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 : PARCOURS MÉTIERS DE LA CARACTÉRISATION ET DE L'EXPERTISE DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE C5 : EXPERTISER LES MATÉRIAUX ET LES PRODUITS

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SCIENCE ET GÉNIE DES MATÉRIAUX : PARCOURS MÉTIERS DE LA CARACTÉRISATION ET DE L'EXPERTISE DES MATÉRIAUX ET DES PRODUITS	3,0 À TITRE 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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : CAS D'ÉTUDE : LABORATOIRE D'EXPERTISE DES MATÉRIAUX APPLIQUÉ À UN PANNEAU SANDWICH COMPOSITE DE TRAPPE TECHNIQUE

Cadre de l'évaluation : le référentiel national du BUT Science et Génie des Matériaux prévoit l'évaluation des compétences selon les modalités définies par l'établissement. Le code, la durée et le coefficient indiqués dans ce document sont des paramètres d'organisation de cette évaluation, et non ceux d'une épreuve nationale écrite identifiée par le ministère.

Vous intervenez comme technicienne ou technicien au sein d'un laboratoire chargé d'expertiser un panneau sandwich composite ayant présenté une fissuration en service. Le panneau constitue une trappe technique d'une enceinte réfrigérée. Le donneur d'ordre demande une analyse des causes possibles, un programme de caractérisation proportionné, une proposition d'action corrective et un protocole de contrôle avant remise en service.

Les données du cas, les observations et les exigences de réception sont rassemblées dans les documents DT 1 à DT 3. Vous devez distinguer les faits observés des hypothèses, justifier les prélèvements et formuler des conclusions adaptées aux limites des résultats disponibles. Les réponses sont à reporter sur les documents DR 1 et DR 2 lorsqu'ils sont concernés.

Le barème total est de 20 points. Les résultats numériques seront accompagnés des unités et d'un calcul lisible. Toute conclusion d'expertise devra être argumentée à partir des données fournies.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle, collecte des informations et exigences applicables (4 points)

Définir le besoin d'expertise et préparer une investigation traçable

À partir du contexte et du DT 1, établissez le cadre de l'expertise avant toute intervention destructive. Les exigences de réception du cas sont données au DT 2. Les références normatives mentionnées au DT 3 sont des repères de méthode : elles ne remplacent pas les prescriptions contractuelles communiquées pour ce cas.

Données initiales de l'avarie

Élément	Donnée disponible	Limite ou information manquante
Produit	Panneau sandwich à peaux en stratifié verre-résine et âme PET	Traçabilité complète du lot à vérifier
Événement	Fissure visible près d'un perçage de fixation	Date précise d'apparition à confirmer
Service	Enceinte réfrigérée, cycles d'ouverture fréquents	Températures et nombre de cycles non consignés
Résultats antérieurs	Aucun rapport de contrôle transmis	Historique de réparation et de surcharge à recueillir

Informations transmises par le donneur d'ordre pour le cas étudié.

1.1 (1,5 point) Formulez la fonction d'usage du panneau et identifiez deux exigences de service à vérifier avant de conclure sur sa conformité. Distinguez clairement une exigence fonctionnelle d'une donnée qui reste à recueillir.

1.2 (1,5 point) Établissez une liste ordonnée de quatre informations à recueillir auprès du donneur d'ordre ou sur le produit afin de documenter l'historique de la pièce et les conditions d'apparition de l'avarie. Pour chacune, indiquez en une phrase son intérêt pour l'expertise.

1.3 (1 point) Complétez le tableau de prélèvement du DR 1. Précisez, pour trois zones distinctes, le type de prélèvement ou d'observation à réaliser, l'objectif associé et une précaution de traçabilité ou de conservation.

PARTIE 2 : Étude technologique et calculs de caractérisation (6 points)

Exploiter les données de géométrie et de matériaux pour quantifier les enjeux

Utilisez les dimensions du DT 1 et les valeurs de référence du DT 2. Pour les calculs, indiquez la formule, la substitution numérique, le résultat et l'unité. Une valeur calculée à partir d'un modèle simplifié ne constitue pas, à elle seule, une preuve de conformité.

