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

SCIENCE ET GÉNIE DES MATÉRIAUX

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE C4 : CARACTÉRISER DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SCIENCE ET GÉNIE DES MATÉRIAUX	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 : MATÉRIAUX COMPOSITES DU VAL DE LOIRE, LABORATOIRE DE CONTRÔLE, 12 RUE DES ATELIERS, 45100 ORLÉANS

Le laboratoire de contrôle de l'entreprise Matériaux Composites du Val de Loire reçoit une plaque d'un composite thermoplastique renforcé de fibres de verre, annoncée comme du PA6-GF30. Le client, Équipements Mobilité Centre, signale une baisse de rigidité sur des pièces fabriquées à partir du lot L26-041. Vous êtes chargé(e) de caractériser un prélèvement du lot, de comparer les résultats au cahier des charges fourni et de préparer une série d'éprouvettes pour confirmation.

Le prélèvement disponible est une plaque de 308 mm × 50 mm × 4,0 mm. Les essais sont réalisés dans le laboratoire selon les protocoles et extraits documentaires remis avec le sujet. Toute conclusion doit se limiter aux mesures et critères indiqués dans ce dossier. Les modalités d'organisation et la pondération de cette évaluation relèvent des modalités de contrôle des connaissances et des compétences de l'établissement.

Le barème est de 20 points. Les résultats numériques seront présentés avec les unités et un nombre de chiffres significatifs adapté. Toute hypothèse nécessaire doit être explicitée.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, exigences et choix des caractérisations (4 points)

Relier le besoin client, les propriétés recherchées et les moyens de caractérisation

À partir du cahier des charges du DT 1 et des caractéristiques des moyens de mesure du DT 2, établir une stratégie de contrôle cohérente pour le lot L26-041. Les critères chiffrés du client sont ceux fournis dans le dossier technique.

Synthèse des critères d'acceptation du lot

Caractéristique	Critère client	Méthode disponible
Masse volumique	1,30 à 1,45 g/cm³	Mesure dimensionnelle et balance
Contrainte maximale en traction	Au moins 105 MPa	Essai de traction
Module d'Young en traction	Au moins 7,0 GPa	Pente initiale de la courbe contrainte-déformation
Conductivité thermique	Au plus 0,45 W/(m·K)	Mesure comparative au conductimètre thermique
Identification de la matrice	Signature compatible avec PA6	Spectroscopie FTIR-ATR

Valeurs à vérifier sur le prélèvement. Les méthodes et protocoles applicables sont décrits au DT 2.

1.1 (1 point) Formuler le besoin de contrôle du client et citer deux propriétés dont la vérification est directement pertinente au regard du défaut signalé. Justifier brièvement chaque choix.

1.2 (1,5 point) Pour chacune des cinq caractéristiques du tableau, associer le moyen de caractérisation approprié et indiquer la grandeur mesurée directement ou la donnée exploitée. Compléter le DR 1.

1.3 (1,5 point) Proposer un ordre de réalisation des opérations depuis la réception du prélèvement jusqu'aux essais destructifs. Justifier l'ordre choisi par une contrainte de préparation, de conservation de l'échantillon ou de sécurité.

PARTIE 2 : Exploitation des résultats et diagnostic matériau (6 points)

Calculer, interpréter et confronter les résultats aux critères du client

Les dimensions et masses mesurées, les résultats de traction, la conductivité thermique et le spectre FTIR de comparaison figurent dans le DT 2. Pour les calculs, utiliser les relations indiquées dans le DT 1. Les dimensions initiales de la zone utile en traction sont une largeur de 10,0 mm, une épaisseur de 4,0 mm et une longueur de référence de 50,0 mm.

Données expérimentales à exploiter

Mesure	Donnée
Masse de l'éprouvette de densité	5,52 g
Dimensions de l'éprouvette de densité	100,0 mm × 10,0 mm × 4,0 mm
Force maximale en traction	4,60 kN
Conductivité thermique mesurée	0,32 W/(m·K)
Épaisseur traversée pour l'estimation thermique	4,0 mm

Les résultats détaillés et les incertitudes instrumentales sont donnés au DT 2.

