étapes ordonnées, depuis la réception des composants jusqu'à la préparation du circuit avant mise en service. Faire apparaître les contrôles de propreté, d'étanchéité et de traçabilité prévus par le DT 3.

PARTIE 4 : PRÉVENTION ET SÉCURITÉ (3 points)

Sécuriser l'intervention et prévenir les risques liés au chantier

La préparation de l'intervention doit intégrer les risques liés aux manutentions, au travail en hauteur, aux opérations de brasage et à la manipulation du fluide frigorigène. Les dispositions de prévention du DT 3 sont à appliquer.

Situations à analyser avant intervention

Situation	Risque principal	Mesure de prévention
Brasage d'une tuyauterie cuivre	À compléter	À compléter
Manutention d'un groupe frigorifique	À compléter	À compléter
Intervention à proximité d'un circuit frigorigène	À compléter	À compléter

Compléter l'analyse à partir des situations et des mesures du DT 3.

4.1 (1,5 point) Compléter le tableau de prévention ci-dessus en indiquant, pour chaque situation, un risque principal et une mesure de prévention adaptée. Les mesures doivent être directement applicables sur ce chantier.

4.2 (1,5 point) Énoncer les vérifications à effectuer avant le brasage et avant une intervention sur le circuit frigorigène. Préciser les équipements de protection individuelle nécessaires et une mesure à prendre pour maintenir la zone de travail propre et accessible au personnel de la conserverie.

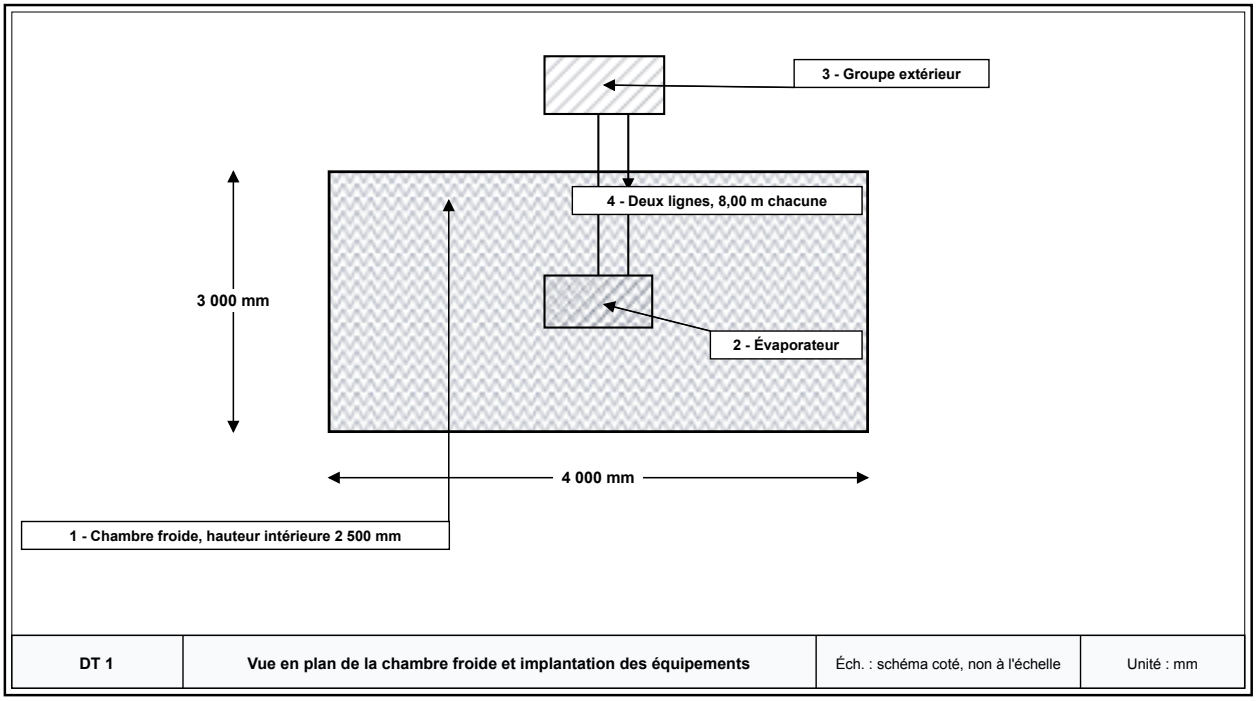
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : PLAN DE LA CHAMBRE FROIDE ET PARCOURS DES TUYAUTERIES

Chambre froide rectangulaire : dimensions intérieures 4 000 mm × 3 000 mm × 2 500 mm. Le plan ci-dessous représente la vue en plan. Le groupe frigorifique est installé à l'extérieur, au droit du mur nord. Le parcours entre le groupe et l'évaporateur comprend 8,00 m de ligne liquide et 8,00 m de ligne d'aspiration, longueurs incluant les montées et descentes. Prévoir un support de tuyauterie tous les 1,50 m au maximum, avec un support au départ et un support à l'arrivée de chaque parcours. Chaque ligne d'aspiration est calorifugée sur la totalité de son parcours.