Données nécessaires aux calculs

Grandeur	Valeur	Unité
Largeur de peau au droit du perçage	70	mm
Épaisseur de chaque peau	2,0	mm
Diamètre du perçage	10	mm
Effort de service transmis au point considéré	1 800	N
Contrainte admissible de calcul fournie pour le cas	45	MPa
Fraction volumique de fibres dans la peau	0,45	sans unité
Module longitudinal des fibres de verre	72	GPa
Module de la matrice polymère	3,2	GPa
Épaisseur d'âme PET	30	mm
Conductivité thermique de l'âme PET	0,035	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

Valeurs données pour le panneau étudié et les opérations de préparation d'un coupon.

2.1 (2 points) Calculez la section nette résistante de la peau au droit du perçage, puis la contrainte nominale correspondant à l'effort de service de 1 800 N. Calculez le rapport entre la contrainte admissible fournie et cette contrainte nominale. Concluez en précisant pourquoi ce rapport ne permet pas, à lui seul, d'écarter un effet de concentration de contrainte ou de fatigue. Utilisez les relations $A_n = (b - d)e$, $\sigma = F/A_n$ et $m = \sigma_{adm}/\sigma$.

2.2 (1,5 point) Estimez le module longitudinal de la peau par la loi des mélanges simplifiée, en utilisant les fractions volumiques et les modules donnés au DT 2. Appliquez $E_L = V_f E_f + V_m E_m$, avec $V_m = 1 - V_f$. Donnez le résultat en GPa et précisez une limite de cette estimation pour un stratifié réel.

2.3 (1 point) Calculez la résistance thermique surfacique de l'âme PET seule avec $R = e/\lambda$, en exprimant l'épaisseur en mètres. Donnez le résultat en $\mathrm{m^2\,K\,W^{-1}}$ et indiquez si ce calcul décrit la résistance thermique totale du panneau.

2.4 (1,5 point) Un coupon rectangulaire de 120 mm × 80 mm doit être découpé dans une plaque de peau de 600 mm × 400 mm. La scie enlève 3 mm de matière entre deux coupons. En imposant des coupons orientés dans le même sens, calculez le nombre maximal de coupons obtenus par plaque, le rendement surfacique correspondant et la surface de chute. Le prix de la plaque est de 48,00 € : calculez le coût matière par coupon obtenu. Utilisez les dimensions fournies, sans ajouter de marge de rive.

PARTIE 3 : Diagnostic, choix des contrôles et préparation du protocole opératoire (6 points)

Vérifier des hypothèses d'avarie et rendre compte d'une démarche de caractérisation

Les résultats et observations communiqués au DT 2 sont ceux d'un premier examen. Ils ne suffisent pas nécessairement à identifier une cause unique. Proposez une démarche permettant de relier les observations aux hypothèses, de limiter les biais d'échantillonnage et de produire des résultats traçables.

Résultats d'essais de traction sur coupons témoins

Coupon	Résistance mesurée (MPa)	Aspect après essai
T1	62	Rupture dans la zone utile
T2	55	Rupture dans la zone utile
T3	41	Délaminage amorcé au bord du coupon
T4	60	Rupture dans la zone utile
T5	58	Rupture dans la zone utile

Valeurs fournies par le laboratoire pour cinq coupons issus d'une zone non fissurée.

3.1 (2 points) À partir des observations du DT 2, formulez deux hypothèses de mécanisme susceptibles d'expliquer la fissuration, puis associez à chacune un élément observé compatible et un contrôle permettant de la vérifier. Indiquez explicitement les limites des éléments disponibles et évitez de présenter une hypothèse comme un fait établi.

3.2 (1,5 point) Proposez une séquence de trois moyens de caractérisation, allant des contrôles les moins destructifs vers les contrôles destructifs. Pour chaque moyen, précisez la zone concernée et l'information recherchée. Votre proposition doit inclure l'examen macroscopique et une observation de la zone de rupture à une échelle adaptée.

3.3 (1,5 point) Complétez le tableau du DR 2 avec un diagnostic provisoire, les données qui l'étayent, les données manquantes et une action corrective ou préventive à vérifier. Votre formulation doit distinguer les résultats mesurés des interprétations.