2.1 (1,5 point) Calculer le volume et la masse volumique de l'éprouvette de densité. Convertir les unités de façon cohérente et conclure sur le respect du critère client.

2.2 (2 points) Calculer la section initiale de l'éprouvette de traction, puis la contrainte maximale à partir de la force maximale mesurée. Déterminer le module d'Young à partir de la pente initiale fournie au DT 2. Conclure séparément sur les deux critères mécaniques et reporter les résultats au DR 1.

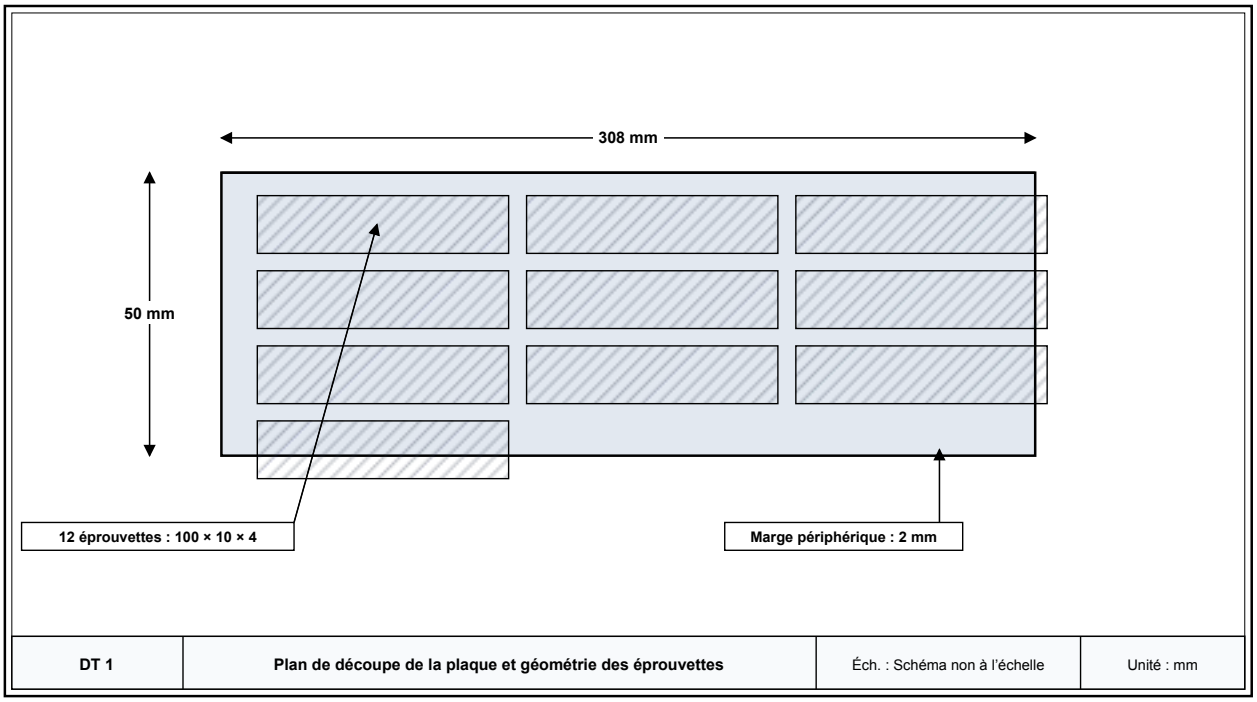
2.3 (1 point) Calculer la résistance thermique surfacique de la plaque à partir de son épaisseur et de la conductivité mesurée. Présenter le résultat en $m^2 \cdot K/W$ et préciser ce que cette grandeur permet d'évaluer dans le cadre de cet essai.

2.4 (1,5 point) Interpréter le résultat de conductivité thermique et la comparaison FTIR du DT 2 au regard des critères fournis. Rédiger une conclusion de contrôle du lot en distinguant les critères conformes, non conformes ou à confirmer.

