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 LA COMPÉTENCE C1 : MENER UNE CAMPAGNE DE MESURES

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
MESURES PHYSIQUES	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 : LABORATOIRE THERMOMESURE, PLATEFORME D'ESSAIS MATÉRIAUX, CLERMONT-FERRAND

Le laboratoire ThermoMesure doit vérifier l'homogénéité thermique d'un panneau isolant en polystyrène expansé destiné à un caisson de conditionnement. Le client demande une campagne traçable permettant d'estimer la résistance thermique du panneau, de repérer une éventuelle hétérogénéité spatiale et de conclure au regard de la valeur de référence annoncée par le fournisseur.

Vous intervenez comme technicienne ou technicien de mesures physiques. Le panneau est testé en régime permanent sur un banc à plaques chaude et froide. Vous devez analyser le besoin, préparer et justifier le protocole, traiter les relevés, évaluer les incertitudes, présenter les résultats et proposer les actions adaptées. Les exigences de traçabilité et de maîtrise des équipements sont inspirées des principes de l'ISO/IEC 17025:2017 et de l'ISO 10012:2003. L'organisation de cette évaluation relève de l'établissement.

La valeur de référence annoncée pour la conductivité thermique du matériau est $\lambda_{ref} = 0{,}036\ \mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$. La tolérance de comparaison fixée par le client est de $\pm 10\ \%$ sur la résistance thermique calculée à partir de cette valeur. Les données nécessaires figurent dans le dossier technique. Les réponses sont à rédiger avec les unités, le nombre de chiffres significatifs adapté et les hypothèses explicites.

PARTIE 1 : Analyse du besoin et exigences de la campagne (4 points)

Définition de la grandeur mesurée, du mesurande et des critères de décision

À partir du cahier des charges et des documents DT 1 à DT 3, préparez l'analyse préalable de la campagne. Le résultat recherché est la résistance thermique surfacique du panneau. La valeur de référence attendue peut être estimée par $R_{ref} = e/\lambda_{ref}$.

Données du cahier des charges

Paramètre	Valeur	Unité
Épaisseur du panneau e	0,120	m
Conductivité thermique de référence λref	0,036	W·m⁻¹·K⁻¹
Écart de température nominal ΔT	20,0	K
Tolérance client sur Rref	± 10	%

Données communiquées par le client et caractéristiques du panneau.

1.1 (1 point) Définir le mesurande de la campagne. Préciser la grandeur recherchée, son unité et les grandeurs directement mesurées qui permettront de la déterminer.

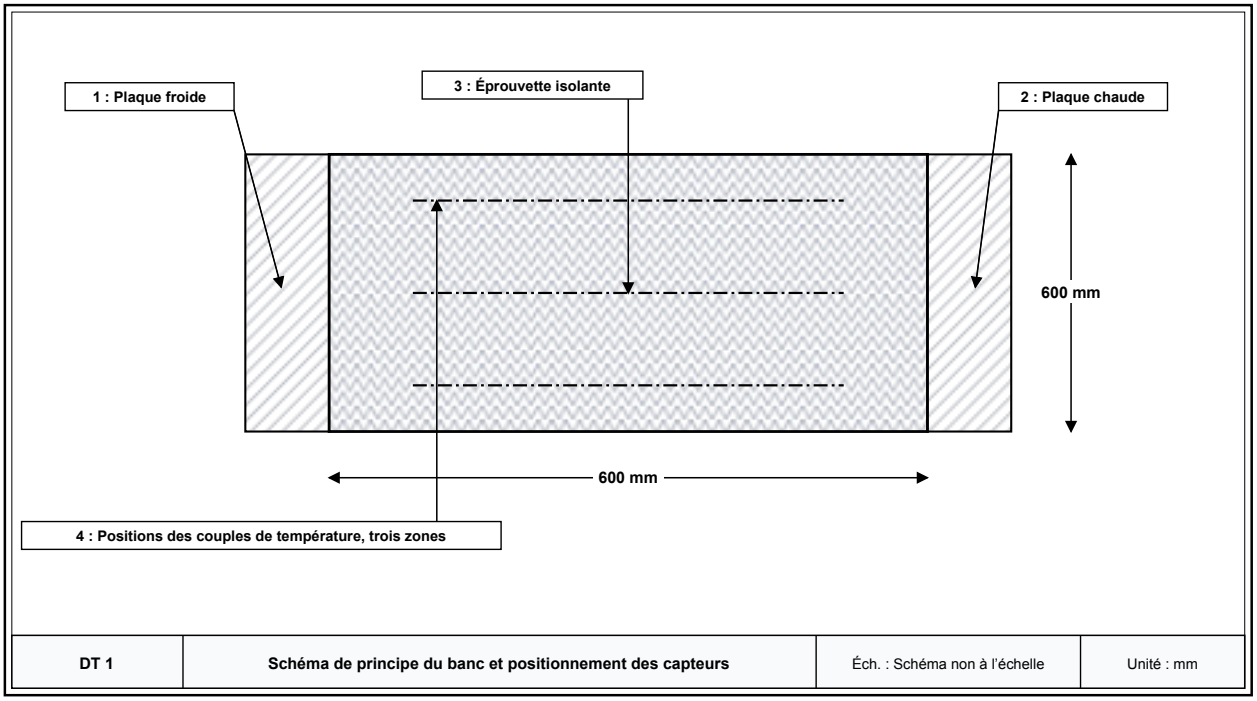
1.2 (1,5 point) Calculer la résistance thermique de référence R_{ref} et l'intervalle de conformité correspondant à la tolérance client de $\pm 10\ \%$. Indiquer les unités.

