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

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

INDUSTRIES CÉRAMIQUES

ÉPREUVE E6.1 : CONCEPTION DES MOYENS DE PRODUCTION, CARACTÉRISATION

SESSION 2026

Durée : 4 heures

SPÉCIALITÉ / UNITÉ	COEFF
INDUSTRIES CÉRAMIQUES	3

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 : ATELIER DE FABRICATION DE CARREAUX CÉRAMIQUES, LIMOGES

L'atelier prépare une nouvelle fabrication de carreaux grès cérame destinés au revêtement intérieur d'un bâtiment tertiaire. Le lot commandé comprend **1 200 carreaux conformes**, de dimensions nominales après cuisson **200 mm × 200 mm × 8 mm**. La fabrication comprend la préparation de la poudre, le pressage, le séchage, la cuisson et les contrôles de caractérisation.

Le client impose une absorption d'eau moyenne inférieure ou égale à **8,0 %** selon la méthode d'essai indiquée au dossier, ainsi qu'une résistance moyenne à la flexion d'au moins **25 MPa** selon le protocole interne fourni. Le rendement global prévisionnel est de **92 %**. Les documents techniques DT 1 à DT 3 contiennent les données nécessaires. Compléter et rendre les documents réponse DR 1 et DR 2.

Les calculs doivent présenter les formules, les unités et un résultat arrondi de manière cohérente. Les dimensions de fabrication sont établies à partir du retrait linéaire communiqué dans le dossier.

PARTIE 1 : Analyse fonctionnelle et exigences de conformité (5 points)

Traduction du besoin, exigences produit et choix des contrôles

À partir du cahier des charges et des documents DT 1 et DT 2, analyser les fonctions attendues du produit et les exigences applicables à sa qualification. Les données normatives et les critères d'acceptation à utiliser sont exclusivement ceux précisés dans le dossier.

Exigences du lot à fabriquer

Caractéristique	Exigence	Moment du contrôle
Dimensions après cuisson	200 mm × 200 mm × 8 mm	Après cuisson
Quantité conforme	1 200 carreaux	Contrôle final
Absorption d'eau moyenne	≤ 8,0 %	Après cuisson
Résistance moyenne à la flexion	≥ 25 MPa	Après cuisson
Rendement global prévisionnel	92 %	Préparation du lancement

Données du cahier des charges client

1.1 (1 point) Reformuler les deux caractéristiques de produit qui constituent les critères de conformité du lot et préciser, pour chacune, le sens de la limite imposée au résultat.

1.2 (2 points) Associer les essais d'absorption d'eau et de résistance à la flexion aux méthodes décrites dans le DT 2. Indiquer, pour chacun, la grandeur mesurée et la formule de calcul à appliquer.

1.3 (2 points) En vous appuyant sur le DT 1, déterminer les dimensions théoriques de la pièce pressée avant cuisson permettant d'obtenir les dimensions nominales après cuisson. Appliquer le retrait linéaire de **7,5 %** dans chacune des directions et donner les résultats au dixième de millimètre.

PARTIE 2 : Étude technologique, choix des paramètres et calculs de fabrication (7 points)

Dimensionnement de la fabrication, dosage, rendement et coût matière

Le lancement doit fournir 1 200 carreaux conformes. Les données de masse volumique, de perte au feu, de rendement, de recette et de coût matière sont données au DT 2. Les résultats de calcul seront reportés dans le DR 1.

Données numériques pour l'étude de fabrication

Paramètre	Valeur
Masse volumique du carreau cuit	2 350 kg/m³
Perte de masse au feu, rapportée à la masse sèche	4,0 %
Rendement global en carreaux conformes	92 %
Perte de poudre au transfert et au pressage	2,0 %
Cycle de presse	8,0 s pour 2 empreintes
Taux de disponibilité de la presse	85 %

Valeurs à utiliser pour les calculs de la partie 2

2.1 (2,5 points) Calculer le volume et la masse d'un carreau cuit. En déduire la masse sèche nécessaire par carreau avant cuisson, en tenant compte de la perte au feu de 4,0 %. Déterminer le nombre de carreaux à presser pour obtenir 1 200 carreaux conformes avec un rendement global de 92 %. Arrondir ce nombre à l'entier supérieur.

2.2 (2 points) Calculer la masse totale de poudre sèche à préparer pour le nombre de carreaux à presser. Ajouter la perte de poudre de 2,0 % au transfert et au pressage. Déterminer ensuite les masses des cinq matières de la recette du DT 2. Présenter les résultats en kilogrammes, au dixième.