PARTIE 3 : Préparation des éprouvettes et protocole opératoire (6 points)

Préparer une série d'essais traçable et exploiter les données de débit matière

Le laboratoire demande la préparation de 12 éprouvettes rectangulaires de 100 mm × 10 mm × 4 mm dans le prélèvement disponible. La plaque brute mesure 308 mm × 50 mm × 4 mm. Le plan de découpe prévoit trois éprouvettes dans le sens des 308 mm et quatre rangées dans le sens des 50 mm. La largeur de coupe est de 2 mm entre pièces et une marge de 2 mm est conservée sur chaque bord. La masse volumique de calcul est de 1,38 g/cm³. Le coût matière conventionnel est de 24,00 €/kg. Pour la préparation par fraisage, la fraise a un diamètre de 6 mm et la broche tourne à 12 000 tr/min.



Paramètres de préparation

Paramètre	Valeur
Nombre d'éprouvettes	12
Dimensions d'une éprouvette	100 mm × 10 mm × 4 mm
Plaque brute	308 mm × 50 mm × 4 mm
Masse volumique retenue	1,38 g/cm³
Coût matière	24,00 €/kg
Diamètre de fraise et vitesse de broche	6 mm et 12 000 tr/min

La largeur de coupe de 2 mm s'applique aux séparations entre éprouvettes.

3.1 (1,5 point) Calculer le volume total des 12 éprouvettes et la masse de matière utile correspondante. Calculer ensuite le volume et la masse de la plaque brute.

3.2 (1,5 point) Calculer le rendement matière en masse et le pourcentage de chute. Calculer le coût de la plaque brute et le coût matière associé à la masse utile des éprouvettes. Préciser les hypothèses retenues.

3.3 (1 point) Calculer la vitesse de coupe périphérique de la fraise en m/min à partir du diamètre et de la vitesse de broche. Écrire la formule utilisée et donner le résultat arrondi à l'unité.

3.4 (2 points) Rédiger un protocole opératoire synthétique et ordonné pour préparer les éprouvettes puis réaliser les essais de traction. Mentionner au moins quatre points de contrôle permettant d'assurer la traçabilité, la qualité de préparation et la validité des mesures. Compléter la feuille de préparation du DR 2.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et qualité des mesures (4 points)

Identifier les risques et définir les mesures de prévention adaptées au laboratoire

Les opérations prévues comprennent le débit par fraisage, l'ébavurage, la pesée, la manipulation d'éprouvettes, un essai de traction avec machine universelle et une mesure FTIR-ATR. Les équipements et consignes applicables sont décrits au DT 3. Aucune intervention sur une machine en mouvement ou sous énergie n'est autorisée.

Opérations et dangers à examiner

Opération	Dangers principaux à prendre en compte
Fraisage et ébavurage	Projection de copeaux, contact avec l'outil, arêtes vives, bruit
Essai de traction	Rupture brutale, pincement dans les mors, projection de fragments
Pesée et manipulation	Chute d'échantillon, coupure par une arête, contamination
FTIR-ATR	Contact avec le cristal, pression de l'accessoire, nettoyage du matériel

Utiliser le DT 3 pour proposer des mesures de prévention adaptées.

4.1 (1,5 point) Pour le fraisage et l'essai de traction, identifier un risque pour chaque opération et indiquer une mesure de prévention collective ou organisationnelle adaptée.

4.2 (1 point) Indiquer les équipements de protection individuelle nécessaires pour le fraisage et l'ébavurage. Préciser une règle de sécurité à respecter lors du réglage ou du nettoyage de la machine.

