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 LOCALE DE LA COMPÉTENCE C1 : ÉLABORER DES MATÉRIAUX

SESSION 2026

Durée : 3 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
SCIENCE ET GÉNIE DES MATÉRIAUX	3,0 INDICATIF, SELON LES MODALITÉS LOCALES D'ÉVALUATION

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 : ATELIER MATÉRIAUX DU VAL, LABORATOIRE DE FORMULATION ET DE PROTOTYPAGE, CLERMONT-FERRAND

Dans le cadre du contrôle continu intégral du BUT Science et Génie des Matériaux, l'équipe pédagogique confie à l'Atelier Matériaux du Val la réalisation de plaques prototypes en composite époxy chargé. Vous intervenez comme technicien chargé d'analyser le cahier des charges, de formuler un lot, de préparer le protocole de fabrication et de proposer les contrôles nécessaires.

Le client, Équipements Volcaniques, demande des plaques rectangulaires de 200 mm × 150 mm × 6 mm destinées à des essais de mise au point. Le matériau doit présenter une fraction massique de charge minérale de 25 % dans le produit fini, une surface sans défaut majeur et une température de transition vitreuse Tg d'au moins 60 °C après polymérisation. La masse volumique de calcul du composite est de 1,55 g/cm³. La fabrication est réalisée à température ambiante dans un moule plan, puis polymérisée selon le cycle fourni dans le dossier technique.

Les données de durée et de coefficient ci-dessus correspondent aux modalités retenues pour cette évaluation locale. Elles ne constituent pas une durée ni un coefficient nationaux attachés à la compétence C1.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et exigences applicables (4 points)

Analyser le besoin, les exigences du client et les contrôles pertinents

Vous disposez du cahier des charges client et des informations relatives aux essais et à la prévention présentées dans les documents DT 1 à DT 3.

1.1 (1 point) Reformuler la fonction principale de la plaque prototype et relever trois exigences chiffrées ou vérifiables du cahier des charges. Pour chacune, préciser une grandeur ou un constat permettant de vérifier sa satisfaction.

1.2 (1,5 point) À partir des normes et méthodes indiquées dans le DT 3, proposer un essai pertinent pour vérifier la Tg et un essai pertinent pour caractériser le comportement mécanique en traction. Indiquer, pour chaque essai, la propriété mesurée et une précaution nécessaire pour obtenir un résultat exploitable.

1.3 (1,5 point) Compléter le tableau du DR 1 en associant à chaque exigence une méthode de vérification, un document de référence disponible dans le dossier et un critère d'acceptation. Pour les critères qui ne sont pas chiffrés dans les données, formuler un critère d'observation adapté sans inventer de seuil normatif.

PARTIE 2 : Choix du matériau, formulation et calculs de production (6 points)

Relier composition, mise en œuvre et propriétés attendues

Le lot demandé est de 2,000 kg de composite fini. La formulation comporte une matrice époxy constituée d'une résine et d'un durcisseur, ainsi qu'une charge minérale. Les masses équivalentes et les prix sont fournis dans le DT 2. Les calculs seront présentés avec les unités et un arrondi cohérent.

Données de calcul du lot

Donnée	Valeur
Masse de composite fini visée	2,000 kg
Fraction massique de charge dans le produit fini	25 %
Rapport de formulation résine/durcisseur	Calcul stœchiométrique à partir des équivalents fournis
Perte de matière estimée au moulage	8 % de la masse préparée

Données issues du cahier des charges et du DT 2.

2.1 (2 points) Calculer les masses de résine, de durcisseur et de charge nécessaires pour préparer exactement 2,000 kg de composite, sans tenir compte des pertes. Utiliser le rapport stœchiométrique défini par les données du DT 2 et montrer le calcul du rapport massique résine/durcisseur. Donner les masses en grammes à 0,1 g près.