1.3 (1,5 point) Proposer un plan d'échantillonnage spatial comportant au moins trois zones du panneau. Justifier le nombre de zones et leur répartition au regard de la recherche d'une hétérogénéité. Citer deux informations à consigner pour assurer la traçabilité des mesures.

PARTIE 2 : Préparation du panneau et choix du protocole (6 points)

Étude technologique, préparation du support et protocole de mesure

Le laboratoire dispose d'un panneau brut de dimensions $1{,}250 \times 0{,}600 \times 0{,}120\ \mathrm{m}$. Un éprouvette de $0{,}600 \times 0{,}600 \times 0{,}120\ \mathrm{m}$ est requise pour le banc. Le panneau brut est facturé 18,00 € par mètre carré. La découpe est réalisée au fil chaud à une vitesse d'avance de $0{,}30\ \mathrm{m\,min^{-1}}$. Pour assurer le contact des capteurs de température, le protocole prévoit six points de contact nécessitant chacun $0{,}20\ \mathrm{g}$ de pâte thermique.



DT 1	Schéma de principe du banc et positionnement des capteurs	Éch. : Schéma non à l'échelle	Unité : mm

Caractéristiques des instruments et conditions d'essai

Instrument ou grandeur	Étendue ou condition	Incertitude-type	Résolution
Capteur de flux thermique	0 à 20 W·m⁻²	0,10 W·m⁻²	0,01 W·m⁻²
Mesure différentielle de température	0 à 50 K	0,10 K	0,1 K
Mesure d'épaisseur	0 à 200 mm	0,5 mm	1 mm
Régime permanent	Variation de T inférieure à 0,2 K sur 10 min	Critère de stabilité	Contrôle toutes les 2 min

Les incertitudes indiquées sont des incertitudes-types instrumentales.

2.1 (1,5 point) Calculer la surface du panneau brut, la surface de l'éprouvette, le taux de rendement matière en surface et la surface de chute. Calculer le coût matière attribuable à l'éprouvette au tarif donné. Présenter les résultats avec les unités et la formule utilisée.

2.2 (1 point) Calculer le temps de coupe correspondant à une trajectoire de $0{,}600\ \mathrm{m}$, à la vitesse d'avance indiquée. Calculer également la masse totale de pâte thermique nécessaire pour les six points de contact.

2.3 (2 points) Rédiger un protocole opératoire chronologique permettant d'obtenir des mesures exploitables : préparation du panneau et des interfaces, mise en place des capteurs, vérification de l'installation, atteinte du régime permanent, acquisition et archivage. Préciser les contrôles à effectuer avant de retenir les relevés.

2.4 (1,5 point) À partir du schéma DT 1, indiquer comment répartir les trois zones de mesure sur la surface et expliquer comment limiter les effets de bord et les erreurs liées au contact thermique.

PARTIE 3 : Traitement des mesures et conclusion métrologique (6 points)

Exploitation statistique, calcul de la résistance thermique et analyse des incertitudes

Les relevés ci-dessous ont été obtenus après stabilisation du banc. Pour chaque zone, les trois mesures du flux thermique ont été effectuées sans modifier le montage. L'écart de température moyen retenu est de $20{,}0\ \mathrm{K}$ dans chacune des zones. Pour cette exploitation, on calcule $R = \Delta T / \overline{q}$. Les incertitudes-types instrumentales de ΔT et de $\overline{q}$ sont indépendantes.

