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

MESURES PHYSIQUES

ÉVALUATION DE COMPÉTENCE C4 : CARACTÉRISER DES GRANDEURS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET LES PROPRIÉTÉS D'UN MATÉRIAU

SESSION 2026

Durée : 2 h 30

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MESURES PHYSIQUES	3, 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 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : LABORATOIRE DE CARACTÉRISATION MATÉRIAUX RHÔNE-ALPES, VÉNISSIEUX

Le laboratoire reçoit un panneau composite à matrice polymère destiné à une application d'isolation et de protection. Le client demande une caractérisation permettant de vérifier son identité probable, sa masse volumique et sa performance thermique. Vous intervenez en qualité de technicienne ou technicien de mesures physiques : vous devez sélectionner des méthodes adaptées, préparer les éprouvettes, exploiter les résultats et proposer une conclusion argumentée.

Le panneau fourni mesure 300 mm × 300 mm × 30 mm. Le cahier des charges thermique impose une conductivité thermique inférieure ou égale à 0,040 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Les modalités retenues pour cette évaluation sont une durée de 2 h 30 et un barème sur 20 points. C4 désigne une compétence du référentiel national du BUT Mesures Physiques ; la durée et l'organisation de cette évaluation relèvent des modalités locales de formation.

Les résultats doivent être accompagnés des unités, des étapes de calcul utiles et d'une interprétation au regard des données du dossier technique.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et réglementaire (4 points)

Identifier les grandeurs pertinentes et choisir une démarche de caractérisation

Le client attend une conclusion sur l'identité probable du polymère, la masse volumique du panneau et son aptitude à l'isolation. Les moyens disponibles et les critères associés figurent dans le dossier technique DT 1.

Besoins du client et grandeurs à caractériser

Besoin	Grandeur ou information recherchée	Critère fourni
Vérifier l'identité probable du polymère	Spectre infrarouge et bandes caractéristiques	Comparer aux spectres de référence du DT 1
Caractériser la masse du matériau	Masse volumique	Aucun seuil imposé
Vérifier l'aptitude à l'isolation	Conductivité thermique λ	$\lambda \leq 0{,}040\ W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Données du cahier des charges

1.1 (1 point) Pour chacun des trois besoins du client, indiquer la grandeur ou l'information à obtenir et l'unité associée lorsqu'elle s'applique.

1.2 (1,5 point) À l'aide du DT 1, associer chaque besoin à une méthode de caractérisation adaptée. Justifier chaque choix par le principe de la méthode et par la grandeur mesurée ou observée.

1.3 (1,5 point) Proposer les opérations de préparation et de conditionnement nécessaires avant les mesures de masse volumique, de conductivité thermique et de spectroscopie infrarouge. Préciser au moins une précaution permettant de limiter un biais de mesure pour chacune de ces méthodes.

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

Exploiter les dimensions, les mesures et les paramètres de préparation

Les dimensions nominales du panneau sont données dans le DT 1. La masse mesurée est de 1,62 kg. La mesure a été réalisée avec une balance dont l'incertitude élargie est de ± 0,01 kg. Les dimensions du panneau sont considérées comme égales aux valeurs nominales pour les calculs demandés.

Lors de l'essai thermique, la différence de température entre les faces est de 20,0 K et la densité de flux thermique mesurée est de 25,0 $W \cdot m^{-2}$. L'épaisseur utilisée pour cet essai est 0,030 m. Pour une paroi homogène en régime stationnaire, on utilisera les relations données au DT 2.