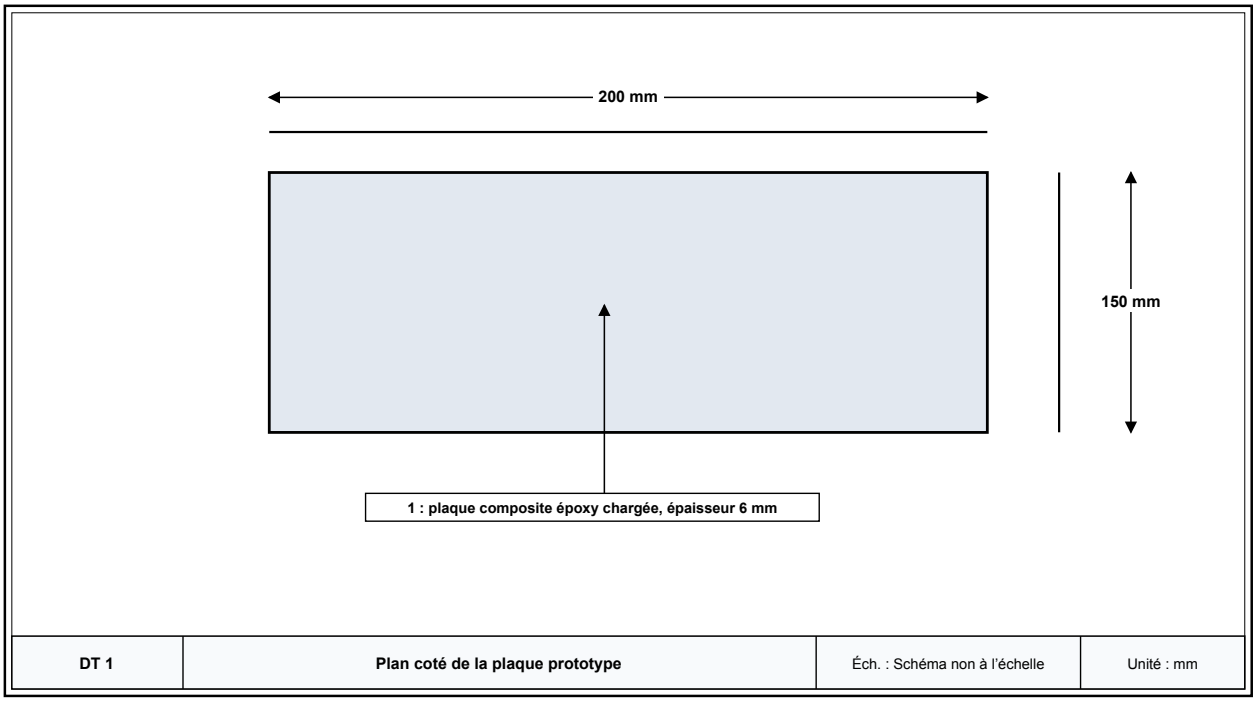
2.2 (2 points) Calculer le volume d'une plaque de 200 mm × 150 mm × 6 mm, puis sa masse théorique à partir de la masse volumique fournie. En tenant compte d'une perte de 8 % sur le lot de 2,000 kg préparé, déterminer le nombre entier de plaques complètes réalisables. Présenter les étapes de calcul dans le DR 2.

2.3 (2 points) À partir des prix unitaires du DT 2, calculer le coût matière du lot préparé de 2,000 kg, puis le coût matière moyen par plaque complète si le lot permet de produire le nombre de plaques déterminé à la question 2.2. Distinguer le coût du lot du coût moyen par plaque et préciser les unités.

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

Définir et adapter un protocole d'élaboration contrôlable

La fabrication se déroule sur une table de moulage équipée d'un moule plan, d'une balance et d'un dispositif de mélange. Les paramètres de mise en œuvre et le cycle de polymérisation sont fournis dans le DT 2. Toute adaptation doit rester compatible avec le rapport stœchiométrique et les exigences client.



DT 1	Plan coté de la plaque prototype	Éch. : Schéma non à l'échelle	Unité : mm

3.1 (2 points) Rédiger un protocole opératoire numéroté permettant de fabriquer le lot. Il doit préciser les opérations de pesée, l'ordre d'incorporation, le mélange, le moulage et la polymérisation en reprenant les paramètres du DT 2. Mentionner au moins deux contrôles à réaliser pendant le procédé.

3.2 (2 points) Un opérateur constate que le durcisseur a été ajouté à 10 % de la masse de résine au lieu du rapport stœchiométrique calculé. Expliquer la nature de l'écart, déterminer la masse de durcisseur qui aurait dû être ajoutée pour la masse de résine calculée à la question 2.1, puis indiquer deux conséquences possibles sur la polymérisation ou les propriétés du matériau.