3.4 (1 point) Pour préparer un perçage de coupon avec un outil de diamètre 6 mm, la vitesse de coupe prescrite dans la fiche opératoire est de 30 m·min⁻¹. Calculez la fréquence de rotation à régler avec $n = 1000V_c/(\pi D)$, où V_c est exprimée en m·min⁻¹ et D en mm. Arrondissez à la dizaine de tours par minute la plus proche et rappelez une précaution de perçage d'un stratifié verre-résine.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et restitution de l'expertise (4 points)

Prévenir les risques de laboratoire et communiquer une conclusion exploitable

La préparation des prélèvements et des coupons implique la manipulation d'un stratifié contenant des fibres de verre, l'utilisation d'outils de découpe et la production possible de poussières. Les opérations doivent être réalisées selon l'évaluation des risques et les procédures applicables dans le laboratoire.

Opérations prévues et dangers à considérer

Opération	Danger ou situation dangereuse	Mesure de prévention attendue
Découpe du coupon	Poussières et projection de fragments	.....
Perçage du stratifié	Contact avec l'outil en rotation et échauffement local	.....
Examen de la rupture	Bords coupants et fibres exposées	.....

Base de travail pour l'analyse des risques du cas.

4.1 (1,5 point) Complétez le tableau de prévention de la partie 4 pour les trois opérations. Indiquez des mesures portant sur l'organisation ou le captage à la source ainsi que les équipements de protection individuelle adaptés.

4.2 (1,5 point) Énoncez trois règles opératoires permettant de réduire les risques pendant la découpe et le perçage : une règle relative à la préparation du poste, une relative à la maîtrise de l'outil et une relative à la gestion des poussières ou des déchets.

4.3 (1 point) Rédigez une conclusion d'expertise de trois à cinq lignes destinée au donneur d'ordre. Elle doit comporter le constat principal, le niveau de certitude permis par les données, une action immédiate et un complément d'investigation ou de suivi.

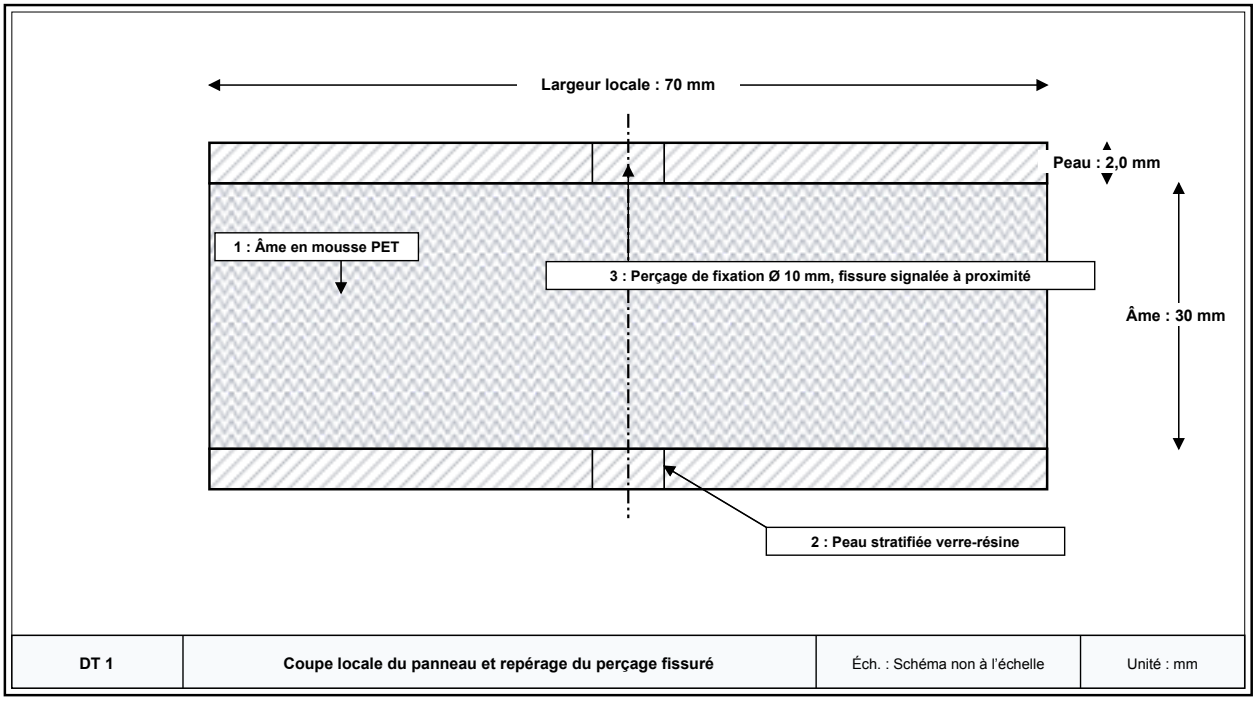
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : DESCRIPTION GÉOMÉTRIQUE ET FONCTIONNELLE DU PANNEAU SANDWICH

