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 E6.2 : SUIVI ET AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION

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 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

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

DOSSIER SUJET

MISE EN SITUATION PROFESSIONNELLE ET CAHIER DES CHARGES : CÉRAMIQUES DU VAL DE LOIRE, SITE DE PRODUCTION DE BLOIS, LOIR-ET-CHER

Vous êtes technicien supérieur au sein de l'atelier de fabrication de carreaux en grès cérame de l'entreprise Céramiques du Val de Loire. L'atelier étudie une dérive du taux de rebut sur la ligne de pressage, d'émaillage et de cuisson. Vous devez exploiter les données de production et de contrôle, vérifier la conformité des produits, proposer des actions d'amélioration et préparer leur mise en œuvre dans des conditions maîtrisées de qualité et de sécurité.

Le produit étudié est un carreau de sol nominal de 600 mm × 600 mm et d'épaisseur 9 mm. La commande à préparer porte sur 1 200 m² de produits conformes. Les exigences produit et les définitions des indicateurs utiles sont données dans le dossier technique. Toutes les données nécessaires sont fournies dans le sujet. Les résultats numériques seront accompagnés de leur unité et d'un arrondi adapté.

PARTIE 1 : Analyse de la commande et conformité du produit (5 points)

Exploiter les exigences de fabrication et les résultats de contrôle

Vous préparez la fabrication de la commande de 1 200 m². Le dossier technique DT 1 donne les exigences internes applicables au produit et les résultats d'un contrôle réalisé sur un lot représentatif. Le DT 2 précise les dimensions unitaires et les règles de calcul du taux de rebut.

Exigences et résultats du contrôle du lot

Caractéristique	Exigence interne	Résultat mesuré
Longueur	600 mm ± 1,0 mm	600,8 mm
Largeur	600 mm ± 1,0 mm	599,7 mm
Absorption d'eau	≤ 0,50 %	0,42 %
Résistance à la flexion	≥ 35 MPa	37 MPa

Données fournies par le service qualité, lot de carreaux 600 mm × 600 mm

1.1 (1,5 point) Calculer le nombre minimal de carreaux conformes nécessaire pour livrer 1 200 m². La surface d'un carreau est donnée par la relation $S = L \times l$, avec $L = 0{,}600\ \text{m}$ et $l = 0{,}600\ \text{m}$. Arrondir le résultat à l'entier supérieur.

1.2 (2 points) À partir du tableau fourni et des exigences du DT 1, conclure pour chacune des quatre caractéristiques si le lot respecte l'exigence. Présenter les écarts aux limites lorsque cela est pertinent et formuler une conclusion globale sur la conformité du lot au regard des seules caractéristiques contrôlées.

1.3 (1,5 point) La commande doit intégrer une réserve de 4 % de carreaux non conformes ou endommagés par rapport au nombre de carreaux conformes à livrer. Calculer le nombre de carreaux à lancer en fabrication en utilisant $N_{\text{à lancer}} = \left\lceil \frac{N_{conformes}}{1-0{,}04} \right\rceil$. Indiquer le nombre de carreaux constituant la réserve.

PARTIE 2 : Suivi des performances de production (5 points)

Calculer et interpréter les indicateurs de la ligne

Le relevé de production du poste étudié est donné dans le DT 2. Pour cette étude, la durée planifiée est la durée totale de production prévue, arrêts planifiés inclus le cas échéant. La durée de fonctionnement est égale à la durée planifiée diminuée des arrêts non planifiés. Le temps de cycle théorique est le temps nécessaire pour produire une pièce à la cadence nominale.

On utilisera les définitions suivantes : $Disponibilité = \frac{Temps\ de\ fonctionnement}{Temps\ planifié}$, $Performance = \frac{Temps\ de\ cycle\ théorique \times Quantité\ totale}{Temps\ de\ fonctionnement}$, $Qualité = \frac{Quantité\ conforme}{Quantité\ totale}$, et $TRS = Disponibilité \times Performance \times Qualité$.

Relevé de production du poste étudié

Donnée	Valeur
Temps planifié	480 min
Arrêts non planifiés cumulés	42 min
Temps de cycle théorique	0,18 min par carreau
Quantité totale produite	2 100 carreaux
Quantité conforme	1 985 carreaux
Quantité non conforme	115 carreaux

Équipe du matin, fabrication d'un seul modèle de carreau

2.1 (2 points) Calculer le temps de fonctionnement, la disponibilité, la performance, la qualité et le TRS du poste. Exprimer les taux en pourcentage avec un chiffre après la virgule. Détailler les calculs.

2.2 (1,5 point) Calculer le taux de non-conformité en pièces, puis la quantité de carreaux conformes en m². Utiliser $Taux\ de\ non\text{-}conformité = \frac{Quantité\ non\ conforme}{Quantité\ totale} \times 100$ et $S_{conforme} = Quantité\ conforme \times 0{,}36$. Présenter les résultats avec un chiffre après la virgule pour le taux et au centième de m² pour la surface.

