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

BACHELOR UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE

GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS, PARCOURS CONCEPTION DES PROCÉDÉS ET INNOVATION TECHNOLOGIQUE

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE C5 : PARTICIPER À LA DÉFINITION ET AU SUIVI D'UN PROJET D'INSTALLATION D'ÉQUIPEMENTS DE TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE ET DE L'ÉNERGIE PAR VOIE CHIMIQUE OU BIOLOGIQUE

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
GÉNIE CHIMIQUE - GÉNIE DES PROCÉDÉS, PARCOURS CONCEPTION DES PROCÉDÉS ET INNOVATION TECHNOLOGIQUE	3,0 INDICATIF

Moyens de calculs et matériel autorisés :

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

Aucun document ou matériel autorisé en dehors de ceux fournis avec le sujet.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Les documents réponses en fin de sujet sont à rendre avec la copie.

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : BIOPROCÉDÉS DU VAL DE LOIRE, SITE DE PRODUCTION PILOTE, SAUMUR (MAINE-ET-LOIRE)

BioProcédés du Val de Loire étudie l'installation d'une unité pilote de traitement enzymatique de lactosérum. Vous intervenez comme technicien(ne) de projet au sein de l'équipe procédés. Le projet porte sur l'installation d'une cuve agitée chauffée, de ses équipements auxiliaires et des liaisons de procédé, puis sur la préparation de la mise en service.

Le cahier des charges prévoit le traitement d'un lot de 1 800 kg en 1 h 30, à 55 °C, avec une température d'alimentation de 12 °C. La production visée est de trois lots par jour. Le volume utile de la cuve doit être au moins égal au volume d'un lot majoré de 15 %. La puissance disponible pour le chauffage est limitée à 35 kW. Les équipements doivent être nettoyables, compatibles avec le produit et intégrés dans l'atelier existant sans gêner les circulations.

Les modalités d'organisation d'une évaluation de la compétence C5, notamment sa durée et son coefficient, relèvent des modalités de contrôle des connaissances et des compétences de l'établissement. Le coefficient indiqué ici est indicatif. Pour toutes les questions, utiliser exclusivement les données du présent sujet et des documents techniques DT 1 à DT 3.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (4 points)

Traduire le cahier des charges en exigences vérifiables et repérer les contraintes applicables

La solution proposée doit assurer le traitement thermique et enzymatique du lot, permettre le nettoyage de l'équipement et limiter les risques liés à l'installation et à son exploitation. Les données de procédé et les principales références réglementaires sont fournies dans les documents techniques.

Exigences principales du cahier des charges

Fonction ou contrainte	Valeur cible	Justificatif attendu
Capacité utile de cuve	Volume du lot majoré de 15 %	Note de calcul
Température de traitement	55 °C	Spécification de régulation
Durée de traitement	1 h 30 maximum	Séquence opératoire
Puissance de chauffage disponible	35 kW maximum	Vérification énergétique
Nettoyage	Nettoyable et compatible avec le produit	Choix des équipements et procédure

Données contractuelles fournies par le client

1.1 (1,5 point) À partir du cahier des charges, rédiger trois exigences fonctionnelles vérifiables pour l'installation. Pour chacune, indiquer un critère mesurable et la valeur ou condition à respecter.

1.2 (1,5 point) À l'aide du DT 2, citer deux références réglementaires ou normatives pertinentes pour le projet et préciser, pour chacune, le risque ou l'aspect de l'installation concerné. Ne pas attribuer de classement ATEX ou de catégorie d'équipement sous pression sans donnée de conception suffisante.

1.3 (1 point) Identifier deux acteurs à associer à la définition ou au suivi du projet, en précisant pour chacun une contribution attendue. Compléter le DR 1.

PARTIE 2 : Étude technologique, choix des équipements et calculs (7 points)

Vérifier le pré-dimensionnement, les consommations et les choix techniques

Les données de calcul et les prix unitaires sont fournis dans les documents techniques DT 1 à DT 3. Toute réponse numérique doit comporter une unité et être accompagnée de la relation utilisée. Les hypothèses simplificatrices indiquées dans les documents sont à respecter.