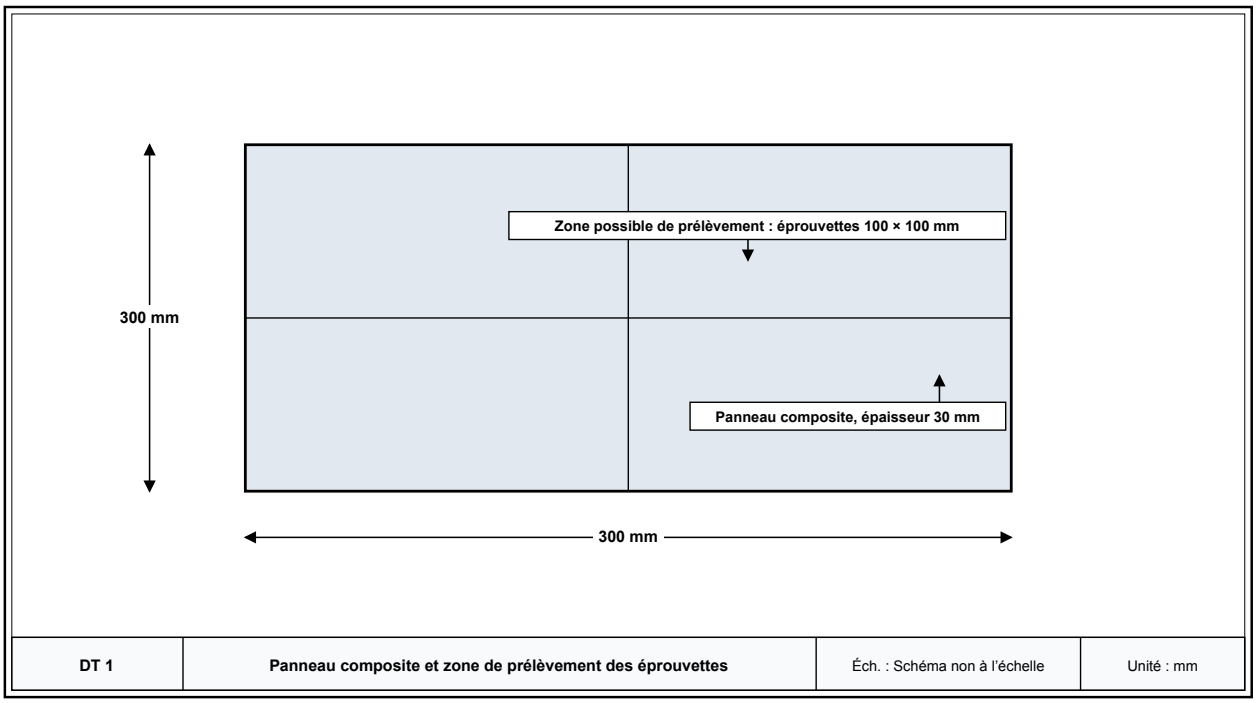


Schéma coté. Les dimensions réelles sont données dans les étiquettes.

Mesures thermiques de l'éprouvette

Grandeur	Symbole	Valeur	Unité
Épaisseur	e	0,030	m
Différence de température entre les faces	ΔT	20,0	K
Densité de flux thermique	q	25,0	$W \cdot m^{-2}$
Conductivité thermique maximale spécifiée	λmax	0,040	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Valeurs mesurées communiquées par le laboratoire

2.1 (1,5 point) Calculer le volume du panneau en m^3, puis sa masse volumique en $kg \cdot m^{-3}$ à partir de la masse mesurée. Indiquer le résultat avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec les données.

2.2 (1,5 point) Calculer la résistance thermique surfacique de l'éprouvette à partir de la différence de température et de la densité de flux mesurées. La relation à utiliser est $R = \frac{\Delta T}{q}$. Reporter le résultat et son unité dans le DR 1.

2.3 (2 points) En déduire la conductivité thermique expérimentale avec $\lambda = \frac{e}{R}$. Comparer le résultat au critère client $\lambda \leq 0,040\ \mathrm{W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}}$ et formuler une conclusion. Le DT 2 indique une incertitude élargie sur la conductivité de ± 0,002 W·m⁻¹·K⁻¹ : commenter brièvement son effet sur la conclusion.

2.4 (2 points) Le panneau est découpé en quatre éprouvettes de 100 mm × 100 mm avec une lame de scie de largeur de coupe 3 mm. La disposition 2 × 2 nécessite une zone de 203 mm × 203 mm. Calculer le rendement surfacique des quatre éprouvettes par rapport au panneau entier, puis la surface résiduelle, en distinguant les éprouvettes de la chute. Le prix du panneau est de 42,00 €·m⁻² : calculer le coût matière du panneau entier et le coût matière théorique correspondant aux quatre éprouvettes, hors coût de découpe.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et protocole opératoire (6 points)

Préparer les éprouvettes et conduire une caractérisation traçable

Le laboratoire doit préparer les éprouvettes puis réaliser les contrôles dimensionnels, thermiques et chimiques. Le DT 2 fournit les paramètres des méthodes. Pour contrôler la conductivité d'une solution de rinçage de référence, il est demandé de préparer 250,0 mL d'une solution aqueuse de chlorure de sodium de concentration $0,0100\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. La masse molaire du chlorure de sodium est $M = 58,44\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$.