2.3 (1,5 point) En vous appuyant sur les indicateurs calculés et sur les causes d'arrêt recensées dans le DT 2, identifier l'indicateur le plus directement affecté par les arrêts non planifiés. Justifier votre réponse et hiérarchiser les deux causes d'arrêt représentant la plus grande durée cumulée.

PARTIE 3 : Étude du procédé et préparation d'une amélioration (5 points)

Calculer les paramètres de préparation et proposer un protocole de suivi

L'atelier souhaite stabiliser l'émaillage et vérifier l'isolation thermique d'une portion de paroi du four. Les données de formulation, de coût et de paroi sont fournies dans le DT 3. Le dosage nominal d'émail sec est de 0,42 kg par m² de surface émaillée. La préparation prévoit une majoration de 3 % de la masse sèche calculée afin de couvrir les pertes de préparation. L'eau représente 38 % de la masse sèche préparée.

Données de préparation et d'isolation

Paramètre	Valeur
Surface à émailler pour l'essai	500 m²
Dosage nominal d'émail sec	0,42 kg/m²
Majoration de préparation	3 % de la masse sèche nominale
Eau de dilution	38 % de la masse sèche préparée
Composition massique sèche	60 % frit, 25 % feldspath, 15 % pigment
Prix de la frit	1,80 €/kg
Prix du feldspath	0,48 €/kg
Prix du pigment	4,20 €/kg
Couche intérieure réfractaire	e = 0,12 m ; λ = 0,18 W/(m·K)
Couche extérieure isolante	e = 0,08 m ; λ = 0,09 W/(m·K)

Données issues des fiches internes de fabrication et de maintenance

3.1 (1,5 point) Calculer la masse sèche nominale d'émail pour l'essai, puis la masse sèche à préparer en tenant compte de la majoration de 3 %. Calculer ensuite la masse d'eau à ajouter. Présenter les résultats au dixième de kilogramme.

3.2 (1,5 point) Calculer le coût des matières sèches de l'essai. Déterminer d'abord le prix d'un kilogramme de mélange sec à partir des proportions massiques et des prix du DT 3, puis appliquer ce prix à la masse sèche préparée obtenue à la question 3.1. Présenter le coût au centime d'euro.

3.3 (2 points) Calculer la résistance thermique surfacique totale des deux couches de la paroi en utilisant $R = \frac{e}{\lambda}$ pour chaque couche et $R_{total} = R_1 + R_2$. Exprimer le résultat en $\mathrm{m^2 \cdot K/W}$. Proposer ensuite un protocole de suivi de l'essai d'émaillage indiquant au moins trois paramètres à enregistrer et un critère de décision permettant de comparer l'essai à la fabrication de référence.

PARTIE 4 : Diagnostic, actions d'amélioration et prévention (5 points)

Prioriser les causes et sécuriser une intervention en atelier

Les relevés du DT 2 montrent des variations de température de cuisson et des défauts d'aspect. Le DT 3 donne les éléments de prévention applicables aux interventions sur le four. Toute action proposée doit être vérifiable par un indicateur, préserver la conformité du produit et être réalisée selon les procédures de sécurité de l'entreprise.

Synthèse des essais de cuisson

Essai	Consigne de cuisson	Carreaux contrôlés	Carreaux avec défaut d'aspect
A	1 195 °C	500	35
B	1 200 °C	500	20
C	1 205 °C	500	31

Essais réalisés sur des lots comparables, réglage nominal : 1 200 °C

4.1 (2 points) Calculer le taux de défaut d'aspect de chacun des trois essais. À partir des résultats et de la consigne nominale, choisir l'essai à retenir pour un nouvel essai de confirmation. Justifier le choix, sans conclure à une causalité certaine à partir de ces seuls résultats.

4.2 (1,5 point) À partir des données d'arrêts du DT 2 et des essais du tableau, proposer deux actions d'amélioration hiérarchisées. Pour chacune, préciser la cause visée, l'action, un indicateur de suivi mesurable et une vérification permettant de s'assurer que la qualité du carreau n'est pas dégradée.

4.3 (1,5 point) Un opérateur doit intervenir sur un convoyeur situé à proximité de la zone chaude du four. Décrire trois mesures de prévention à appliquer avant et pendant l'intervention, en distinguant la maîtrise de l'énergie dangereuse, la prévention du risque thermique et la protection des personnes. S'appuyer sur les consignes du DT 3.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCES

Documents ressources nécessaires à la résolution du sujet

DT 1 : PRODUIT, EXIGENCES DE FABRICATION ET SCHÉMA DE LA LIGNE

Produit fabriqué : carreau de sol en grès cérame, format nominal 600 mm × 600 mm, épaisseur 9 mm. Pour le lot étudié, les exigences internes sont : longueur et largeur 600 mm ± 1,0 mm, absorption d'eau au plus égale à 0,50 %, résistance à la flexion au moins égale à 35 MPa. Ces valeurs constituent les critères de libération du lot pour l'étude. Les résultats de contrôle ne permettent de conclure que sur les caractéristiques mesurées.

