

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Industries céramiques

ÉPREUVE E5

Réponse à une affaire

Durée : 4 heures – Coefficient : 4

Dossier questionnaire

Ce dossier de questionnaire comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Le dossier des documents réponses DREP comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.

Le dossier technique DTEC comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

La qualité de la rédaction — en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul, la clarté et la précision des raisonnements seront prises en compte dans l'appréciation de la copie. Les traces de recherches, même incomplètes, seront valorisées.

Les notations du sujet seront respectées.

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Documents à rendre :

Documents réponse DREP1	Pages 2/7
Documents réponse DREP2	Pages 3/7
Documents réponse DREP3	Pages 4/7
Documents réponse DREP4	Pages 4/7
Documents réponse DREP5	Pages 5/7
Documents réponse DREP6	Pages 5/7
Documents réponse DREP7	Pages 6/7
Documents réponse DREP8	Pages 7/7

Ces documents sont à remettre obligatoirement en fin d'épreuve.

Aucune indication permettant de vous identifier ne devra être portée sur les documents à remettre.

BTS INDUSTRIES CÉRAMIQUES		Session 2025
U5 – Réponse à une affaire	Code : 25ICRA	Page : 1/9

« ÉCO-SUPPORTS » : SUPPORTS DE CUISSON RÉUTILISABLES POUR SANITAIRES

PRÉSENTATION - QUESTIONNEMENT

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La société « Fourniture » est un fabricant d'accessoires de fours (kiln furnitures). Elle produit des plaques, piliers et autres accessoires par pressage, extrusion et coulage traditionnel.

Pour cette étude, le client est un groupe sanitariste qui fabrique des lavabos en vitreous, cuits à 1270°C. Ce client demande de développer et fabriquer des « Éco-supports » : ce sont des supports réutilisables qui remplaceraient les supports jetables de cuisson pour ses pièces sanitaires.

Quand on pose directement les pièces à cuire sur les plaques de four, les lourdes pièces sanitaires ont un retrait de cuisson important, beaucoup plus élevé que les plaques de four. Un frottement important au niveau de la surface de contact entre pièces sanitaires et plaques de four freine leur retrait, qui n'est plus le même en haut et en bas de la pièce. Cela génère des fissures et des défauts dans l'émail.

On corrige souvent ce problème au moyen de plaques fabriquées à part, posées sèches sous chaque pièce sanitaire. Ces supports secs se cuisent avec la pièce sanitaire sèche placée au-dessus et l'accompagnent dans sa dilatation et dans son retrait en cours de cuisson. On évite ainsi les défauts. Cependant, à la fin du cycle de cuisson, ces supports sacrificiels ne pourront plus jamais subir du retrait pour accompagner d'autres pièces à cuire ; ils doivent être détruits.

Ainsi, on perd un support de 3 kg pour chaque nouvelle pièce sanitaire de 20 kg. Comme l'entreprise produit 1 million de pièces/an, ce sont 3000 tonnes de produit qui sont cuites et détruites chaque année.

En résumé, ces supports sacrificiels augmentent la qualité mais aussi le temps de travail et les coûts de matière et d'énergie, ainsi que l'empreinte carbone de l'entreprise.

Un « Éco-support » est un support réutilisable. Il consiste en quatre plaquettes réfractaires placées sur des billes réfractaires, elles-mêmes placées sur un support inférieur qui laissera ces billes rouler sous l'effet des forces de dilatation et retrait générées par la pièce sanitaire. Les 4 plaquettes supérieures seront calées au départ par une pièce de carton (« cale combustible ») qui se consumera en début de cuisson. On s'assure ainsi que les 4 plaquettes seront en position « éloignée » en début de cuisson pour se placer en position « rapprochée » à la fin de la cuisson.

Les supports, en étant chauffés et refroidis subiront un vieillissement à chaque cycle de cuisson, et seront progressivement endommagés. Le client souhaite que les « Éco-supports » supportent au moins 300 cycles de cuisson et coûtent moins cher que le coût de matière et d'énergie associé au nombre de supports sacrificiels remplacés par ces supports réutilisables. Ce dernier coût est considéré comme le prix maximum acceptable par le client pour qu'il décide de recourir aux « Éco-supports ».