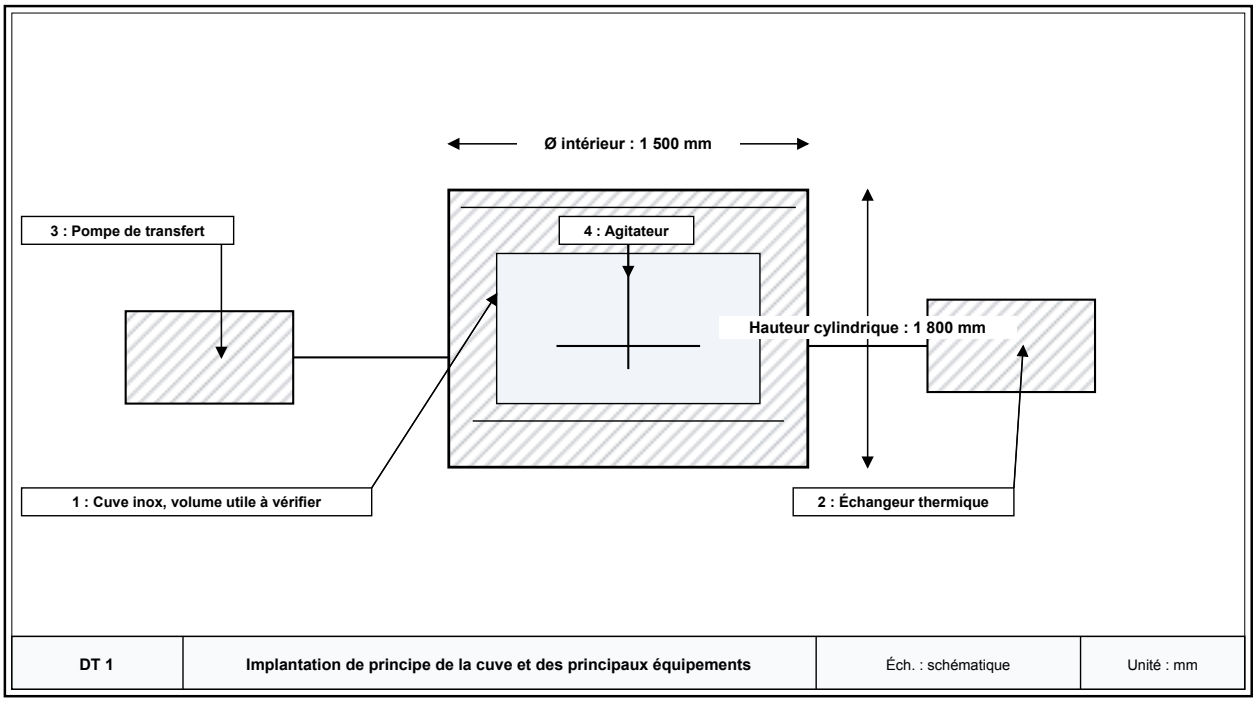


Schéma de principe non contractuel, dimensions et repères détaillés au DT 1

2.1 (1,5 point) Calculer le volume du lot à partir de sa masse et de la masse volumique du lactosérum. En déduire le volume utile minimal de cuve, majoré de 15 %. Vérifier si le volume utile disponible indiqué au DT 1 satisfait l'exigence. Utiliser $V = m/rho$.

2.2 (2 points) Calculer l'énergie théorique nécessaire pour porter un lot de 12 °C à 55 °C, puis la puissance thermique à fournir en tenant compte du rendement global de chauffage. Comparer le résultat à la puissance maximale disponible de 35 kW. Utiliser $Q = mc_p DeltaT$ et $P = Q/(etat)$. Compléter le DR 1.

2.3 (1,5 point) Calculer la résistance thermique de la couche isolante de la cuve, puis le flux thermique surfacique par conduction pour l'écart de température donné au DT 1. En déduire la puissance dissipée sur la surface isolée. Utiliser $R = e/lambda$, $q = DeltaT/R$ et $P = qA$.

2.4 (2 points) Pour la ligne de procédé du DT 2, déterminer la longueur totale à installer, la longueur de tube à commander, la chute de matière en mètres et le pourcentage de chute rapporté à la longueur commandée. Calculer ensuite le coût des tubes et de l'isolant selon le DT 3. Indiquer une mesure de projet permettant de limiter les pertes de matière.

PARTIE 3 : Préparation de l'installation, planification et suivi (5 points)

Préparer les opérations, les documents techniques et le suivi du projet

Vous préparez la revue de lancement de l'installation. La réception des équipements, les travaux de raccordement et les essais doivent être planifiés en tenant compte des dépendances indiquées au DT 3. La procédure opératoire doit permettre une première mise en service maîtrisée.