Le contrôle dimensionnel est réalisé après cuisson. L'absorption d'eau et la résistance à la flexion sont mesurées sur des éprouvettes prélevées selon le plan de contrôle interne. La norme EN 14411 est utilisée par l'entreprise comme référence générale de classement des carreaux céramiques ; les critères chiffrés retenus pour le présent sujet sont ceux du cahier des charges interne ci-dessus.

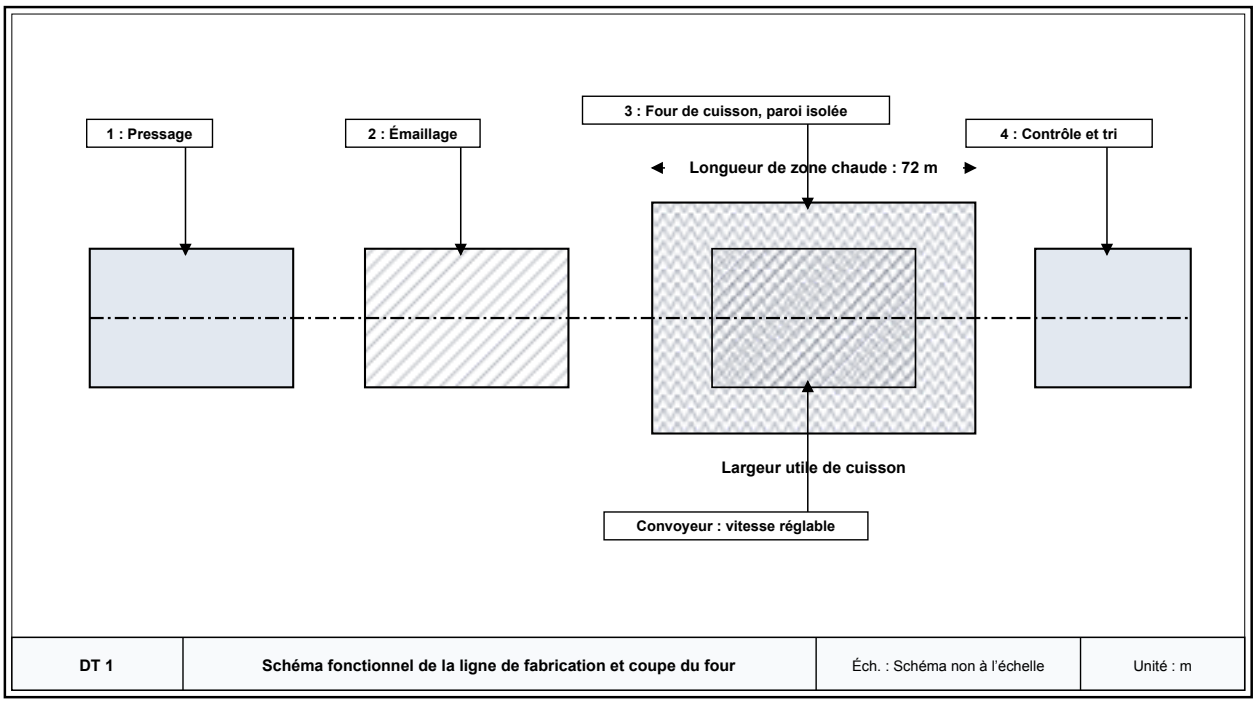


Schéma fonctionnel, non à l'échelle. Les cotes indiquées sont des données de procédé.

Paramètres nominaux de fabrication

Paramètre	Valeur nominale
Format du carreau	600 mm × 600 mm
Épaisseur nominale	9 mm
Température de cuisson nominale	1 200 °C
Longueur de la zone chaude du four	72 m
Temps de séjour nominal dans la zone chaude	48 min

Valeurs de référence de la gamme de fabrication

DT 2 : RELEVÉ DE PRODUCTION, ARRÊTS ET DONNÉES DE COMMANDE

Le relevé de production correspond à une équipe de 480 minutes planifiées. Les arrêts recensés ci-dessous sont non planifiés et leurs durées sont cumulées sur l'équipe. La quantité totale produite comprend les carreaux conformes et non conformes. Le taux de non-conformité se calcule par rapport à la quantité totale produite.