BTS INDUSTRIES CÉRAMIQUES		Session 2025
U5 – Réponse à une affaire	Code : 25ICRA	Page : 2/9

QUESTIONNEMENT

Cette étude s'articule autour de 3 parties :

Partie A : Analyse de la demande du client de son cahier des charges, du dossier de conception préliminaire.

Partie B : Recensement et spécifications des technologies et des moyens de réalisation, définition des processus de réalisation.

Partie C : Validation des produits à réaliser, définition du cahier des charges technique et des éléments susceptibles de contribuer à l'établissement d'un devis.

Les 3 parties sont indépendantes.

Partie A. Analyse de la demande du client de son cahier des charges, du dossier de conception préliminaire.

Documents :

DTEC1 ; DTEC2 ; DTEC3

DREP1 ; DREP2

A.1) En vous référant à la présentation générale et aux diagrammes d'analyse fonctionnelle, compléter le tableau de caractérisation des fonctions de service de l'Éco-support décrites dans le Document Réponse.

Une solution technique pour « l'Éco-support » est proposée dans le Dossier Technique.

A.2) Compléter sa nomenclature en renseignant le Document Réponse.

A.3) Déterminer la pression exercée par chacune des 4 billes qui supporte chacune 4 plaquettes réfractaires.

La surface d'une bille en contact avec une plaquette réfractaire est de $0,1\text{mm}^2$, l'ensemble lavabo + plaquettes supérieures pèse 25 kg et la constante de gravité est $g = 9,81\text{ m.s}^{-2}$.

Note : $1\text{ MPa} = 1\text{ N/mm}^2$.

Réponse attendue sans décimales et en MPa.

A.4) D'après le plan de « l'Éco-support » fourni dans le Dossier Technique, indiquer les cotes dimensionnelles qui représentent une contrainte de réalisation de l'Éco-support de cuisson.

NB : indiquer la valeur des cotes nominales concernées.

Dans la solution technique pour « l'Éco-support » proposée dans le Dossier Technique, les quatre pièces (repère numéro 1) sont en appui sur quatre billes.

A.5) Parmi les 3 propositions suivantes :

- Perpendicularité ;
- Planéité ;
- Parallélisme.

Indiquer la contrainte géométrique qui s'impose aux pièces numéro 1. La réponse sera justifiée.

Partie B. Recensement et spécifications des technologies et des moyens de réalisation, définition des processus de réalisation.

Document :
DTEC4

B.1 Pré-sélection technique des matériaux :

Des matériaux réfractaires sont proposés dans le Dossier Technique. Certains de ces matériaux pourraient être plus ou moins intéressants, ou devraient directement être écartés car ils ne satisfont pas à au moins une des conditions minimales du cahier des charges techniques.

B.1.1) Parmi les caractéristiques des matériaux candidats (voir Dossier Technique), sélectionner les 2 matériaux les plus résistants aux sollicitations mécaniques associées aux chocs thermiques en présence dans les fours notamment en raison des changements de taille au refroidissement.

B.1.2) Parmi les caractéristiques des matériaux candidats (voir Dossier Technique), sélectionner les 2 matériaux les plus résistants aux sollicitations mécaniques liées au fait de supporter le poids des pièces sanitaires posées sur les supports.

B.1.3) Parmi les caractéristiques des matériaux candidats (voir Dossier Technique), écarter le(s) matériau(x) incompatible(s) avec la température de travail.

On revient sur les contraintes de compression auxquelles vont être soumises les plaques supérieures de l'Éco-support.

Durant le cycle de cuisson, on suppose que chaque bille de support applique une contrainte locale de compression de 160 MPa sur le matériau de ces plaquettes. La haute température de travail et le besoin d'une marge de sécurité font qu'on applique un coefficient de sécurité égal à 5 (les plaquettes doivent résister à 5 fois l'effort de compression supposé).

B1.4) Indiquer quels matériaux candidats proposés dans le Dossier Technique seraient acceptables selon ce critère.