2.3 (1,5 point) À partir des coûts unitaires du DT 2, calculer le coût total des matières consommées pour le lot préparé, puis le coût matière par carreau conforme livré. Ne pas inclure les coûts d'énergie, de main-d'œuvre ou d'emballage.

2.4 (1 point) Calculer la production théorique de la presse en carreaux par heure, en tenant compte du nombre d'empreintes, du temps de cycle et du taux de disponibilité. En déduire la durée minimale de pressage du nombre de pièces déterminé à la question 2.1, en heures et minutes.

PARTIE 3 : Préparation de fabrication et protocole de caractérisation (5 points)

Séquence opératoire, résistance thermique et préparation des éprouvettes

La fabrication est réalisée sur la presse décrite au DT 1. Le réglage et le suivi doivent permettre de maîtriser les dimensions après cuisson. La qualification du lot repose sur les contrôles du DT 2 et sur l'isolation du four décrite au DT 3.

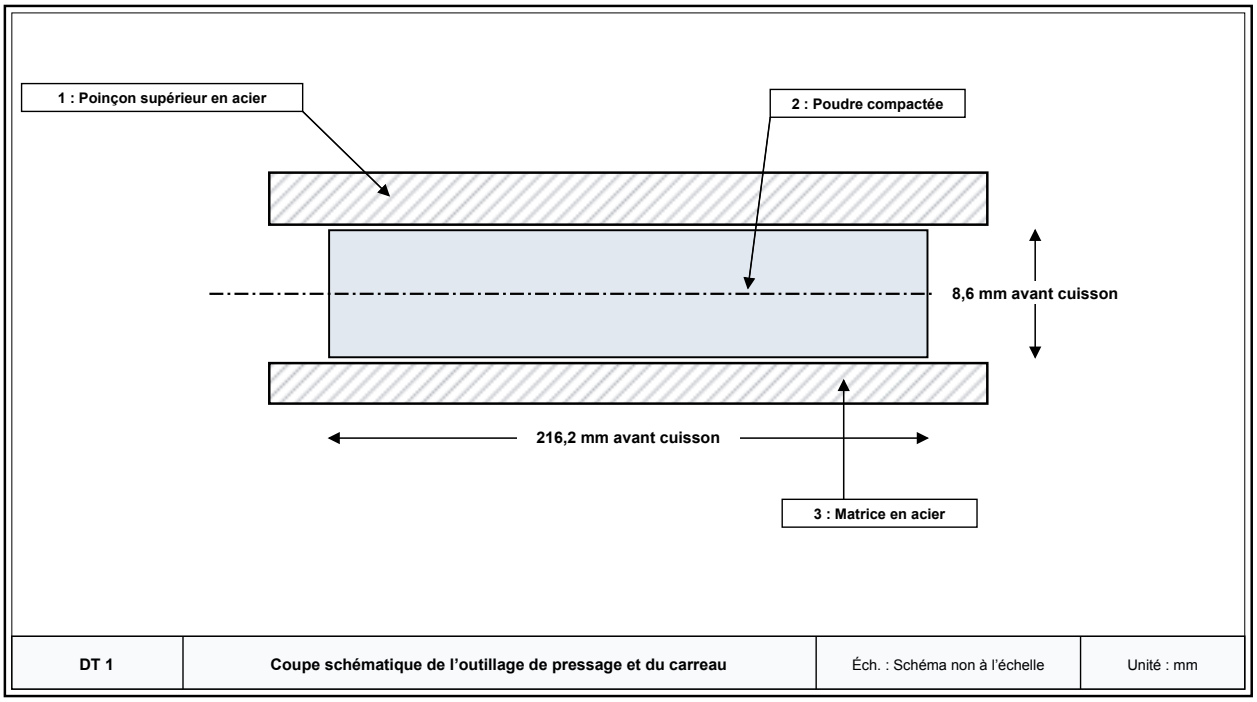


Schéma indicatif non destiné à la fabrication de l'outillage. Les cotes réelles du produit sont indiquées par les lignes de cote.

Données du four de cuisson

Couche	Épaisseur e	Conductivité thermique λ
Réfractaire dense	0,12 m	0,18 W/(m·K)
Isolant fibreux	0,08 m	0,09 W/(m·K)

Valeurs issues de la fiche de l'installation

3.1 (2 points) Établir un protocole opératoire chronologique, depuis la vérification de la poudre jusqu'à la libération du lot après cuisson. Faire apparaître au minimum le contrôle de la recette, le réglage de la presse, le suivi dimensionnel, le prélèvement des échantillons et la décision de conformité.