Surface unitaire du carreau : $0{,}600 \times 0{,}600 = 0{,}36\ \mathrm{m}^2$. Pour la commande, la réserve de 4 % représente la proportion de produits non conformes ou endommagés par rapport au nombre total de carreaux lancés. La quantité lancée est déterminée par $N_{\text{à lancer}} = \left\lceil \frac{N_{conformes\ requis}}{1 - taux\ de\ réserve} \right\rceil$.

Durées cumulées des arrêts non planifiés

Cause d'arrêt	Durée
Nettoyage d'une buse d'émaillage	16 min
Réglage et reprise du convoyeur	12 min
Micro-arrêts d'alimentation	8 min
Attente de contrôle qualité	6 min
Total	42 min

Relevé de l'équipe du matin

Définition et repères de calcul des indicateurs

Indicateur	Définition
Temps de fonctionnement	Temps planifié moins arrêts non planifiés
Disponibilité	Temps de fonctionnement / temps planifié
Performance	Temps de cycle théorique × quantité totale / temps de fonctionnement
Qualité	Quantité conforme / quantité totale
TRS	Disponibilité × performance × qualité

Appliquer les définitions indiquées dans l'énoncé de la partie 2

DT 3 : FORMULATION, DONNÉES THERMIQUES ET CONSIGNES DE PRÉVENTION

La préparation de l'émail comprend une masse sèche, constituée de frit, de feldspath et de pigment, puis une addition d'eau calculée en pourcentage de la masse sèche préparée. Les coûts unitaires sont ceux des matières premières livrées à l'atelier. Pour l'étude, le coût de l'eau n'est pas pris en compte.

Pour une paroi plane multicouche, la résistance thermique surfacique d'une couche homogène est calculée par $R = \frac{e}{\lambda}$, avec e en mètres et λ en $\mathrm{W/(m \cdot K)}$. Pour deux couches en série, $R_{total} = R_1 + R_2$.

Prévention : avant toute intervention sur un convoyeur, arrêter l'installation, isoler les sources d'énergie, condamner les organes de coupure et vérifier l'absence d'énergie résiduelle selon la procédure de

consignation de l'entreprise. En zone chaude, attendre le refroidissement ou baliser la zone et utiliser les équipements de protection adaptés au risque thermique. Le port des protections définies par l'évaluation des risques de l'atelier est obligatoire. Toute intervention est réalisée par du personnel autorisé, selon les consignes affichées et le Code du travail relatif aux principes généraux de prévention.

Composition de l'émail sec et coûts des matières

Composant	Proportion massique	Prix unitaire
Frit	60 %	1,80 €/kg
Feldspath	25 %	0,48 €/kg
Pigment	15 %	4,20 €/kg

Prix de matière première, hors coût de l'eau

Données thermiques de la paroi du four

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

Valeurs moyennes des couches de paroi considérées

Consignes de sécurité pour les interventions

Risque	Mesure de prévention attendue
Mise en mouvement du convoyeur	Arrêt, consignation des énergies, condamnation et vérification de l'absence d'énergie
Contact avec une surface chaude	Refroidissement si possible, balisage, contrôle de la température et protection adaptée
Exposition aux risques de l'atelier	Intervention par personnel autorisé, respect de la procédure et port des EPI définis

Extrait des consignes internes applicables à l'atelier

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

DR 1 : Document réponse à rendre avec la copie : Questions 1.2, 2.1 et 2.2 | **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux avec les calculs utiles, les unités et les conclusions demandées. Les cases marquées « ... » sont à remplir par le candidat.

Contrôle de conformité du lot

Caractéristique	Résultat	Exigence	Conforme ?	Écart ou justification
Longueur	600,8 mm	600 mm ± 1,0 mm	.....	.....
Largeur	599,7 mm	600 mm ± 1,0 mm	.....	.....
Absorption d'eau	0,42 %	≤ 0,50 %	.....	.....
Résistance à la flexion	37 MPa	≥ 35 MPa	.....	.....

À compléter pour la question 1.2

Calcul des indicateurs de production

Indicateur	Calcul	Résultat
Temps de fonctionnement	.....	.....
Disponibilité	.....	.....
Performance	.....	.....
Qualité	.....	.....
TRS	.....	.....
Taux de non-conformité	.....	.....
Surface conforme produite	.....	.....

À compléter pour les questions 2.1 et 2.2

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 et 4.1 **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Compléter les tableaux ci-dessous. Indiquer les unités, les calculs et la décision retenue. Les cases marquées « ... » sont à remplir par le candidat.

Préparation de l'essai d'émaillage

Grandeur	Calcul	Résultat
Masse sèche nominale	.....	.....
Masse sèche avec majoration	.....	.....
Masse d'eau à ajouter	.....	.....

À compléter pour la question 3.1

Comparaison des essais de cuisson

Essai	Calcul du taux de défaut	Taux de défaut	Décision ou commentaire
A	.....	.....	.....
B	.....	.....	.....
C	.....	.....	.....

À compléter pour la question 4.1

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.