4.3 (1,5 point) Une éprouvette présente une bavure au bord et une autre n'est pas identifiée. Décrire la conduite à tenir avant de lancer l'essai et expliquer en quoi ces écarts peuvent compromettre la sécurité ou la validité des résultats.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

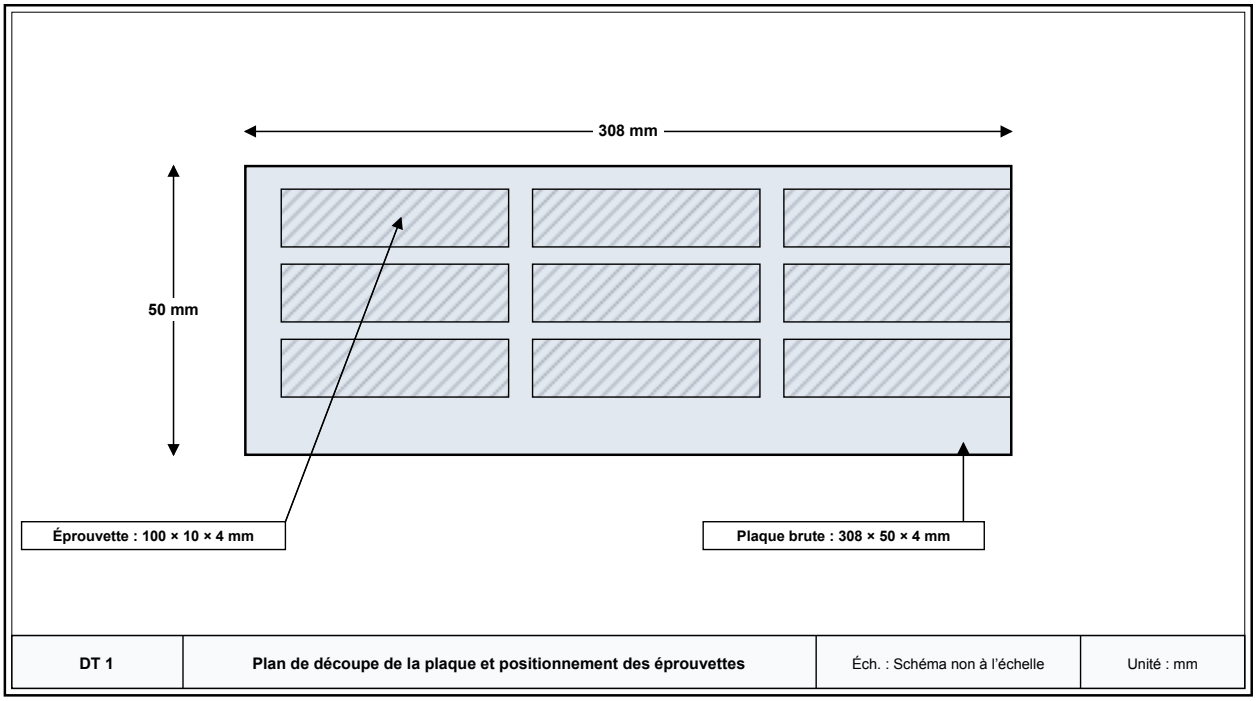
DT 1 : CAHIER DES CHARGES, GÉOMÉTRIE ET RELATIONS DE CALCUL

Le produit contrôlé est une plaque composite à matrice thermoplastique, désignation déclarée PA6-GF30. Le client demande une masse volumique comprise entre 1,30 et 1,45 g/cm³, une contrainte maximale en traction au moins égale à 105 MPa, un module d'Young au moins égal à 7,0 GPa, une conductivité thermique au plus égale à 0,45 W/(m·K) et une identification de matrice compatible avec le PA6 par comparaison FTIR.

Relations à utiliser : masse volumique $\rho = m/V$; contrainte normale $\sigma = F/S_0$; déformation relative $\varepsilon = \Delta L/L_0$; module d'Young dans le domaine élastique linéaire $E = \Delta\sigma/\Delta\varepsilon$; résistance thermique surfacique d'une couche homogène $R = e/\lambda$; vitesse de coupe périphérique $V_c = \pi D n/1000$, avec D en mm, n en tr/min et V_c en m/min.