3.2 (2 points) Calculer la résistance thermique surfacique totale des deux couches du four en série, avec la relation donnée au DT 3. Préciser l'unité et indiquer l'effet d'une augmentation de cette résistance sur les pertes thermiques par conduction, toutes choses égales par ailleurs.

3.3 (1 point) Le disque diamant utilisé pour préparer les éprouvettes a un diamètre de 100 mm et tourne à 3 000 tr/min. Calculer sa vitesse périphérique en m/s à l'aide de la relation du DT 2. Indiquer deux précautions permettant d'obtenir une éprouvette exploitable sans détériorer le carreau.

PARTIE 4 : Prévention des risques et sécurité au poste (3 points)

Identification des risques et choix des mesures de prévention

Les opérations étudiées comprennent le transfert de poudre, le pressage, la manutention de carreaux et la préparation d'éprouvettes par sciage. Utiliser les données de prévention du DT 3 pour proposer des mesures adaptées à ces situations.

Situations de travail à analyser

Opération	Danger ou situation dangereuse
Transfert et dosage des matières	Émission de poussières contenant de la silice cristalline
Alimentation et fonctionnement de la presse	Écrasement ou cisaillement au niveau des organes mobiles
Préparation d'éprouvettes	Projection de fragments et contact avec un disque en rotation

Postes concernés par la fabrication et la caractérisation

4.1 (1,5 point) Pour chacune des trois opérations du tableau, identifier le risque principal pour l'opérateur et proposer une mesure de prévention collective prioritaire adaptée.

4.2 (1,5 point) Énoncer la conduite à tenir avant toute intervention dans la zone dangereuse de la presse et citer deux vérifications de sécurité à effectuer avant la reprise de production. Préciser pourquoi le port d'un équipement de protection individuelle ne remplace pas la mise en place des protections collectives.

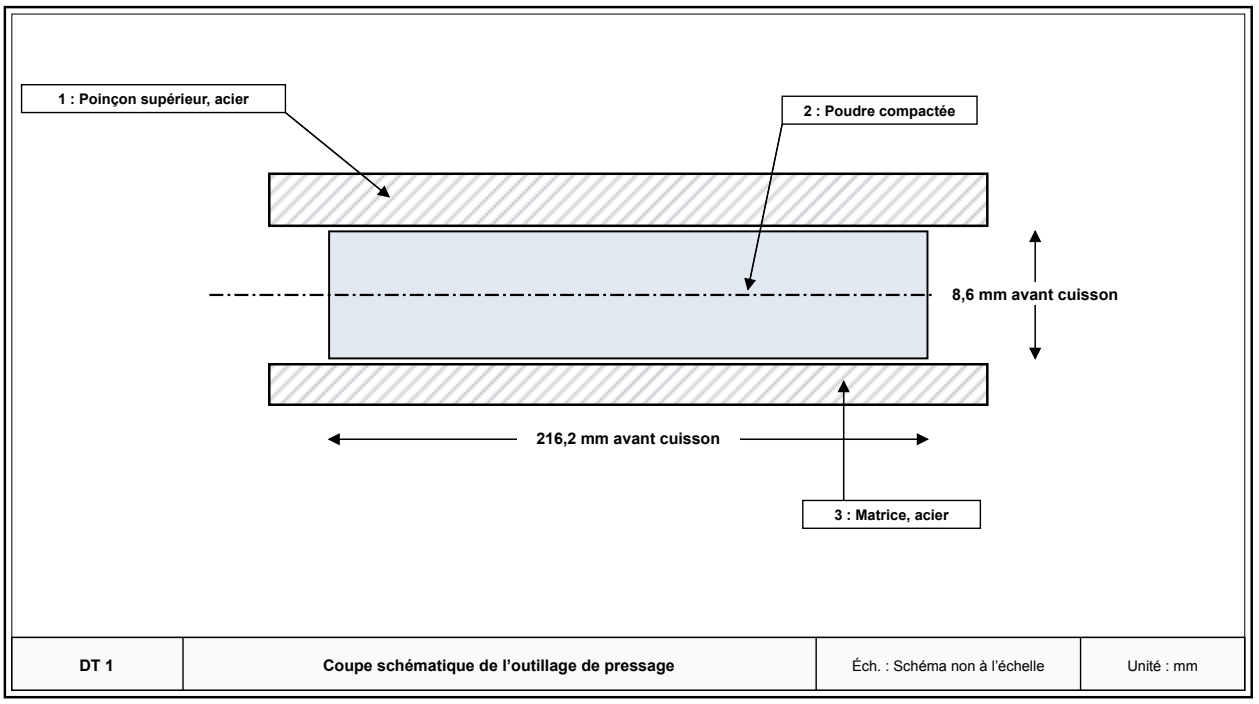
DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : OUTILLAGE DE PRESSAGE ET RETRAIT DU PRODUIT

