

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR INDUSTRIES CÉRAMIQUES

Session 2006

## E4 – PHYSIQUE, CHIMIE, CÉRAMURGIE U41 – ÉTUDE DE CAS

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

La clarté du raisonnement et la qualité de la rédaction interviennent pour une part importante dans l'appréciation des copies

### Matériel autorisé :

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

### Composition du sujet : ce sujet comporte deux parties

**Partie A** : pages 1/7 à 3/7

**Partie B** : pages 4/7 à 7/7

### Documents à rendre avec la copie :

**Document réponse n° 1** : page 6/7

**Document réponse n° 2** : page 7/7

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

## PARTIE A :

### I – PRÉPARATION D'UNE GLAÇURE : 3,5 pts

La glaçure de décoration d'un pot a la composition suivante en moles :

- 1,00 mol de CaO
- 0,48 mol de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 2,00 mol de SiO<sub>2</sub>

I-1. a) Calculer la masse molaire de chaque oxyde.

I-1. b) Calculer la masse de chaque oxyde correspondant à cette recette.

I- 2. On souhaite en préparer 1 kg.

Quelle masse de chaque oxyde doit-on utiliser ?

DONNÉES : masses molaires en g.mol<sup>-1</sup> :

M(Ca) = 40 ; M(O) = 16 ; M(Al) = 27 ; M(Si) = 28

### II- SÉCHAGE AVANT CUISSON : 7 pts

La masse volumique d'un bac à fleurs avant séchage est de 2100 kg.m<sup>-3</sup>. Le volume apparent de matière est de 3520 cm<sup>3</sup>.

II-1.a) Quelle est la masse du bac à cette étape de la fabrication ?

II-1.b) Le pot entre dans le séchoir avec une humidité de 20% sur produit sec. On supposera qu'à l'issue du séchage il ne reste plus d'humidité.

Quelle est la masse d'eau à évacuer au cours du séchage ?

II-2) Des capteurs relèvent les valeurs des caractéristiques de l'air entrant et sortant dans le séchoir utilisé :

Pour l'air entrant dans le séchoir :

- hygrométrie  $e_1 = 0,0$

Pour l'air sortant du séchoir :

- température  $\theta_2 = 45^\circ\text{C}$ , ce qui correspond à une pression de vapeur saturante  $p_{\text{sat}2} = 5636 \text{ Pa}$
- hygrométrie  $e_2 = 0,6$
- débit de sortie 100 m<sup>3</sup>/h

L'air humide sera considéré comme un mélange de deux gaz parfaits : l'air sec et la vapeur d'eau.

II-2.a) Qu'est-ce que la vapeur d'eau ?

II-2.b) Quelle est la pression de vapeur d'eau à la sortie du séchoir ?

II-2.c) Rappeler l'équation des gaz parfaits, ainsi que les unités de chaque paramètre.

II-2.d) En déduire combien de moles de vapeur d'eau ressortent de l'enceinte en une heure.

II-2.e) Montrer qu'en une heure la masse d'eau extraite est 2,30 kg.

II-2.f) On place dans le séchoir un lot de 20 bacs identiques à celui décrit en début d'exercice : quel est le temps minimum de séchage.?

DONNÉES :

$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ; masses molaires en g.mol<sup>-1</sup> : M(H) = 1 ; M(O) = 16.

### III- AJUSTEMENT DU pH D'UNE EAU DE DÉLAYAGE : 9,5 pts

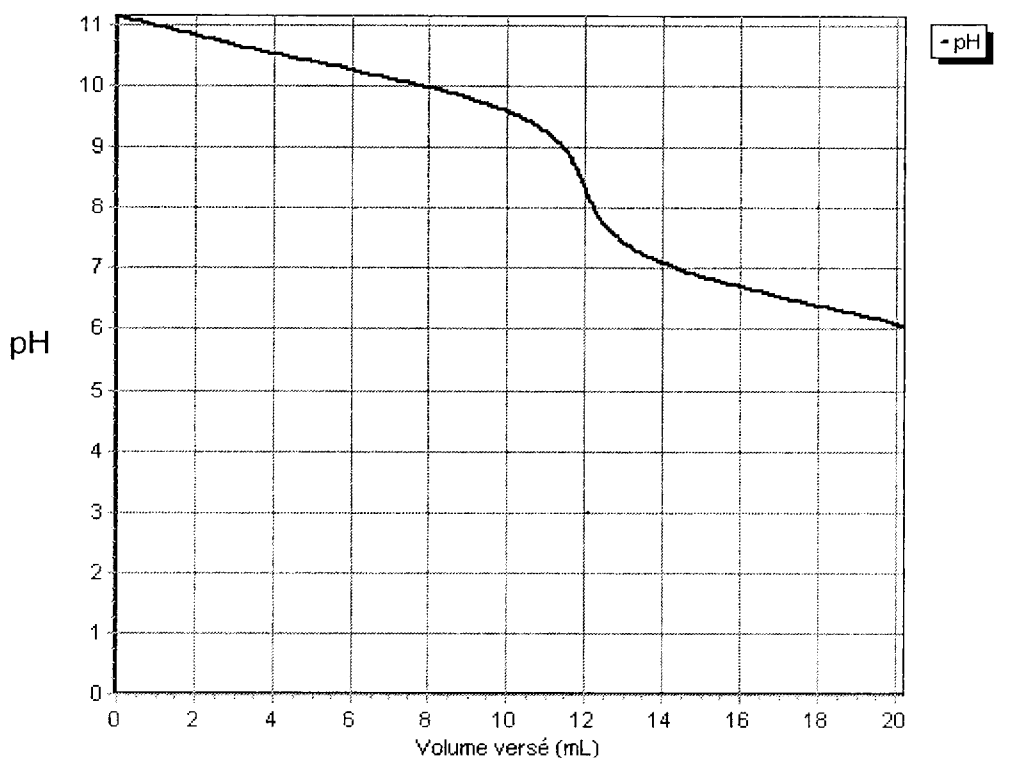
On veut utiliser comme défloculant une solution de carbonate de sodium, de formule  $(2 \text{Na}_{(aq)}^+ + \text{CO}_{3(aq)}^{2-})$ . Sa concentration molaire est  $C_B = 0,012 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Grâce à l'addition d'un acide fort, on souhaite ajuster le pH de cette solution de défloculant à une valeur comprise entre 9 et 10.