3.3 (2 points) Proposer un plan de caractérisation du matériau obtenu comprenant au minimum un contrôle dimensionnel, une observation de l'état de surface, une mesure de Tg et un essai mécanique. Pour chaque contrôle, préciser le moment de réalisation ou le type d'éprouvette nécessaire et le résultat à consigner.

PARTIE 4 : Prévention, sécurité et gestion des écarts (4 points)

Appliquer les principes de prévention et maîtriser les risques du procédé

La préparation utilise une résine époxy, un durcisseur aminé et une poudre minérale. Les risques et mesures de prévention indiqués dans le DT 3 sont à appliquer au poste de travail. Les règles générales de prévention du Code du travail relatives à l'évaluation des risques et aux équipements de protection individuelle s'appliquent.

4.1 (2 points) Identifier quatre risques associés aux opérations de pesée, de mélange, de moulage ou de nettoyage. Pour chacun, associer une mesure de prévention ou une protection adaptée en vous appuyant sur le DT 3.

4.2 (2 points) Décrire la conduite à tenir si une projection de mélange atteint la peau, puis indiquer comment gérer les résidus non polymérisés et le mélange polymérisé conformément aux consignes du DT 3. Préciser quelles informations doivent être consignées dans le compte rendu de fabrication en cas d'écart au protocole.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

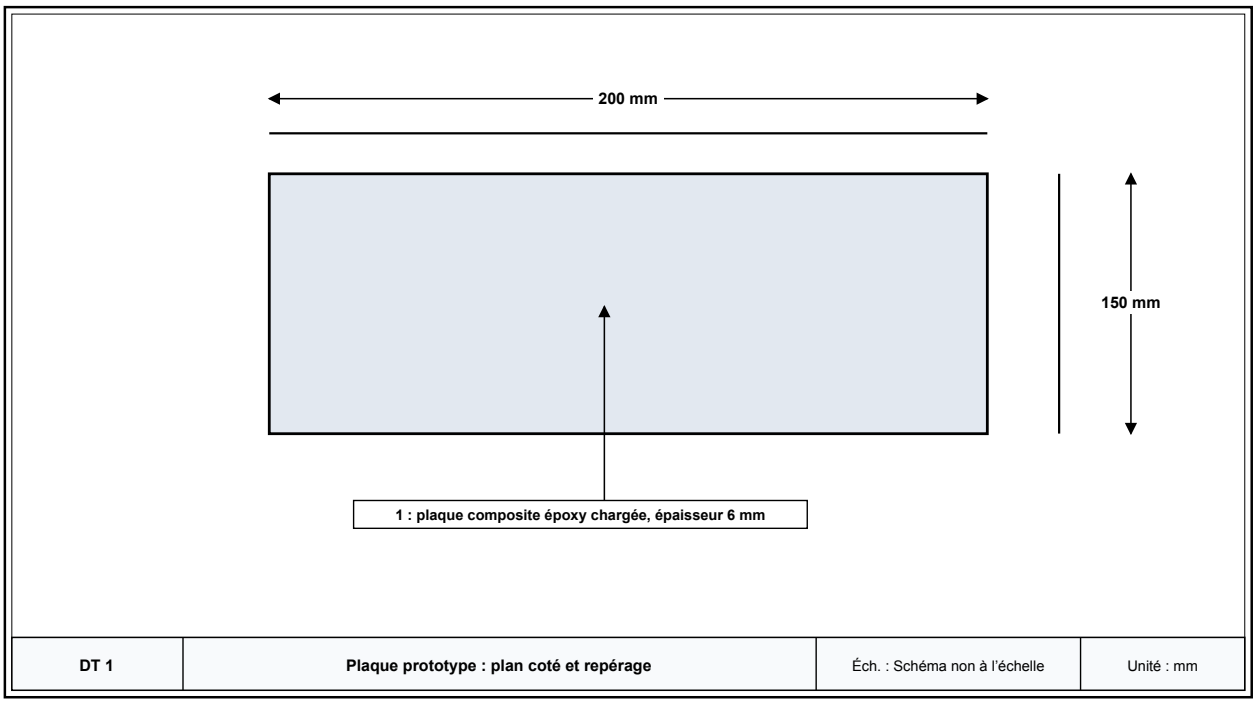
Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : CAHIER DES CHARGES CLIENT ET GÉOMÉTRIE DE LA PLAQUE

Client : Équipements Volcaniques. **Produit :** plaque prototype en composite époxy chargé, destinée à des essais de mise au point et non à une fonction structurale qualifiée.