Données de planification et de suivi

Tâche	Durée (jours)	Dépend de	Point de contrôle attendu
A : Validation du dossier technique	3	Aucune	Dossier approuvé
B : Approvisionnement des équipements	8	A	Équipements réceptionnés
C : Préparation de la zone et utilités	5	A	Zone disponible
D : Installation mécanique et raccordements	4	B et C	Contrôle de montage
E : Essais, réglages et réception	2	D	Procès-verbal de réception

Durées en jours ouvrés et liens de dépendance fournis au DT 3

3.1 (2 points) Établir les dates au plus tôt de fin des tâches A à E, en considérant que le jour 0 est la date de démarrage et que les tâches peuvent commencer dès que leurs dépendances sont terminées. Donner la durée minimale totale du projet et identifier le chemin critique.

3.2 (1 point) Calculer la dose d'enzyme à introduire par lot et la consommation journalière pour trois lots. Utiliser la dose spécifique fournie au DT 1. Présenter les résultats en kg par lot et en kg par jour.

3.3 (1 point) Calculer la vitesse périphérique de coupe de la lame lors de la préparation des tubes, à partir du diamètre et de la vitesse de rotation indiqués au DT 2. Comparer au maximum recommandé et conclure. Utiliser $v = piDn$, avec des unités cohérentes.

3.4 (1 point) Rédiger une séquence opératoire de mise en service comprenant quatre étapes ordonnées, depuis les vérifications préalables jusqu'à la libération du premier lot. Citer un enregistrement ou document à renseigner à l'issue des essais.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et environnement (4 points)

Repérer les dangers, définir les mesures de prévention et organiser la coordination

Les travaux se déroulent dans un atelier en activité. Les opérations comprennent la manutention d'équipements, des raccordements électriques et de fluide chaud, ainsi que la découpe de tubes. Les dangers doivent être évalués avant intervention et les mesures adaptées à la tâche et aux risques réellement présents.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger principal	Mesure de prévention à proposer
Levage de la cuve	Chute de charge ou écrasement	.....
Raccordement de la ligne chaude	Brûlure ou fuite de fluide	.....
Découpe de tubes	Projection ou coupure	.....
Essais de l'installation	Démarrage intempestif ou fuite	.....

Données de préparation de chantier

4.1 (1,5 point) Compléter le tableau du DR 2 en indiquant, pour chacune des quatre situations, une mesure de prévention collective ou organisationnelle adaptée et un équipement de protection individuelle pertinent.

4.2 (1 point) Présenter trois vérifications préalables à la mise sous énergie ou à la mise en circulation du fluide. Une vérification doit concerner l'absence de personne exposée, une autre l'intégrité de l'installation et la dernière la disponibilité des dispositifs de sécurité.

4.3 (1,5 point) Proposer une organisation de coordination entre l'entreprise intervenante, l'exploitant et le responsable de projet : préciser qui autorise le démarrage des travaux, comment sont consignées les énergies concernées et quel document de prévention ou d'autorisation est vérifié avant intervention. Justifier la nécessité d'adapter cette organisation à l'évaluation des risques du site.

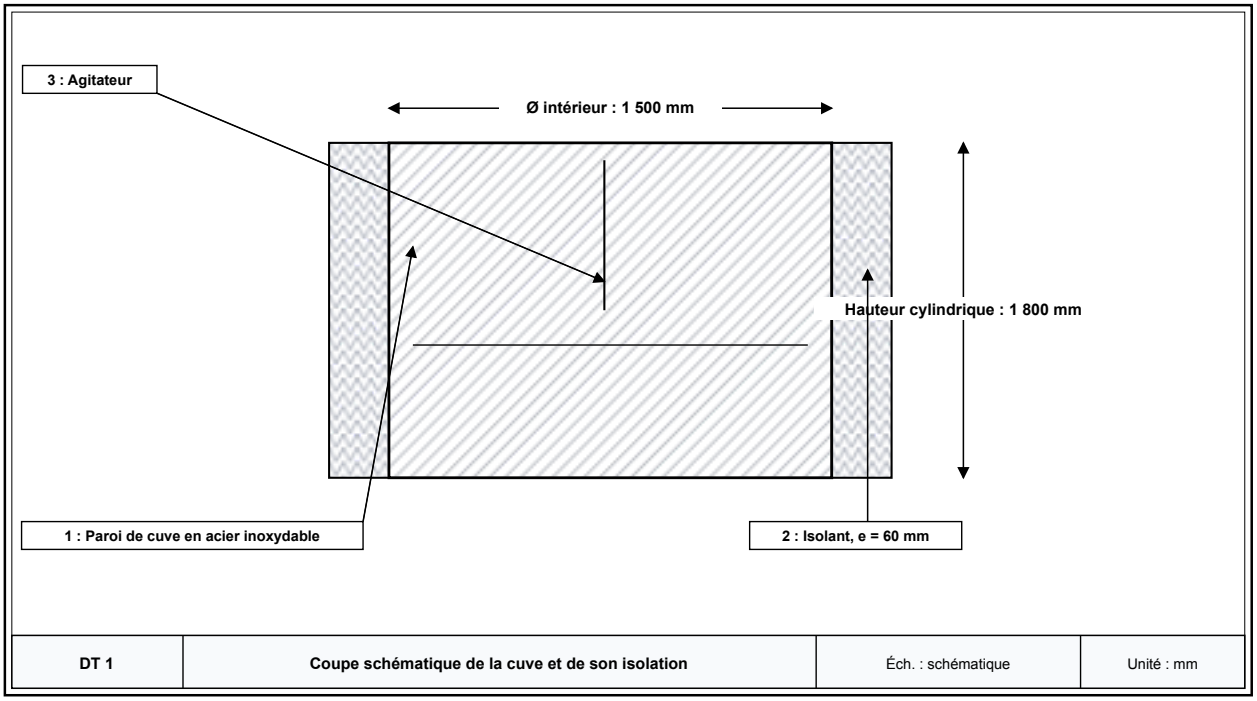
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DONNÉES DE PROCÉDÉ, CUVE ET CHAUFFAGE