Pour décider du choix technique final du matériau à employer, l'ensemble des propriétés étudiées doit être pris en compte en donnant la priorité à la résistance et aux chocs thermiques.

B1.5) Indiquer les 2 matériaux à retenir pour le développement d'Éco-supports.

B.2 Approche des volumes et des coûts :

Documents :
DTEC4 ; DTEC5
DREP3 ; DREP4

Le coût des supports jetables à substituer par un support réutilisable doit être établi, au vu du cahier des charges du client, afin d'avoir un ordre de grandeur du prix de vente acceptable du support à fabriquer.

B.2.1) Au vu de la production annuelle du client, déterminer son besoin potentiel d'Éco-soutports par an.

L'objectif de cette question est d'estimer le coût approximatif de matières premières impliquées dans la fabrication d'une tonne de support jetable. Pour cela, on considère que les supports jetables ont la même composition (vitreous) que la pièce sanitaire et il n'est pas tenu compte de l'effet des pertes au feu dans les calculs.

B2.2) Déterminer le coût en matière première pour produire une tonne de supports jetables. Compléter le Document Réponse.

L'objet de cette question est d'estimer le coût énergétique (kWh) associé à la fabrication d'une tonne de supports jetables. On supposera que le coût du gaz est de 0,1 €/kWh et que le coût de l'électricité est de 0,2 €/kWh.

B2.3) Déterminer le coût en énergie pour produire une tonne de supports jetables. Compléter le Document Réponse.

Il est rappelé que la masse d'un support jetable est de 3 kg et que la durée de vie d'un Éco-support est de 300 cycles.

B.2.4) Calculer le coût du total « matières premières + énergie » associé à 1 tonne de supports jetables. À partir de ce calcul, estimer le montant en euros de 300 supports jetables.

La masse estimée d'un Éco-support réutilisable est de 10 kg. Le bureau d'étude souhaite connaître le coût de matière d'un Éco-support pour chacun des 4 matériaux réfractaires proposés dans le dossier technique.

B.2.5) Calculer le coût matière pour un Éco-support pour chacun des 4 matériaux.

Le directeur commercial de l'entreprise rappelle que le client n'acceptera pas que l'Éco-support coûte plus que les coûts de matière première et d'énergie associés aux supports sacrificiels remplacés par celui-ci.

De manière à décider le client, le directeur commercial impose un prix maximum de 750 € par Éco-support. Par ailleurs, il considère que le coût de matière première de l'Éco-support ne devrait pas dépasser 10% de ce prix maximum.

B2.6) Indiquer quels matériaux satisfont aux choix du directeur commercial (il ne sera pas tenu compte des contraintes techniques).

B.3 Choix technologiques et process :

Documents :
DTEC3 ; DTEC8
DREP5

La stratégie commerciale de l'entreprise vise à livrer 4000 Éco-supports par an, c'est-à-dire qu'il faudra en produire davantage en amont pour prendre en compte les rebuts de production. Cette production devrait être réalisée par une campagne relativement courte (maximum 4 semaines) car votre entreprise doit également répondre à d'autres demandes clients avec son outil de production. L'amplitude de l'activité de l'entreprise est de 7 heures de façonnage/jour, 5 jours/semaine et l'activité de séchage + cuisson + contrôle final prend 5 jours.

B3) Attention pour la partie B3, il s'agit d'étudier uniquement les éléments n°1 et l'élément n°3 de l'Éco-support (voir Dossier Technique), donc 1 Éco-support est constitué de 5 pièces. Les éléments n°2 et n°4 seront ignorés.

B.3.1) Déterminer le nombre de jours de production.

B.3.2) En fonction du résultat B.3.1, choisir le procédé de fabrication le plus adapté en fonction des cadences et géométries de pièces (voir Dossier Technique).

B.3.3) Des rebuts apparaissent en pressage et en cuisson, ce qui oblige à majorer les ordres de fabrication en fonction du résultat des productions antérieures documenté dans le Document Réponse.