Le carreau est obtenu par pressage uniaxial d'une poudre atomisée. La presse comporte deux empreintes identiques et effectue un cycle toutes les **8,0 s**. La disponibilité prévisionnelle de la presse, hors arrêts planifiés, est de **85 %**.

Pour la présente étude, le retrait linéaire entre la pièce pressée et le carreau cuit est de **7,5 %**. La dimension après cuisson est égale à la dimension avant cuisson multipliée par **0,925**. Le carreau nominal cuit mesure **200 mm × 200 mm × 8 mm**. Le schéma est indicatif et n'est pas un plan de fabrication de l'outillage. Les zones métalliques sont représentées par le remplissage gris correspondant à l'acier de l'outillage; la poudre compactée est représentée par une trame de matériau céramique dans le document graphique.



Poinçon supérieur, poudre compactée et matrice. Schéma indicatif, cotes théoriques avant cuisson.

DT 2 : RECETTE, DONNÉES DE CALCUL ET MÉTHODES DE CARACTÉRISATION

Recette sèche en masse : feldspath 40 %, kaolin 25 %, quartz 20 %, argile 10 %, chamotte recyclée 5 %. La somme des constituants est égale à 100 %.

Coûts d'achat : feldspath 0,18 €/kg; kaolin 0,22 €/kg; quartz 0,12 €/kg; argile 0,15 €/kg; chamotte recyclée 0,10 €/kg. La perte de poudre au transfert et au pressage est de 2,0 % de la masse totale à préparer. Pour obtenir la masse de poudre à préparer, diviser la masse nette nécessaire par 0,98.

Calcul de masse : le volume du carreau cuit se calcule par le produit de ses trois dimensions. La masse cuite vaut le volume multiplié par la masse volumique de **2 350 kg/m³**. La masse sèche avant cuisson est égale à la masse cuite divisée par 0,96, la perte au feu étant de 4,0 % de la masse sèche.

Absorption d'eau : la méthode d'essai retenue pour ce sujet consiste à sécher l'éprouvette jusqu'à masse constante, mesurer sa masse sèche m_s, la saturer selon le protocole du laboratoire, puis mesurer sa masse saturée m_h. Le taux d'absorption est calculé par $A = \frac{m_h - m_s}{m_s} \times 100$. Le critère client est une moyenne inférieure ou égale à 8,0 %. La référence de méthode pour les carreaux céramiques est la série ISO 10545, partie 3.

Résistance à la flexion : pour l'exploitation des résultats de l'essai interne, appliquer $R_f = \frac{3FL}{2bd^2}$, où F est la charge maximale en newtons, L la portée en millimètres, b la largeur de l'éprouvette en millimètres et d son épaisseur en millimètres. Avec ces unités, R_f est en N/mm², soit en MPa. Le protocole du laboratoire utilise une portée de **100 mm**, une largeur d'éprouvette de **35 mm** et une épaisseur de **8 mm**. Le critère client est une moyenne d'au moins 25 MPa. La référence générale d'essai de flexion des carreaux céramiques est la série ISO 10545, partie 4; le calcul demandé ici est celui défini par le protocole interne fourni.

Préparation des éprouvettes : le disque diamant a un diamètre de 100 mm et tourne à 3 000 tr/min. Sa vitesse périphérique se calcule par $v = \frac{\pi D n}{60}$, avec D en mètres et n en tours par minute; v est alors exprimée en m/s.