- Dimensions nominales : 200 mm × 150 mm × 6 mm.
- Fraction massique de charge minérale dans le produit fini : 25 %.
- Masse volumique de calcul : 1,55 g/cm³.
- Température de transition vitreuse après polymérisation : Tg au moins égale à 60 °C.
- Surface : absence de fissure, de zone non polymérisée et de défaut majeur visible à l'œil nu.
- Les dimensions et l'état de surface sont à relever et à consigner sur le lot prototype.

Le schéma du sujet représente le plan de la plaque. L'épaisseur de 6 mm est indiquée par le repère 1. Le schéma n'est pas à l'échelle.



DT 2 : FICHES MATIÈRES, FORMULATION ET PARAMÈTRES DE FABRICATION

Système de résine : résine époxy liquide et durcisseur aminé. Pour le calcul stœchiométrique, le fabricant fournit une masse équivalente époxy (EEW) de 185 g/équivalent pour la résine et une masse équivalente hydrogène amine (AHEW) de 95 g/équivalent pour le durcisseur. À l'équilibre stœchiométrique, les quantités d'équivalents réactifs sont égales.

La masse de charge minérale représente 25 % de la masse totale du composite fini. La masse restante correspond à la matrice résine-durcisseur. La charge est incorporée à la matrice avant l'ajout du durcisseur afin de limiter les risques de polymérisation prématurée pendant la dispersion.

Paramètres de fabrication : température des composants et du local comprise entre 20 °C et 25 °C ; mélange initial résine-charge pendant 3 min à vitesse modérée ; ajout du durcisseur ; mélange final pendant 2 min en raclant les parois ; dégazage sous vide pendant 5 min si l'équipement est disponible ; coulée dans le moule propre et sec ; polymérisation 24 h à 23 °C, suivie d'une post-cuisson de 3 h à 80 °C après démoulage. Respecter la fiche de données de sécurité et les limites d'emploi de l'équipement.

La perte de matière estimée au moulage est de 8 % de la masse préparée. Elle correspond aux résidus dans le récipient, aux pertes de transfert et aux pertes de bord.

Caractéristiques des matières premières et prix

Matière	Donnée de formulation	Prix unitaire
Résine époxy	EEW = 185 g/équivalent	14,00 €/kg
Durcisseur aminé	AHEW = 95 g/équivalent	18,00 €/kg
Charge minérale sèche	Incorporation à 25 % de la masse totale du composite	1,80 €/kg

Valeurs fournies pour l'étude de formulation.

Séquence de fabrication et paramètres

Étape	Consigne
Préparation	Vérifier l'identification des matières, l'état du moule et la température de 20 °C à 25 °C
Dispersion	Résine et charge : 3 min à vitesse modérée
Ajout du durcisseur	Respecter le rapport stœchiométrique calculé
Mélange final	2 min, racler les parois et le fond du récipient
Dégazage	5 min sous vide si l'équipement est disponible
Polymérisation	24 h à 23 °C, puis 3 h à 80 °C après démoulage

Paramètres du protocole de l'Atelier Matériaux du Val.

DT 3 : ESSAIS, TRAÇABILITÉ ET PRÉVENTION AU POSTE DE FORMULATION

Références d'essais proposées : ISO 11357-2, analyse par calorimétrie différentielle à balayage pour la détermination de la température de transition vitreuse ; ISO 527-2, détermination des propriétés en traction des plastiques, avec éprouvettes adaptées à la méthode retenue. L'application d'une norme exige de respecter son édition en vigueur, la préparation des éprouvettes, le conditionnement et les paramètres instrumentaux. Aucun seuil de résultat mécanique n'est fixé par le cahier des charges de cette commande.