B.3.3.1) En vous appuyant sur l'historique de qualité fourni, calculer le taux de rebut moyen dans l'atelier de pressage et dans le poste séchage-cuisson, ainsi que le taux global moyen de rebut entre façonnage et sortie du four de cuisson.

B.3.3.2) Pour vendre 4000 Éco-supports conformes, estimer le nombre d'Éco-supports et le nombre de ses éléments n°1 et n°3 qu'il faudrait façonner.

B3.4) La presse disponible à l'atelier accepte des moules jusqu'à 1170 mm x 500 mm.

B3.4.1) À partir des informations contenues dans le Dossier Technique, indiquer si la presse est en mesure de fabriquer les sous-pièces des Éco-supports. La réponse sera justifiée.

B3.4.2) Argumenter sur la capacité de la presse à produire la quantité de sous-pièces (éléments n°1 et n°3) requise dans le temps imparti. La réponse sera justifiée.

BTS INDUSTRIES CÉRAMIQUES		Session 2025
U5 – Réponse à une affaire	Code : 25ICRA	Page : 7/9

B3.5) Le mélangeur-granulateur a pour rôle de mélanger les poudres avec 6% d'eau par rapport à la masse de poudre sèche. La perte au feu de ce matériau est de 3% par rapport à la masse de poudre.

B3.5.1) Sachant que la masse d'un Éco-support est de 10 kg, calculer la quantité de granule à préparer pour presser la quantité d'Éco-supports prévue sur toute la campagne de production.

B3.5.2) Indiquer si le mélangeur est en capacité d'alimenter la presse au vu de sa cadence de production. La réponse sera justifiée.

Les billes appropriées pour assurer la fonction de support et roulement des plaquettes sont des sphères en zircon dense fritté vers 1650°C. Le four de l'atelier ne peut monter en température au-delà de 1550°C.

B3.6) Proposer une solution pour satisfaire la demande du client sans réaliser d'investissement lourd sur le site.

Partie C. Validation des produits à réaliser, définition du cahier des charges technique et des éléments susceptibles de contribuer à l'établissement d'un devis.

Documents :

DTEC1 ; DTEC2 ; DTEC3

DREP6 ; DREP7 ; DREP8

C.1) Sur le diagramme de flux du process, compléter les étapes principales de fabrication. Préciser les caractéristiques à surveiller lors des contrôles qualités.

C.2) Préciser sur le diagramme des flux de process du Document Réponse les essais à réaliser lors des contrôles qualité.

Tout mélange des matières premières donne lieu à une granulométrie particulière. La caractérisation de cette granulométrie peut être envisagée sur le papier et/ou contrôlée sur une colonne de tamisage.

Le mélange de matières premières prévu pour fabriquer les Éco-suppôts est décrit dans le tableau granulométrique du mélange du Document Réponse. Celui-ci décrit le pourcentage de masse qui serait retenu dans chacun des tamis d'une colonne.

C.3) Établir le pourcentage de passant cumulatif pour chaque tamis en complétant le tableau granulométrique du Document Réponse.

C.4) L'objectif des questions suivantes est d'assurer l'optimisation granulométrique du process.

C.4.1) Sur les courbes de compacité maximale de Fuller et Bolomey du Document Réponse, établir l'histogramme du mélange.

Les courbes de compacité maximale de Fuller et Bolomey du Document Réponse indiquent les courbes qui donneraient lieu aux meilleures compacités de pièce.

C.4.2) Tracer la courbe granulométrique de passant cumulatif du mélange. Comparer le mélange avec les courbes de Fuller et Bolomey et suggérer les effets du choix actuel sur la porosité et la résistance mécanique des Éco-suppôts.

Le mélange est constitué de poudres très fines ($< 75 \mu\text{m}$) ainsi que de 3 chamottes :

- A (75-500 μm),
- B (500-1000 μm),
- C (1000-1500 μm).

C.4.3) Proposer des modifications pour optimiser le mélange du point de vue de sa distribution granulométrique.

BTS INDUSTRIES CÉRAMIQUES		Session 2025
U5 – Réponse à une affaire	Code : 25ICRA	Page : 9/9