Composition et coût des matières

Matière	Pourcentage massique	Coût unitaire
Feldspath	40 %	0,18 €/kg
Kaolin	25 %	0,22 €/kg
Quartz	20 %	0,12 €/kg
Argile	10 %	0,15 €/kg
Chamotte recyclée	5 %	0,10 €/kg

Pourcentages massiques sur matière sèche et prix d'achat

Résultats d'essais de qualification

Essai	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Absorption d'eau : masse sèche m_s	480 g	500 g	490 g
Absorption d'eau : masse saturée m_h	516 g	539 g	529 g
Flexion : charge maximale F	330 N	350 N	340 N

Données de l'échantillon représentatif du lot

Paramètres des essais de flexion

Paramètre	Valeur
Portée L	100 mm
Largeur b	35 mm
Épaisseur d	8 mm
Résistance moyenne minimale	25 MPa

Géométrie des éprouvettes et critères client

DT 3 : ISOLATION DU FOUR ET PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Isolation du four : deux couches homogènes sont disposées en série. La résistance thermique surfacique d'une couche plane est calculée par $R = \frac{e}{\lambda}$, où e est l'épaisseur en mètres et λ la conductivité thermique en W/(m·K). Pour des couches en série, $R_{tot} = \sum_i R_i$. L'unité de R est m²·K/W.

Poussières : les matières premières peuvent générer des poussières contenant de la silice cristalline alvéolaire. La valeur limite d'exposition professionnelle à utiliser dans le cadre du sujet est de **0,1 mg/m³** sur huit heures pour le quartz alvéolaire. Privilégier le captage à la source, le confinement des transferts et les méthodes de nettoyage qui ne remettent pas les poussières en suspension. Le suivi des risques chimiques relève notamment des dispositions du Code du travail relatives aux agents chimiques dangereux.

Presse : les zones de mouvement et de fermeture doivent être protégées par des dispositifs empêchant l'accès aux organes dangereux pendant le cycle. Avant une intervention en zone dangereuse, arrêter l'installation, isoler et consigner les énergies selon la procédure de l'établissement, vérifier l'absence d'énergie résiduelle et s'assurer que la consignation est effective. La remise en service n'est réalisée qu'après retrait des outils et des personnes, remontage des protecteurs et vérification du fonctionnement des dispositifs de sécurité.

Sciage des éprouvettes : utiliser un protecteur de disque en place, maintenir la pièce avec un dispositif adapté et protéger les opérateurs contre les projections. Les équipements de protection individuelle adaptés complètent les protections collectives mais ne les remplacent pas.

Caractéristiques thermiques des couches du four

Couche	Épaisseur e	Conductivité thermique λ
Réfractaire dense	0,12 m	0,18 W/(m·K)
Isolant fibreux	0,08 m	0,09 W/(m·K)

Données à utiliser pour le calcul de résistance thermique

Synthèse des risques et moyens de prévention

Situation	Risque principal	Mesure collective prioritaire
Dosage et transfert de poudre	Inhalation de poussières	Captage à la source et transfert confiné
Presse en fonctionnement	Écrasement ou cisaillement	Protecteurs et dispositifs de sécurité adaptés
Sciage des éprouvettes	Projection et contact avec l'outil en rotation	Protecteur de disque et maintien mécanique de la pièce

Principes applicables aux postes de l'étude

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Feuille de calcul de fabrication, à rendre avec la copie — **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter directement les cases prévues. Indiquer les calculs et unités sur la copie. Pour la recette, les masses de matières sont à exprimer en kilogrammes au dixième. Pour les coûts, donner les résultats en euros au centime.

Dimensionnement et dosage du lot

Grandeur recherchée	Valeur et unité
Volume d'un carreau cuit	.....
Masse d'un carreau cuit	.....
Masse sèche nécessaire par carreau	.....
Nombre de carreaux à presser	.....
Masse nette totale de poudre sèche	.....
Masse totale de poudre à préparer avec pertes	.....
Coût total des matières	.....
Coût matière par carreau conforme	.....
Production de presse	.....
Durée minimale de pressage	.....

À compléter pour les questions 2.1, 2.2 et 2.3

Répartition des matières de la recette

Matière	Pourcentage	Masse à préparer en kg
Feldspath	40 %	.....
Kaolin	25 %	.....
Quartz	20 %	.....
Argile	10 %	.....
Chamotte recyclée	5 %	.....
Total	100 %	.....

À compléter pour la question 2.2

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 2 : Tableau de caractérisation et diagnostic, à rendre avec la copie **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter le tableau à partir des mesures du DT 2. Présenter les résultats à deux décimales pour les taux d'absorption et à un chiffre après la virgule pour les résistances en flexion. Conclure sur la conformité de chaque caractéristique.

Exploitation des résultats d'essais

Essai	Résultat 1	Résultat 2	Résultat 3	Moyenne	Critère	Conclusion
Absorption d'eau	.....	.....	.....	.....	≤ 8,0 %	.....
Résistance à la flexion	.....	.....	.....	.....	≥ 25 MPa	.....

À compléter pour la question 1.2 et la conclusion de conformité

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.