Pour la découpe, la scie circulaire possède une lame de diamètre 160 mm et tourne à 3 000 tr·min⁻¹. La vitesse périphérique est donnée par $v = \frac{\pi D n}{60}$, avec D en mètres, n en tr·min⁻¹ et v en m·s⁻¹. La vitesse maximale autorisée par le fabricant de la lame est 60 m·s⁻¹.

Paramètres de préparation et de caractérisation

Opération	Paramètre ou donnée	Exigence
Découpe	Lame : 160 mm ; rotation : 3 000 tr·min⁻¹	Vitesse périphérique ≤ 60 m·s⁻¹
Solution aqueuse de NaCl	Volume final : 250,0 mL ; concentration : 0,0100 mol·L⁻¹	Calculer la masse de NaCl à peser
Spectroscopie infrarouge ATR	Surface propre et sèche ; contact régulier avec le cristal	Éviter les contaminations et conserver le spectre brut
Essai thermique	Éprouvette plane, faces parallèles et dimensions mesurées	Assurer un contact uniforme et attendre le régime stationnaire

Compléter le DR 2 à partir de ces paramètres et du DT 2

3.1 (2 points) Calculer la masse de chlorure de sodium nécessaire à la préparation de la solution. Présenter le calcul à partir de $n = CV$ et $m = nM$, avec le volume exprimé en litres. Indiquer le matériel volumétrique adapté pour obtenir le volume final demandé.

3.2 (2 points) Calculer la vitesse périphérique de la lame en $m \cdot s^{-1}$, puis vérifier sa compatibilité avec la limite fabricant. Indiquer le résultat et la décision dans le DR 2.

3.3 (2 points) Rédiger un protocole opératoire synthétique, dans l'ordre chronologique, pour caractériser les trois propriétés demandées. Il doit comporter la préparation et le repérage des éprouvettes, les principales mesures à réaliser, les informations à consigner pour assurer la traçabilité et au moins un critère de validité des résultats pour chaque méthode.

PARTIE 4 : Prévention et sécurité (3 points)

Maîtriser les risques liés à la découpe et aux opérations de laboratoire

Les opérations comprennent la découpe d'un panneau composite, la manipulation d'une solution aqueuse de chlorure de sodium, l'utilisation d'une balance et la mesure par spectroscopie infrarouge ATR. Les prescriptions d'utilisation des équipements et les règles de prévention du laboratoire s'appliquent.

Situations de travail à analyser

Situation	Risque à prendre en compte
Découpe à la scie circulaire	Contact avec la lame, projection de particules, poussières
Préparation de solution et nettoyage	Renversement, contact avec les produits ou les surfaces contaminées
Mesures et manipulation des éprouvettes	Chute de l'éprouvette, contamination ou dégradation du capteur

Risques et moyens de prévention à proposer

4.1 (1,5 point) Pour la découpe, citer trois mesures de prévention adaptées, dont au moins une mesure collective ou liée à l'équipement et une mesure individuelle. Préciser la conduite à tenir si l'aspiration des poussières est indisponible.

4.2 (1,5 point) Indiquer les précautions à prendre lors de la préparation de la solution et de l'utilisation du spectromètre ATR. Citer une conduite à tenir en cas de renversement de solution ou de contamination de la surface de mesure.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : ÉCHANTILLON, MÉTHODES DISPONIBLES ET REPÈRES NORMATIFS

Échantillon : panneau composite à matrice polymère, dimensions nominales 300 mm × 300 mm × 30 mm. La masse mesurée est de 1,62 kg. Les éprouvettes destinées à la mesure thermique doivent être planes, d'épaisseur mesurée et de dimensions compatibles avec le porte-échantillon.

Les références ci-dessous sont des repères méthodologiques à appliquer selon les équipements et procédures validés par le laboratoire : NF EN ISO 8302, détermination de la résistance thermique en régime stationnaire par la méthode de la plaque chaude gardée ; NF EN ISO 291, atmosphères normales de conditionnement des plastiques ; NF EN ISO 16000-6, méthode de mesure des composés organiques volatils dans l'air intérieur, non applicable à l'identification directe du polymère solide ; spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en mode ATR, avec comparaison à une bibliothèque de référence. Les résultats doivent être interprétés dans le champ d'application de la méthode et des procédures du laboratoire.

Le schéma ci-dessous représente le panneau et une disposition indicative des prélèvements. Le trait de coupe a une largeur de 3 mm. Quatre éprouvettes de 100 mm × 100 mm peuvent être prélevées dans une zone de 203 mm × 203 mm.