Relevés du flux thermique par zone

Zone	q1	q2	q3	ΔT moyen (K)
A	6,02	6,08	6,04	20,0
B	5,80	5,86	5,84	20,0
C	6,30	6,24	6,27	20,0

Données brutes de la campagne, en W·m⁻².

3.1 (1,5 point) Pour chacune des zones A, B et C, calculer le flux moyen $\overline{q}$ et l'écart-type expérimental s des trois mesures. Utiliser $s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (q_i - \overline{q})^2 / (n-1)}$. Indiquer les résultats avec une précision cohérente.

3.2 (2 points) Calculer la résistance thermique R de chacune des trois zones, puis la moyenne des trois résistances. Déterminer l'étendue des résultats et commenter la dispersion spatiale observée.

3.3 (1,5 point) Pour la zone A, calculer l'incertitude-type composée de $R = \Delta T / \overline{q}$ en utilisant la propagation $u(R) = R\sqrt{(u(\Delta T)/\Delta T)^2 + (u(\overline{q})/\overline{q})^2}$. Prendre $u(\Delta T) = 0{,}10\ \mathrm{K}$ et $u(\overline{q}) = 0{,}10\ \mathrm{W\,m^{-2}}$. Donner l'incertitude élargie $U = 2u(R)$ et le résultat sous la forme $R_A \pm U$.

3.4 (1 point) Comparer la moyenne des résistances mesurées à l'intervalle de conformité calculé à la question 1.2. Conclure au regard du critère client et préciser si les données conduisent à recommander une investigation complémentaire.

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

Prévention des risques, intégrité des données et actions correctives

La préparation et l'essai mobilisent un outil de découpe au fil chaud, un banc électrique chauffant et des plaques métalliques pouvant présenter des surfaces chaudes. Le laboratoire applique les principes généraux de prévention du Code du travail, notamment l'évaluation des risques, la priorité aux protections collectives et la consignation avant intervention sur l'installation.

Situations de travail à analyser

Situation	Danger identifié	Conséquence possible
Découpe au fil chaud	Fil chauffant et émanations en cas de surchauffe	Brûlure ou irritation
Montage et démontage du banc	Plaques chaudes et alimentation électrique	Brûlure ou électrisation
Manipulation des capteurs et câbles	Câbles au sol ou connecteurs détériorés	Chute ou défaut de mesure

Les risques doivent être associés à des mesures de prévention adaptées.

4.1 (1,5 point) Pour chacune des trois situations du tableau, proposer une mesure de prévention prioritaire et un équipement de protection ou une vérification complémentaire adaptés. Distinguer les risques pendant la découpe et pendant l'essai.

4.2 (1,5 point) Établir la liste des informations minimales à archiver pour rendre la campagne reproductible et traçable. Inclure au moins les références des instruments, leur statut de vérification ou d'étalonnage, les conditions d'essai, les données brutes et les traitements appliqués.

4.3 (1 point) Proposer deux actions correctives ou investigations complémentaires si l'hétérogénéité spatiale observée dépasse le critère accepté par le laboratoire. Justifier brièvement leur intérêt métrologique ou technique.

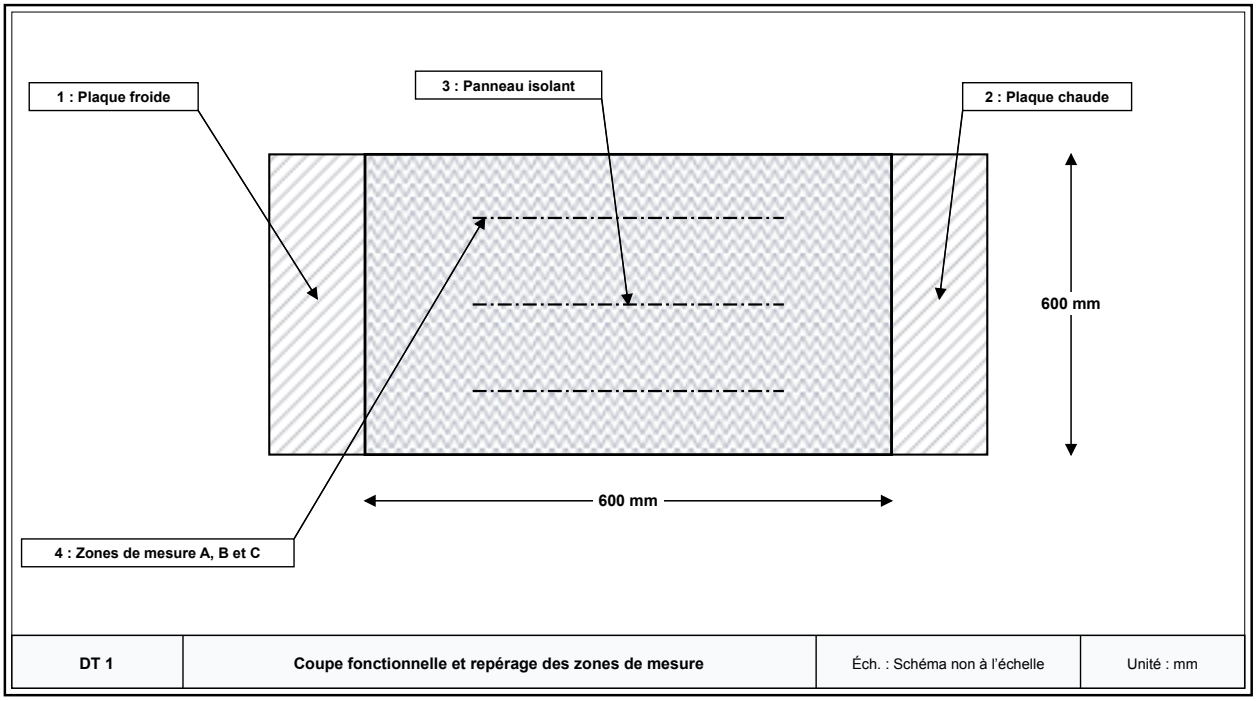
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : BANC DE MESURE THERMIQUE ET GÉOMÉTRIE DE L'ÉPROUVETTE