Le produit étudié est un panneau sandwich de trappe technique de dimensions hors tout 300 mm × 200 mm × 34 mm. Il comprend deux peaux en stratifié verre-résine de 2,0 mm chacune et une âme en mousse PET de 30 mm. Un perçage de fixation de diamètre 10 mm est situé au centre d'une zone de peau de largeur 70 mm. La fissure observée se trouve à proximité de ce perçage, sur une peau. Le schéma est représentatif et non à l'échelle des coordonnées de dessin. Les cotes chiffrées font foi.

Fonction attendue : fermer l'ouverture de l'enceinte réfrigérée, transmettre les efforts de fixation prévus et contribuer à l'isolation thermique. L'effort de service communiqué pour le calcul simplifié de la zone est de 1 800 N. Aucune donnée de spectre de fatigue n'est disponible dans le dossier initial.



Coupe schématique dans la zone de fixation. Les hachures indiquent les matériaux, les repères renvoient à la nomenclature.

DT 2 : FICHE MATÉRIAU, EXIGENCES DU CAS ET RÉSULTATS INITIAUX

Le stratifié des peaux est constitué de fibres de verre continues dans une matrice polymère. Pour le calcul simplifié de la partie 2, la fraction volumique de fibres est de 0,45 et celle de matrice est le complément à 1. Les modules fournis sont des valeurs de calcul indicatives dans la direction longitudinale du renfort. Les contraintes admissibles communiquées par le donneur d'ordre sont des données de ce cas et ne doivent pas être interprétées comme une valeur universelle du matériau.

Critère contractuel transmis pour ce cas : résistance en traction longitudinale moyenne des coupons témoins au moins égale à 60 MPa, sous réserve que le mode de rupture soit valide et que la méthode d'essai soit confirmée. Les cinq résultats du tableau de la partie 3 ont été obtenus sur des coupons de zone

non fissurée. Le coupon T3 présente un délaminage amorcé au bord ; son résultat doit donc être discuté avant toute utilisation dans une décision de conformité.

Observations initiales de la pièce : fissure visible à proximité du perçage de fixation ; marques courbes visibles à l'œil nu sur une partie de la surface de rupture ; zones locales de séparation entre plis signalées sur une photographie ; aucun relevé de température, d'effort cyclique, de couple de serrage ou de séquence de fabrication n'a été fourni. Aucune analyse microscopique ni mesure de porosité n'a encore été réalisée.

Valeurs matériau et critères transmis

Paramètre	Valeur ou exigence	Usage dans le sujet
Fraction volumique de fibres	Vf = 0,45	Loi des mélanges simplifiée
Fraction volumique de matrice	Vm = 0,55	Complément de Vf à 1
Module des fibres de verre	Ef = 72 GPa	Direction longitudinale
Module de la matrice	Em = 3,2 GPa	Estimation longitudinale simplifiée
Contrainte admissible fournie	45 MPa	Calcul nominal simplifié au perçage
Résistance moyenne contractuelle des coupons	Au moins 60 MPa	Sous réserve de validité des essais et des ruptures
Âme PET	Épaisseur 30 mm ; conductivité 0,035 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	Calcul de résistance thermique de l'âme seule

Données contractuelles et de calcul fournies pour le cas d'étude.

Constats visuels et informations à confirmer

Constat ou donnée	Statut	Vérification à envisager
Fissure proche du perçage	Observation rapportée	Photographier, repérer et mesurer la fissure
Marques courbes sur une partie de la rupture	Observation visuelle préliminaire	Examen macroscopique et fractographique adapté
Séparation locale entre plis	Observation sur photographie	Confirmer par examen de la pièce ou coupe préparée
Nombre de cycles et niveau des efforts	Non communiqué	Interroger l'exploitant et rechercher les enregistrements
Serrage et état du perçage	Non documentés	Contrôler fixation, jeu, écrasement et état des bords

Éléments reçus au démarrage de l'expertise.