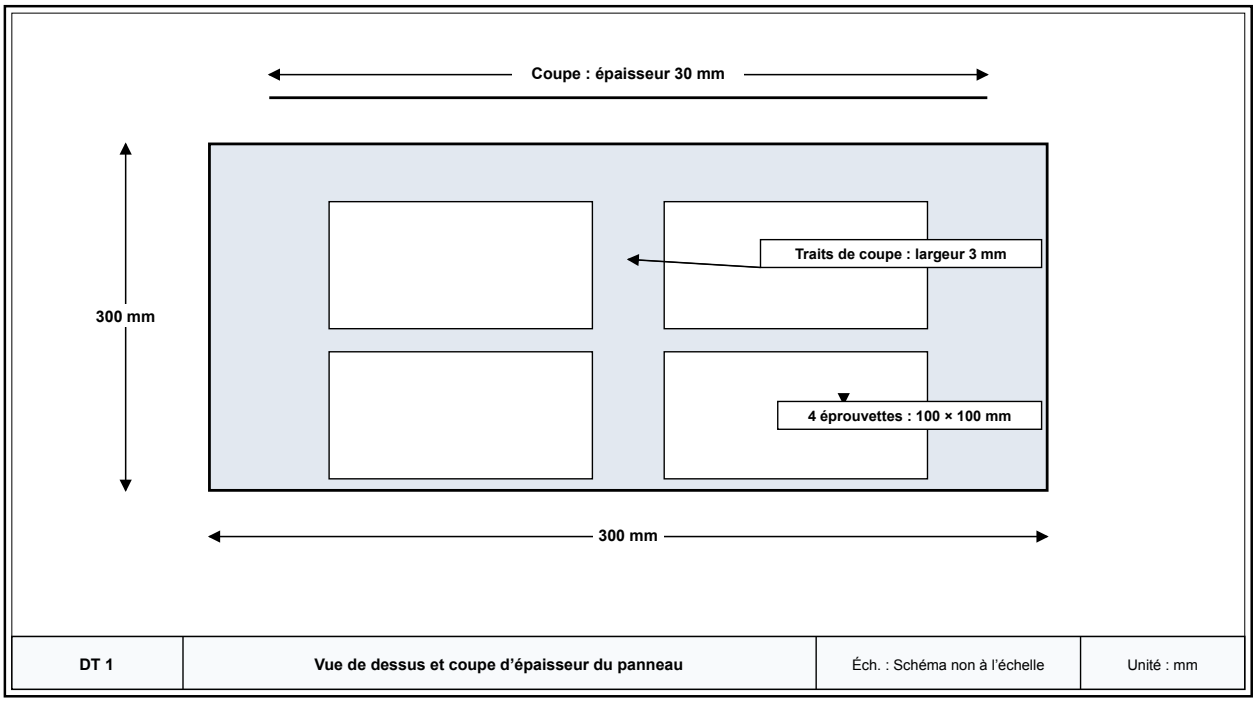


Schéma fonctionnel coté, représentation non à l'échelle

Méthodes de caractérisation disponibles

Méthode	Grandeur ou information obtenue	Préparation et limite principale
Mesure dimensionnelle et pesée	Volume et masse volumique	Mesurer les dimensions en plusieurs points ; tarer la balance
Plaque chaude gardée en régime stationnaire	Résistance thermique et conductivité thermique	Faces planes, épaisseur connue, flux et températures stabilisés
Spectroscopie infrarouge FTIR-ATR	Bandes d'absorption caractéristiques et identification probable	Surface propre et bon contact ; une bande isolée ne suffit pas à conclure

Caractéristiques des moyens du laboratoire

Repères de bandes infrarouges pour l'interprétation

Famille de bandes	Nombre d'onde indicatif	Interprétation indicative
C=O	1715	Bande carbonyle, compatible avec un polyester
C-O	1240 et 1090	Vibrations de liaison C-O
Bandes aromatiques hors du plan	725 à 870	Éléments de comparaison pour un motif aromatique

Valeurs indicatives du laboratoire, nombres d'onde en cm^{-1}

DT 2 : DONNÉES D'ESSAI, RELATIONS DE CALCUL ET CRITÈRES

Pour une éprouvette plane en régime stationnaire, la résistance thermique surfacique est calculée par $R = \frac{\Delta T}{q}$, avec R en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$, ΔT en K et q en $W \cdot m^{-2}$. La conductivité thermique est calculée par $\lambda = \frac{e}{R}$, avec e en m et λ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Pour une paroi homogène, on peut aussi écrire $R = \frac{e}{\lambda}$.