Contrôles internes : mesurer longueur, largeur et épaisseur avec un instrument adapté et consigner les valeurs ; examiner visuellement chaque plaque sous un éclairage suffisant ; identifier le lot, les matières et leurs lots fournisseurs ; enregistrer les masses réellement pesées, la température, les heures de début et de fin, les paramètres de mélange, le cycle de polymérisation et tout écart constaté.

Prévention : consulter les fiches de données de sécurité avant utilisation ; évaluer les risques chimiques ; travailler dans la zone ventilée prévue ; éviter le contact cutané et les projections ; porter lunettes de protection, blouse et gants compatibles avec les produits utilisés ; ne pas nettoyer la peau avec un solvant.

En cas de projection sur la peau, retirer les vêtements contaminés et rincer immédiatement et abondamment à l'eau, puis appliquer les consignes de la fiche de données de sécurité et solliciter les secours selon la gravité. Pour une projection oculaire, rincer immédiatement au lave-œil et déclencher la prise en charge prévue par le site.

Déchets : recueillir les résidus non polymérisés dans un contenant identifié et fermé, selon la filière définie par le site et la fiche de données de sécurité. Ne pas les évacuer à l'évier. Les déchets complètement polymérisés sont triés selon les consignes locales applicables ; ne pas les mélanger aux matières recyclables sans consigne validée. Les règles de prévention du Code du travail relatives à l'évaluation des risques et aux équipements de protection individuelle sont à appliquer.

Correspondance entre contrôle et information recherchée

Contrôle ou essai	Information recherchée	Enregistrement attendu
Mesure dimensionnelle	Conformité aux dimensions nominales	Valeurs mesurées et identification de la plaque
Examen visuel	Défauts de surface visibles	Description des défauts observés ou absence de défaut majeur visible
DSC selon ISO 11357-2	Température de transition vitreuse Tg	Courbe et valeur Tg déterminée selon la méthode appliquée
Traction selon ISO 527-2	Réponse mécanique en traction de l'éprouvette	Identification, dimensions, conditions d'essai et résultats mesurés

Méthodes proposées pour le lot prototype, sous réserve du respect des procédures d'essai applicables.

Risques et mesures de prévention au poste

Situation	Risque principal	Mesure de prévention
Pesée et manipulation de la charge en poudre	Dispersion de poussières et inhalation	Manipuler sans dispersion, utiliser la ventilation prévue et les protections respiratoires définies par l'évaluation des risques
Transvasement de résine ou de durcisseur	Contact cutané ou projection oculaire	Lunettes, gants compatibles, blouse et transvasement maîtrisé
Mélange et réaction de polymérisation	Échauffement du mélange et contact avec le produit	Respecter les masses et le protocole, surveiller le mélange, ne pas dépasser les quantités prévues
Nettoyage du poste	Exposition aux produits et élimination inadaptée des résidus	Appliquer les consignes de la fiche de données de sécurité et utiliser les contenants de déchets identifiés

Consignes de l'Atelier Matériaux du Val à appliquer avec les fiches de données de sécurité.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Tableau d'analyse des exigences et contrôles — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter une ligne pour chaque exigence. Indiquer une méthode de vérification adaptée, le document technique utilisé et le critère d'acceptation ou le constat à consigner. Ne pas inventer de seuil absent du cahier des charges.

Analyse du cahier des charges

Exigence	Méthode de vérification	Document ou référence	Critère d'acceptation ou constat
Dimensions nominales : 200 mm × 150 mm × 6 mm	.....	.....	.....
Tg au moins égale à 60 °C	.....	.....	.....
Surface sans défaut majeur visible	.....	.....	.....
Composition avec 25 % massique de charge	.....	.....	.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Feuille de calcul du volume, de la masse et du rendement — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les cases indiquées par « ... ». Présenter les unités et les étapes de calcul. Le volume doit être exprimé en cm³, la masse en g et le nombre de plaques en unités entières.

Calcul de production des plaques

Grandeur	Relation ou données utilisées	Résultat
Volume d'une plaque	V = longueur × largeur × épaisseur, avec les dimensions converties en cm	.....
Masse théorique d'une plaque	m = V × masse volumique	.....
Masse utile du lot après pertes	M utile = 2,000 kg × (1 - 0,08)	.....
Nombre de plaques complètes	Partie entière de M utile divisée par la masse théorique d'une plaque	.....

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.