Conversions utiles : $1\,\mathrm{cm^3} = 1000\,\mathrm{mm^3}$, $1\,\mathrm{MPa} = 1\,\mathrm{N/mm^2}$, $1\,\mathrm{kN} = 1000\,\mathrm{N}$, $1\,\mathrm{GPa} = 1000\,\mathrm{MPa}$. Pour le coût matière, utiliser $C = m\,p$, avec la masse en kg et le prix p en €/kg. Le rendement matière est le rapport entre la masse utile et la masse brute, exprimé en pourcentage. Le pourcentage de chute est $100\% - \text{rendement}$.

Référence de méthode : essai de traction sur plastique selon le protocole du laboratoire établi à partir des principes de l'ISO 527-1 et de l'ISO 527-2. Les dimensions, la géométrie d'éprouvette, la vitesse d'essai et les conditions de conditionnement doivent être consignées dans le rapport d'essai. Les critères chiffrés du présent sujet sont ceux du cahier des charges client fourni ci-dessus.



DT 1	Plan de découpe de la plaque et positionnement des éprouvettes	Éch. : Schéma non à l'échelle	Unité : mm

Exigences client et règle de décision

Propriété	Limite d'acceptation	Unité
Masse volumique	1,30 à 1,45	g/cm³
Contrainte maximale en traction	≥ 105	MPa
Module d'Young	≥ 7,0	GPa
Conductivité thermique	≤ 0,45	W/(m·K)
Identification FTIR	Compatible avec la référence PA6	Comparaison qualitative

Une valeur mesurée est comparée directement au seuil donné. En cas de résultat proche d'un seuil, signaler la limite liée aux incertitudes.

DT 2 : FICHE DE RÉSULTATS, ÉQUIPEMENTS ET PROTOCOLES DE CARACTÉRISATION

Balance de laboratoire : portée 2 000 g, résolution 0,01 g. Pied à coulisse : résolution 0,01 mm. Micromètre : résolution 0,001 mm. Les dimensions de l'éprouvette de densité ont été mesurées à trois endroits et leur moyenne est 100,0 mm × 10,0 mm × 4,0 mm. Sa masse mesurée est 5,52 g.

Essai de traction : éprouvette rectangulaire, largeur initiale 10,0 mm, épaisseur initiale 4,0 mm, longueur de référence 50,0 mm. La force maximale enregistrée est 4,60 kN. Sur la zone élastique initiale, une augmentation de déformation de 0,0010 correspond à une augmentation de contrainte de 8,0 MPa. La température de laboratoire est de 23 °C. L'éprouvette a été conditionnée pendant 24 h dans le même local.

Mesure thermique comparative : épaisseur de l'échantillon 4,0 mm, conductivité mesurée 0,32 W/(m·K). Le résultat est exploitable pour comparer l'échantillon au seuil du cahier des charges dans les conditions de la méthode interne.

FTIR-ATR : le spectre du prélèvement présente les bandes caractéristiques observées sur la référence interne PA6. La comparaison est compatible avec une matrice PA6. Cette comparaison qualitative ne permet pas, à elle seule, de déterminer le pourcentage de fibres de verre. Le prélèvement est déclaré par le fournisseur comme un grade renforcé à 30 % de fibres de verre.

Points de la courbe contrainte-déformation en traction

Déformation relative ε	Contrainte σ (MPa)
0,0000	0
0,0010	8
0,0020	16
0,0050	39
0,0100	72
0,0250	105
0,0400	115
0,0550	108

Valeurs mesurées sur une éprouvette représentative. La pente initiale donnée dans le texte du DT 2 est utilisée pour le calcul du module.

Fiche d'identification des moyens de caractérisation

Moyen	Grandeur ou information obtenue	Point de vigilance
Balance et mesures dimensionnelles	Masse, volume géométrique et masse volumique	Échantillon propre, sec et sans bavure gênant la mesure
Machine universelle de traction	Force, déplacement, contrainte, déformation et propriétés mécaniques	Alignement, dimensions initiales, mors adaptés et zone dangereuse dégagée
Conductimètre thermique	Conductivité thermique dans les conditions de la méthode	Épaisseur connue, contact homogène, faces propres
FTIR-ATR	Signature spectrale et comparaison à une référence	Surface propre, contact correct avec le cristal, résultat qualitatif

Principes et précautions utiles à la préparation de l'analyse.