Le lot traité est constitué de 1 800 kg de lactosérum. Sa masse volumique est de 1 030 $kg \cdot m^{-3}$ et sa capacité thermique massique est de 3,90 $kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$. La température initiale est de 12 °C et la température de traitement est de 55 °C. Le rendement global de transfert thermique retenu pour le calcul préliminaire est de 0,80. Le temps maximal de montée en température est de 1 h 30. La puissance de chauffage disponible est de 35 kW. La dose d'enzyme est de 0,35 kg par tonne de lactosérum. Le fonctionnement nominal prévoit trois lots par jour.

La cuve proposée a un volume utile de 2,10 m^3, un diamètre intérieur de 1 500 mm et une hauteur cylindrique de 1 800 mm. L'aire extérieure isolée retenue pour le pré-dimensionnement est de 13,2 m^2. L'isolant a une épaisseur de 60 mm et une conductivité thermique de 0,040 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Pour l'estimation simplifiée des pertes, prendre un écart de température de 30 K, négliger les résistances superficielles et supposer un flux uniforme.



Coupe de principe, dimensions données dans le texte du DT 1. Le dessin n'est pas à l'échelle.

Caractéristiques de calcul du procédé

Grandeur	Valeur	Unité
Masse par lot	1 800	kg
Masse volumique	1 030	$kg \cdot m^{-3}$
Capacité thermique massique	3,90	$kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
Rendement global de chauffage	0,80	sans unité
Volume utile de cuve proposé	2,10	m^3
Dose spécifique d'enzyme	0,35	$kg \cdot t^{-1}$

Valeurs à utiliser pour les calculs de la partie 2

DT 2 : CHOIX TECHNOLOGIQUES, LIAISONS DE PROCÉDÉ ET RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

Les équipements proposés sont une cuve agitée en acier inoxydable, un échangeur thermique alimenté par le réseau d'eau chaude de l'atelier, une pompe de transfert et une ligne de procédé en tube inox DN 50. Les longueurs de parcours à installer sont de 7,35 m, 4,80 m et 3,25 m. Le tube est livré en barres de 6,00 m. Pour le calcul de chute, retenir une longueur totale commandée correspondant au nombre entier de barres nécessaire, sans optimisation des chutes entre tronçons. La largeur de trait de coupe est de 3 mm par coupe ; pour le calcul simplifié du pourcentage de chute, négliger cette faible largeur.

La préparation des tubes est réalisée avec une lame de diamètre 250 mm tournant à 160 $tr \cdot min^{-1}$. La vitesse périphérique maximale recommandée pour cette opération est de 30 $m \cdot min^{-1}$. La relation de conversion est donnée dans la question 3.3.

Références à prendre en considération dans l'analyse du projet : directive 2014/68/UE relative aux équipements sous pression, lorsque l'équipement entre dans son champ d'application ; directive 1999/92/CE concernant la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives, si l'évaluation du risque du site identifie ce risque ; directive 2014/34/UE pour les équipements destinés à être utilisés en atmosphères explosibles lorsque le zonage et le matériel le requièrent ; règlement (CE) n° 1935/2004 relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires ; règlement (CE) n° 852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. La prévention des risques professionnels et la coordination des interventions relèvent également du Code du travail. Ces références ne remplacent ni l'analyse de conformité ni l'évaluation des risques propres au site.