Les dimensions portées sur le schéma sont des dimensions intérieures. La surface verticale totale est constituée des quatre murs. Le volume intérieur est de 30,0 m³.



Repères : 1 chambre froide, 2 évaporateur, 3 groupe frigorifique, 4 parcours des lignes frigorifiques.

Surfaces et parcours à retenir

Élément	Donnée	Unité
Longueur intérieure	4,00	m
Largeur intérieure	3,00	m
Hauteur intérieure	2,50	m
Ligne liquide, parcours complet	8,00	m
Ligne d'aspiration, parcours complet	8,00	m
Entraxe maximal des supports	1,50	m

Données géométriques utilisables pour les calculs.

DT 2 : DONNÉES THERMIQUES ET THERMODYNAMIQUES DE L'INSTALLATION

Les coefficients de transmission sont des données de calcul du projet. Les parois verticales donnent sur l'extérieur. Le plafond donne sur l'extérieur. Le plancher donne sur un local à +18 °C, soit un écart de 16 K par rapport à la chambre. Les apports par renouvellement d'air sont fournis sous forme d'énergie journalière et ne doivent pas être recalculés.

Pour le cycle frigorifique, les valeurs d'enthalpie sont fournies au point de fonctionnement retenu : évaporation à -8 °C et condensation à +45 °C. Le fluide indiqué dans la fiche de sélection est le R513A. Les propriétés ci-dessous sont des données de calcul du sujet. Le débit massique s'obtient par $\dot{m} = \Phi_0 / q_0$, avec Φ_0 en kW et q_0 en kJ/kg, ce qui donne un résultat en kg/s.

Données pour le bilan thermique journalier

Apport ou paramètre	Valeur	Unité
U des parois verticales	0,25	W/(m²·K)
U du plafond	0,20	W/(m²·K)
U du plancher	0,30	W/(m²·K)
Température des produits à l'entrée	+12	°C
Température finale des produits	+2	°C
Masse de produits entrant chaque jour	400	kg/j
Chaleur massique des produits	3,70	kJ/(kg·K)
Renouvellement d'air	7,20	kWh/j
Équipements internes	0,45 pendant 10 h/j	kW et h/j
Temps maximal compresseur	18	h/j
Majoration de dimensionnement	15	%

Valeurs à utiliser sans correction supplémentaire.

États du cycle et sélection des composants

Donnée	Valeur	Unité
Enthalpie à l'aspiration du compresseur, h1	398	kJ/kg
Enthalpie au refoulement du compresseur, h2	430	kJ/kg
Enthalpie liquide en sortie condenseur, h3	250	kJ/kg
Enthalpie après détente, h4 = h3	250	kJ/kg
Volume massique à l'aspiration	0,075	m³/kg
Puissance frigorifique du compresseur sélectionné au point de calcul	1,80	kW
Puissance frigorifique nominale de l'évaporateur sélectionné au point de calcul	2,10	kW
Puissance frigorifique requise du condenseur au point de calcul	2,25	kW

Valeurs fournies pour les calculs de cycle et la vérification des matériels.

DT 3 : FICHES MATÉRIEL, FOURNITURES, PRESCRIPTIONS DE CHANTIER ET PRÉVENTION

Fiche de sélection du matériel : installation frigorifique directe au R513A, fluide classé A1 dans la documentation de sélection fournie. Le compresseur délivre 1,80 kW au point de calcul indiqué au DT 2. L'évaporateur délivre 2,10 kW et le condenseur peut évacuer 2,25 kW au même point de calcul. Les diamètres retenus par la sélection constructeur sont 12,7 mm pour la ligne d'aspiration et 9,52 mm pour la ligne liquide. Ces diamètres sont des données de choix du sujet, ils ne sont pas à redimensionner.

Pour le quantitatif, ajouter une réserve de 5 % aux longueurs nettes de tuyauteries et d'isolant. Prix unitaires hors taxes : tube cuivre Ø 12,7 mm, 9,80 €/m ; tube cuivre Ø 9,52 mm, 7,20 €/m ; isolant pour ligne d'aspiration, 4,50 €/m ; supports de tuyauterie, 2,40 €/unité ; supports muraux métalliques, 6,80 €/unité. Le nombre de supports de tuyauterie est déterminé avec un support à chaque extrémité et un intervalle maximal de 1,50 m sur chaque parcours de 8,00 m. Le coût demandé porte sur les deux tubes cuivre et l'isolant d'aspiration, hors taxes.

La fiche du détergent de nettoyage des batteries prescrit une dilution volumique de 1 volume de concentré pour 9 volumes d'eau. Pour le perçage des supports en acier, la vitesse de coupe recommandée est de 25 m/min. Les vitesses disponibles de la perceuse sont 630, 1 000 et 1 600 tr/min.