DT 3 : CADRE DE CARACTÉRISATION, TRAÇABILITÉ ET PRÉVENTION

La sélection des méthodes doit être justifiée par la question posée, les caractéristiques du matériau et l'état de la pièce. Pour une expertise traçable, identifier chaque échantillon, consigner l'origine et l'orientation, photographier avant prélèvement, enregistrer les conditions d'essai et conserver les données

brutes. Toute préparation susceptible de modifier une surface de rupture doit être évitée avant l'examen de cette surface.

La norme ISO/IEC 17025 constitue un référentiel général de compétence des laboratoires d'essais et d'étalonnage. Son évocation ne signifie pas que le laboratoire du cas est accrédité ni que chaque méthode proposée est couverte par une accréditation. Les méthodes d'essai des composites doivent être choisies selon le matériau, la géométrie, le mode de sollicitation et la question d'expertise. Pour une décision formelle, vérifier la méthode applicable, son édition en vigueur, le domaine d'accréditation éventuel et les exigences du contrat.

Pour l'usinage des coupons, la vitesse de coupe et le diamètre sont fournis au sujet. La fréquence de rotation se calcule avec $n = 1000V_c/(\pi D)$, avec V_c en m·min⁻¹, D en mm et n en tr·min⁻¹. La maîtrise des poussières, la stabilité de la pièce, l'aspiration adaptée et la protection contre les fibres et les arêtes coupantes doivent être considérées dans l'évaluation des risques du poste.

Pour une estimation thermique monocouche, la résistance thermique surfacique se calcule par $R = e/\lambda$, où e est l'épaisseur en mètres et λ la conductivité thermique en W·m⁻¹·K⁻¹. Cette relation ne prend pas en compte les peaux, les résistances de contact, les fixations ni les ponts thermiques.

Méthodes envisageables et précautions de mise en œuvre

Méthode	Information recherchée	Point de vigilance
Examen visuel et photographique	Localisation, dimensions apparentes, état des bords et zones endommagées	Échelle photographique, repérage et conservation de l'état initial
Contrôle non destructif adapté au stratifié	Étendue possible d'un délaminage ou d'une discontinuité	Vérifier la sensibilité de la méthode et la géométrie du panneau
Examen macroscopique de la rupture	Origine probable, propagation et morphologie générale	Ne pas nettoyer ou altérer la surface avant documentation
Microscopie ou coupe préparée	État des plis, de l'interface, des fibres et de la matrice	Prélever avec orientation connue et préparer sans masquer les défauts
Essai mécanique sur coupons	Réponse mécanique dans une orientation et des conditions définies	Justifier le prélèvement, le nombre de coupons et la validité du mode de rupture

Repères méthodologiques à adapter à la question d'expertise et à la procédure du laboratoire.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse : plan de prélèvement, question 1.3 — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement le tableau. Repérer les prélèvements sur la pièce avant toute découpe. Les propositions doivent préserver autant que possible la surface de rupture et permettre de distinguer zone endommagée et zone témoin.

Plan de prélèvement et de conservation

Zone ou élément	Prélèvement ou observation proposé	Objectif	Précaution de traçabilité ou de conservation
Zone fissurée et surface de rupture	.....	.....	.....
Zone autour du perçage, hors surface de rupture	.....	.....	.....
Zone témoin non endommagée	.....	.....	.....

Compléter les cellules marquées par des points de suspension.

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Document réponse : tableau de diagnostic et plan d'action, question 3.3

À RENDRE AVEC LA COPIE

Compléter le tableau en séparant les faits mesurés ou observés, les interprétations et les données à obtenir. Une conclusion provisoire ne doit pas dépasser le niveau de preuve des éléments disponibles.

Diagnostic provisoire et suite de l'expertise

Hypothèse ou axe de contrôle	Éléments disponibles qui l'étayent	Données manquantes ou limite	Contrôle ou action corrective à vérifier
Concentration de contrainte ou sollicitation cyclique au perçage	.....	.....	.....
Délaminage ou défaut de fabrication du stratifié	.....	.....	.....
Résultats mécaniques et conformité des coupons	.....	.....	.....

Une ligne par hypothèse ou axe de contrôle prioritaire.

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.