DT 3 : EXTRAIT DES CONSIGNES DE PRÉVENTION ET DE TRAÇABILITÉ DU LABORATOIRE

Les règles applicables sont les consignes de sécurité du laboratoire, les notices des équipements et les principes généraux de prévention du Code du travail. Avant utilisation, vérifier l'état du poste et la présence des protections. Le fraisage est réalisé uniquement par un opérateur habilité, capot fermé et pièce correctement bridée. Ne jamais retirer les copeaux à la main ni intervenir dans la zone de coupe lorsque l'outil tourne. Arrêter la machine et attendre l'immobilisation complète avant tout nettoyage ou réglage.

Pour le fraisage et l'ébavurage, porter les lunettes de protection et les protections auditives lorsque l'évaluation du poste le requiert. Utiliser un moyen adapté pour évacuer les copeaux. Manipuler les éprouvettes ébavurées avec précaution et éliminer les pièces présentant des arêtes ou défauts dangereux.

Lors de l'essai de traction, maintenir la zone de rupture dégagée, utiliser l'écran de protection et ne pas placer les mains entre les mors. Vérifier le serrage et l'alignement avant le lancement. Attendre l'arrêt

complet et la décharge de l'effort avant de retirer les fragments. Pour la FTIR-ATR, suivre la notice du constructeur, protéger la surface du cristal, ne pas forcer le dispositif de pression et nettoyer selon la procédure du laboratoire.

Chaque éprouvette reçoit un identifiant unique lié au lot, à l'orientation de prélèvement et à la méthode d'essai. Le rapport consigne la date, l'opérateur, l'équipement et son statut de vérification, les dimensions, les conditions d'essai, les résultats bruts, les calculs, les anomalies et la décision de conformité.

Points minimaux de traçabilité d'un rapport d'essai

Rubrique	Exemples de données à enregistrer
Identification	Lot, code de l'éprouvette, orientation et opérateur
Préparation	Dimensions, état de surface, conditionnement et anomalies
Équipement	Type, identifiant, statut de vérification et accessoires
Essai	Méthode, paramètres, conditions ambiantes et résultats bruts
Exploitation	Calculs, unités, critères de décision et conclusion

Éléments à consigner pour permettre l'interprétation et la reprise de l'essai.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Questions 1.2, 2.2 et 2.4 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases prévues. Donner les unités, les calculs essentiels et une conclusion lisible. Les résultats intermédiaires peuvent être indiqués sur la copie si l'espace du tableau est insuffisant.

Association des caractéristiques et des moyens de caractérisation

Caractéristique	Moyen retenu	Grandeur mesurée ou donnée exploitée
Masse volumique	.....	.....
Contrainte maximale et module d'Young	.....	.....
Conductivité thermique	.....	.....
Identification de la matrice	.....	.....

Résultats calculés et décision au regard du cahier des charges

Propriété	Résultat avec unité	Critère client	Conclusion
Masse volumique	.....	1,30 à 1,45 g/cm³	.....
Contrainte maximale	.....	≥ 105 MPa	.....
Module d'Young	.....	≥ 7,0 GPa	.....
Conductivité thermique	.....	≤ 0,45 W/(m·K)	.....
Identification FTIR	.....	Compatible avec PA6	.....

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 et 3.4 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter la feuille de préparation ci-dessous. Pour le protocole, utiliser les lignes de réponse de la copie et reporter dans le tableau les données de débit et de coût demandées.

Feuille de débit et de préparation des éprouvettes

Donnée à établir	Calcul ou résultat	Unité
Volume utile total des 12 éprouvettes	.....	cm^3
Masse utile totale	.....	g
Volume de la plaque brute	.....	cm^3
Masse de la plaque brute	.....	g
Rendement matière	.....	%
Pourcentage de chute	.....	%
Coût matière de la plaque brute	.....	€
Coût matière de la masse utile	.....	€
Vitesse de coupe périphérique	.....	m/min

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.