Le banc comporte une plaque froide, une plaque chaude régulée et un capteur de flux thermique placé au centre de la zone utile. Les couples de température mesurent les températures de surface de part et d'autre de l'éprouvette. Le panneau testé a une épaisseur nominale de $120\ \mathrm{mm}$. Les dimensions de l'éprouvette sont $600 \times 600\ \mathrm{mm}$. Le mesurande retenu pour la campagne est la résistance thermique surfacique, définie par $R = \Delta T / q$, en $\mathrm{m^2\,K\,W^{-1}}$, où q est la densité de flux thermique traversant le panneau en régime permanent.

Le régime est considéré comme permanent lorsque la variation de température est inférieure à $0{,}2\ \mathrm{K}$ pendant $10\ \mathrm{min}$. Les trois zones A, B et C doivent être repérées sur le panneau et documentées. Le schéma est fonctionnel et n'est pas à l'échelle.



Caractéristiques dimensionnelles et matérielles

Caractéristique	Valeur	Unité ou précision
Panneau brut	1250 × 600 × 120	mm
Éprouvette requise	600 × 600 × 120	mm
Conductivité thermique de référence	0,036	$\mathrm{W{\cdot}m^{-1}{\cdot}K^{-1}}$
Température de surface chaude nominale	35	°C
Température de surface froide nominale	15	°C

Données du lot utilisé pour la campagne.

DT 2 : FICHE DES INSTRUMENTS, CONDITIONS DE MESURE ET EXIGENCES DE QUALITÉ

Les instruments utilisés sont identifiés dans le registre du laboratoire. Les incertitudes-types fournies sont à utiliser dans les calculs de la partie 3. Elles sont traitées comme indépendantes. Les mesures de flux sont enregistrées à intervalles réguliers après la stabilisation du banc. Les valeurs brutes ne doivent pas être remplacées par les seules moyennes dans le dossier d'essai.

Les principes d'ISO/IEC 17025:2017 mobilisés dans cette campagne portent notamment sur la compétence, la maîtrise des équipements, la traçabilité des résultats, l'enregistrement des données et la prise en compte de l'incertitude. Ce dossier ne prescrit pas de méthode normative unique pour le produit : la méthode d'essai et ses conditions doivent être explicitées dans le rapport.

Instruments et données métrologiques

Instrument	Identification	Incertitude-type	Résolution	Contrôle avant essai
Capteur de flux thermique	FQ-17	0,10 W·m⁻²	0,01 W·m⁻²	Vérifier zéro et date de vérification
Sonde différentielle de température	TD-08	0,10 K	0,1 K	Vérifier raccordement et cohérence des voies
Pied à coulisse d'épaisseur	PC-04	0,5 mm	1 mm	Vérifier zéro et surfaces de contact
Chronomètre d'acquisition	CH-11	1 s	1 s	Vérifier remise à zéro

Incertitudes-types instrumentales à utiliser pour le sujet.