La masse volumique est obtenue par $\rho = \frac{m}{V}$. Le volume d'un panneau parallélépipédique est $V = Lle$, après conversion des dimensions en mètres. La masse volumique calculée est une valeur moyenne du panneau : elle ne décrit pas à elle seule l'homogénéité ni la porosité locale.

Résultats de l'essai thermique communiqué : épaisseur 0,030 m ; différence de température 20,0 K ; densité de flux thermique 25,0 $W \cdot m^{-2}$. Incertitude élargie sur la conductivité thermique : ± 0,002 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Critère du client : $\lambda \leq 0{,}040$ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. La série spectrale reçue présente des bandes principales à 1715, 1240, 1090 et 725 cm^{-1}. Ces bandes sont compatibles avec le spectre de référence fourni pour un polyester aromatique de type PET ; l'identification reste une conclusion probable fondée sur l'ensemble des bandes disponibles.

Résultats FTIR communiqués

Nombre d'onde mesuré (cm^{-1})	Repère de comparaison (cm^{-1})	Observation
1715	1715	Bande intense
1240	1240	Bande présente
1090	1090	Bande présente
725	725 à 870	Bande présente

Spectre du panneau comparé aux repères du DT 1

DT 3 : PRÉPARATION, DÉCOUPE ET PRÉVENTION AU LABORATOIRE

Paramètres de découpe communiqués par l'atelier : diamètre de lame $D = 0,160\ \mathrm{m}$, fréquence de rotation $n = 3000\ \mathrm{tr\cdotp min^{-1}}$, vitesse périphérique maximale autorisée par le fabricant $v_{max} = 60\ \mathrm{m\cdotp s^{-1}}$. La relation de calcul est $v = \frac{\pi D n}{60}$.

Préparation de la solution : $C = 0,0100\ \mathrm{mol\cdotp L^{-1}}$, $V = 250,0\ \mathrm{mL}$, masse molaire du chlorure de sodium $M = 58,44\ \mathrm{g\cdotp mol^{-1}}$. Les relations sont $n = CV$ et $m = nM$, avec V en litres.

Prévention : utiliser la scie uniquement avec ses protecteurs en place et l'aspiration fonctionnelle ; maintenir la pièce avec un dispositif adapté ; porter les équipements de protection définis par l'évaluation des risques du laboratoire ; ne jamais retirer les copeaux à la main lorsque la machine est en mouvement. Si l'aspiration ou un protecteur est défaillant, interrompre l'opération et avertir le responsable. Pour les opérations de laboratoire, consulter les consignes locales, maintenir les plans de travail propres et ne pas contaminer les surfaces sensibles des appareils.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 2.2, 2.3 et 2.4 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases portant la mention « ... ». Les calculs détaillés peuvent être présentés dans la copie. Inscrire les unités et rédiger une conclusion exploitable par le client.

Exploitation de l'essai thermique

Grandeur calculée	Relation	Résultat	Unité
Résistance thermique surfacique R	$R = \Delta T / q$	.....	.....
Conductivité thermique λ	$\lambda = e / R$	.....	.....
Comparaison au critère client	$\lambda \leq 0{,}040\ W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	.....	Conclusion : ...

Bilan de découpe et coût matière

Élément	Calcul ou valeur	Résultat
Surface du panneau entier	300 mm × 300 mm	.....
Surface totale des quatre éprouvettes	4 × 100 mm × 100 mm	.....
Rendement surfacique	Surface éprouvettes / surface panneau × 100	.....
Surface résiduelle, éprouvettes exclues	Surface panneau - surface éprouvettes	.....
Coût matière du panneau entier	$42{,}00\ €\cdot m^{-2}$ × surface panneau	.....
Coût matière théorique des quatre éprouvettes	$42{,}00\ €\cdot m^{-2}$ × surface des éprouvettes	.....

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 : questions 3.1 et 3.2 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les résultats, les unités et la décision. Détailler les relations et conversions d'unités dans la copie.

Préparation de solution et contrôle de la découpe

Opération	Calcul ou relation	Résultat	Décision ou matériel
Quantité de matière de NaCl	$n = C\,V$	... mol	.....
Masse de NaCl à peser	$m = n\,M$	... g	.....
Verrerie pour préparer 250,0 mL	Choix de verrerie	.....	.....
Vitesse périphérique de la lame	$v = \pi\,D\,n / 60$	... $m \cdot s^{-1}$	.....
Vérification de la limite fabricant	$v \leq 60\ m \cdot s^{-1}$	.....	.....

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.