Références à considérer dans le cadre du projet : NF EN 378, systèmes frigorifiques et pompes à chaleur, exigences de sécurité et d'environnement ; règlement (UE) 2024/573 relatif aux gaz à effet de serre fluorés ; règlement (CE) n° 852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires ; Code du travail, principes généraux de prévention et dispositions applicables aux travaux en hauteur et aux opérations de brasage. Les candidats s'appuient sur les exigences pertinentes sans réciter des numéros d'articles non fournis.

Consignes de chantier : vérifier à réception la référence, l'état et la compatibilité des composants ; obturer les extrémités des tubes jusqu'au montage ; protéger les matériaux combustibles avant brasage et disposer d'un moyen d'extinction adapté ; ventiler la zone ; porter lunettes, gants

adaptés et vêtements de travail ; utiliser un moyen de manutention approprié pour le groupe ; sécuriser l'accès en hauteur ; employer des équipements adaptés au fluide et ne pas rejeter volontairement le fluide dans l'atmosphère. Avant mise en service, effectuer les contrôles de propreté, d'étanchéité et de conformité aux notices applicables, puis consigner les résultats et les données d'identification du matériel dans le dossier de l'installation.

Caractéristiques, diamètres et fournitures

Équipement ou fourniture	Caractéristique	Prix unitaire HT
Compresseur	1,80 kW au point de calcul	Donnée de sélection
Évaporateur	2,10 kW au point de calcul	Donnée de sélection
Condenseur	2,25 kW au point de calcul	Donnée de sélection
Tube cuivre aspiration	Ø 12,7 mm	9,80 €/m
Tube cuivre liquide	Ø 9,52 mm	7,20 €/m
Isolant de ligne d'aspiration	Pour tube Ø 12,7 mm	4,50 €/m
Support de tuyauterie	Entraxe maximal 1,50 m	2,40 €/unité
Support mural métallique	Fixation du groupe	6,80 €/unité

Données de sélection et prix unitaires hors taxes.

Références et prescriptions à prendre en compte

Référence ou prescription	Domaine concerné	Application au chantier
NF EN 378	Sécurité et environnement des systèmes frigorifiques	Conception, installation et intervention selon les exigences applicables
Règlement (UE) 2024/573	Gaz à effet de serre fluorés	Réduire les émissions et assurer une manipulation adaptée du fluide
Règlement (CE) n° 852/2004	Hygiène des denrées alimentaires	Préserver l'hygiène et la maîtrise des températures de conservation
Code du travail	Prévention des risques professionnels	Organiser les opérations, les accès et les protections

Extraits de cadrage fournis pour l'analyse du chantier.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Tableau de calcul du bilan thermique et quantitatif matière — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases « ... » avec les calculs intermédiaires, les résultats et les unités. Joindre les feuilles de calcul si nécessaire. Ce document est à rendre avec la copie.

Bilan thermique journalier et puissance à installer

Calcul	Formule ou détail du calcul	Résultat	Unité
Surface des parois verticales	.....	.....	m²
Surface du plafond	.....	.....	m²
Surface du plancher	.....	.....	m²
Apports par transmission	.....	.....	W
Énergie journalière par transmission	.....	.....	kWh/j
Énergie de refroidissement des produits	.....	.....	kWh/j
Énergie des équipements internes	.....	.....	kWh/j
Bilan énergétique journalier total	.....	.....	kWh/j
Puissance minimale avec majoration de 15 %	.....	.....	kW

Compléter toutes les cases laissées en pointillés.

Quantitatif et coût matière

Fourniture	Longueur nette	Réserve	Longueur à commander	Prix unitaire HT	Coût HT
Tube cuivre Ø 12,7 mm	.....	.....	.....	9,80 €/m	.....
Tube cuivre Ø 9,52 mm	.....	.....	.....	7,20 €/m	.....
Isolant de ligne d'aspiration	.....	.....	.....	4,50 €/m	.....
Total fournitures calculées	.....	.....	.....	.....	.....

Appliquer une réserve de 5 % aux longueurs nettes indiquées.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Nomenclature, feuille de débit et protocole opératoire — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux et rédiger les étapes du protocole dans les espaces laissés en pointillés. Indiquer les unités et les contrôles associés.

Nomenclature et feuille de débit

Repère	Désignation	Diamètre ou caractéristique	Longueur nette ou quantité	Réserve ou calcul	Quantité à commander
A	Tube cuivre ligne d'aspiration	.....	.....	.....	.....
B	Tube cuivre ligne liquide	.....	.....	.....	.....
C	Isolant de la ligne d'aspiration	.....	.....	.....	.....
D	Supports de tuyauterie	Entraxe maximal 1,50 m	.....	Calcul à justifier	.....
E	Solution de nettoyage, volume final 10 L	1 volume concentré pour 9 volumes d'eau	.....	Calcul des volumes	.....

Les diamètres et parcours de base figurent dans les dossiers techniques.

Protocole opératoire et contrôles

Étape	Opération	Contrôle ou mesure de prévention
1	.....	.....
2	.....	.....
3	.....	.....
4	.....	.....
5	.....	.....

Présenter les étapes dans l'ordre logique de préparation et de réalisation.

Cadre réservé aux justifications, calculs complémentaires ou schémas du candidat :

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.