Conditions d'exploitation des relevés

Contrôle	Critère d'acceptation	Action si le critère n'est pas satisfait
Stabilité thermique	Variation inférieure à 0,2 K sur 10 min	Poursuivre la stabilisation
Répétabilité du flux	Aucune dérive monotone manifeste sur les trois relevés	Contrôler le contact et répéter la série
Traçabilité	Identification instrument, date, opérateur et données brutes présents	Compléter le dossier avant validation
Écart spatial	Étendue des résistances comparée à la tolérance client	Réaliser une investigation si nécessaire

Critères de validation définis pour cette campagne.

DT 3 : RÈGLES DE CALCUL, PRÉPARATION DE L'ÉPROUVETTE ET PRÉVENTION

Les relations de calcul à mobiliser sont les suivantes : surface $S = L \times l$, rendement matière $\eta = S_{éprouvette}/S_{brut} \times 100$, chute $S_{chute} = S_{brut} - S_{éprouvette}$, coût matière attribué à l'éprouvette $C = S_{éprouvette} \times c_s$, temps de coupe $t = L_c/v$, résistance thermique $R = \Delta T/q$ et estimation de référence $R_{ref} = e/\lambda_{ref}$.

Le panneau brut mesure $1{,}250 \times 0{,}600\ \mathrm{m}$, l'éprouvette $0{,}600 \times 0{,}600\ \mathrm{m}$, le tarif matière est de $18{,}00\ \mathrm{€\,m^{-2}}$, la longueur de coupe est $0{,}600\ \mathrm{m}$ et la vitesse d'avance du fil chaud est de $0{,}30\ \mathrm{m\,min^{-1}}$. Six interfaces capteur-surface nécessitent chacune $0{,}20\ \mathrm{g}$ de pâte thermique.

Avant toute découpe, vérifier l'état du dispositif, appliquer les consignes de ventilation et maintenir les mains à distance du fil chauffant. Avant toute intervention sur le banc électrique, mettre l'installation hors tension selon la procédure du laboratoire. Laisser refroidir les plaques avant leur manipulation et maintenir les câbles hors des cheminements de circulation. Les équipements de protection sont choisis à partir de l'évaluation des risques du poste.

Paramètres de préparation et de calcul

Paramètre	Valeur	Unité
Longueur du panneau brut	1,250	m
Largeur du panneau brut	0,600	m
Longueur de l'éprouvette	0,600	m
Largeur de l'éprouvette	0,600	m
Tarif matière	18,00	€·m⁻²
Vitesse d'avance de découpe	0,30	m·min⁻¹
Pâte thermique par interface	0,20	g
Nombre d'interfaces	6	sans unité

Toutes les données nécessaires aux calculs de préparation sont fournies.

Références de qualité et de prévention

Référence	Application au travail demandé
ISO/IEC 17025:2017	Traçabilité, maîtrise des équipements et enregistrements d'essai
ISO 10012:2003	Maîtrise des processus de mesure et des équipements de mesure
Code du travail, principes généraux de prévention	Évaluation et réduction des risques, protections et consignes de poste
Procédure interne du laboratoire	Stabilisation thermique, acquisition et archivage des données

Références et principes à prendre en compte dans le contexte de l'essai.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : questions 1.1, 1.2, 1.3, 2.1 et 2.2 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases signalées par « ... ». Faire apparaître les calculs utiles et les unités. Joindre ce document à la copie.

Synthèse de l'analyse et de la préparation

Élément demandé	Réponse du candidat
Mesurande et unité	.....
Résistance thermique de référence Rref	.....
Intervalle de conformité client	.....
Surface du panneau brut	.....
Surface de l'éprouvette	.....
Rendement matière	.....
Surface de chute	.....
Coût matière attribué à l'éprouvette	.....
Temps de coupe	.....
Masse totale de pâte thermique	.....
Plan spatial de mesure et justification	.....

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, 3.2, 3.3 et 3.4 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux avec les résultats calculés et les unités. Conserver une précision cohérente avec les instruments et présenter la conclusion dans la dernière ligne.

Traitement statistique et calcul des résistances

Zone	Flux moyen $\bar{q}$ ($W \cdot m^{-2}$)	Écart-type s ($W \cdot m^{-2}$)	Résistance R ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)
A	.....	.....	.....
B	.....	.....	.....
C	.....	.....	.....
Moyenne ou synthèse	.....	.....	.....

Incertitude et décision

Élément	Résultat du candidat
Incertitude-type composée u(RA)	.....
Incertitude élargie U avec k = 2	.....
Résultat zone A sous la forme RA ± U	.....
Comparaison au critère client et conclusion	.....
Investigation ou action corrective proposée	.....

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.