Équipements et exigences de sélection

Équipement	Données de sélection	Exigence à vérifier
Cuve agitée	Volume utile proposé : 2,10 m^3	Volume utile, compatibilité produit, nettoyabilité
Échangeur thermique	Puissance nominale proposée : 35 kW	Puissance requise et compatibilité avec le réseau chaud
Pompe de transfert	Débit nominal proposé : 3,0 $m^3 \cdot h^{-1}$	Débit, compatibilité produit et aptitude au nettoyage
Ligne de procédé	Tube inox DN 50, barres de 6,00 m	Compatibilité, assemblage et contrôle d'étanchéité

Données de consultation technique du projet

Données de tuyauterie et de coupe

Donnée	Valeur
Longueurs de parcours	7,35 m ; 4,80 m ; 3,25 m
Longueur d'une barre de tube	6,00 m
Trait de coupe	3 mm par coupe
Diamètre de lame	250 mm
Vitesse de rotation	160 $tr \cdot min^{-1}$
Vitesse périphérique maximale recommandée	30 $m \cdot min^{-1}$

Quantités et paramètres fournis pour les calculs

DT 3 : BUDGET PRÉVISIONNEL, PLANIFICATION ET ORGANISATION DU PROJET

Les prix ci-dessous sont des prix budgétaires hors taxes communiqués pour l'étude. Ils ne comprennent ni les frais de transport ni les aléas d'approvisionnement. Le coût de l'isolant est calculé sur la surface extérieure isolée donnée au DT 1. Pour le coût des tubes, utiliser la longueur commandée calculée à la question 2.4.

La planification utilise des jours ouvrés. Le jour 0 est le jour de démarrage. Une tâche ne peut commencer qu'après la fin de toutes ses tâches prédécesseures. Les durées incluent les contrôles courants de la tâche, mais la réception finale demeure une tâche distincte.

Prix unitaires et postes budgétaires

Poste	Prix unitaire	Unité
Tube inox DN 50	38,00	€·m⁻¹
Isolant posé, fourniture seule pour le calcul	24,00	€·m⁻²
Cuve agitée	42 000	€ par équipement
Échangeur thermique	9 500	€ par équipement
Pompe de transfert	6 800	€ par équipement
Instrumentation et régulation	4 200	€ par ensemble
Montage et raccordements	12 500	€ par forfait

Prix de consultation pour l'étude prévisionnelle, hors taxes

Tâches et dépendances du projet

Tâche	Durée (jours)	Prédécesseurs
A : Validation du dossier technique	3	Aucun
B : Approvisionnement des équipements	8	A
C : Préparation de la zone et utilités	5	A
D : Installation mécanique et raccordements	4	B et C
E : Essais, réglages et réception	2	D

Calendrier prévisionnel en jours ouvrés

Répartition des responsabilités proposée

Acteur	Contribution attendue
Responsable de projet	Coordination des tâches, délais, coûts et arbitrages
Responsable procédés	Validation des performances et des données de procédé
Maintenance et exploitation	Préparation de la zone, consignations, essais et prise en main
Entreprise intervenante	Montage, raccordements et contrôles relevant de son intervention
Prévention / sécurité du site	Analyse des risques et vérification des dispositions de prévention

Acteurs à mobiliser selon la phase du projet

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.3 et 2.2 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases prévues. Pour la question 1.3, indiquer deux acteurs et leur contribution. Pour la question 2.2, détailler les étapes de calcul, les unités et la conclusion sur la puissance disponible.

Acteurs du projet et contributions

Acteur	Contribution attendue
.....	.....
.....	.....

Calcul de la puissance de chauffage

Étape	Relation utilisée	Résultat et unité
Écart de température	.....	.....
Énergie théorique du lot	.....	.....
Temps de montée en température	.....	.....
Puissance à fournir avec rendement	.....	.....
Conclusion par rapport à 35 kW	.....	.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse à rendre avec la copie : question 4.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau en indiquant une mesure de prévention collective ou organisationnelle et un équipement de protection individuelle adaptés à chaque situation. Les propositions doivent être cohérentes avec les risques identifiés et l'organisation du site.

Analyse des risques et mesures de prévention

Situation de travail	Danger principal	Mesure collective ou organisationnelle	Équipement de protection individuelle
Levage de la cuve	Chute de charge ou écrasement	.....	.....
Raccordement de la ligne chaude	Brûlure ou fuite de fluide	.....	.....
Découpe de tubes	Projection ou coupure	.....	.....
Essais de l'installation	Démarrage intempestif ou fuite	.....	.....

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.