On réalise pour cela l'essai suivant :

À un échantillon de volume  $V_B = 100,0 \text{ mL}$  de la solution de carbonate de sodium, on a ajouté progressivement une solution d'acide chlorhydrique  $(\text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+ + \text{Cl}_{(aq)}^-)$  de concentration  $C_A = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$  et enregistré le pH correspondant.

On a obtenu la courbe  $\text{pH} = f(V)$  ci-dessous.



*Questions page suivante*

**III-1. Généralités :** (4,5 pts)

**III-1. a)** Donner le schéma de Lewis de l'ion carbonate.

**III-1. b)** Donner la définition d'une base selon Brønsted.

**III-1. c)** Écrire l'équation du couple acide-base faisant intervenir l'ion  $\text{CO}_3^{2-}$ . Pourquoi dit-on que l'acide conjugué de  $\text{CO}_3^{2-}$  est un corps amphotère ? Montrer que  $\text{CO}_3^{2-}$  est une dibase.

**III-2. Exploitation de la courbe :** (5 pts)

**III-2.a)** Donner un volume d'acide convenable, à verser dans l'échantillon étudié, pour obtenir une solution ayant un pH compris dans la fourchette définie par l'énoncé.

La suite des calculs sera menée à partir du volume d'acide ainsi choisi. On considérera que dans le domaine de pH concerné, seul le couple

$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$  intervient.

**III-2.b)** Écrire l'équation de la réaction de l'ion carbonate avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique. On admettra dans la suite qu'elle est totale.

**III-2.c)** Lorsque le pH a été ajusté à la valeur choisie, combien de moles d'acide a-t-on versé dans la prise d'essai ?

**III-2.d)** D'après l'équation de la réaction, combien de moles d'ion carbonate ont ainsi été consommées ?

**III-2.e)** Quelle est alors la quantité d'ion carbonate restante ?

**III-2.f)** Quel volume de la solution d'acide chlorhydrique faut-il ajouter par litre de solution de défloculant pour ajuster le pH à la valeur souhaitée ?

**DONNÉES :**

numéros atomiques : C : Z = 6 ; O : Z = 8

## PARTIE B

### I - CONTRÔLE D'ENTRÉE MATIÈRE PREMIÈRE (12 points)

On vous demande de contrôler les valeurs des caractéristiques de granulés de pressage d'alumine lors de la réception d'un nouveau lot.

On se limite dans l'exercice aux contrôles sur des pastilles pressées.

#### Caractéristiques de la presse et de ses accessoires :

- Force appliquée : variable de 20 kN à 200 kN.
- Diamètre intérieur du moule :  $4 \cdot 10^{-2}$  m.

#### Caractéristiques des granulés :

- Nature : Alumine 9218.
- Masse volumique absolue de l'alumine :  $\rho = 3680 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .
- Humidité : 0,52 % de la masse sèche.
- Masse volumique apparente (matière non tassée) :  $\alpha = 1230 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

**DONNÉES** : **D** : diamètre de la pastille    **R** : rayon de la pastille    **e** : épaisseur de la pastille  
**m** : masse de la pastille     $\alpha$  : masse volumique apparente     $\theta$  : température de cuisson.

Surface d'un disque :  $S = \pi \cdot R^2$       Volume d'un disque :  $V = \pi \cdot R^2 \cdot e$

L'indice 1 indique la matière crue ; l'indice 2, la matière cuite.

**I-1** Quelle est la valeur de la force à régler sur la presse pour réaliser sur la pastille une pression de 50 MPa ?

**I-2** Quelle masse de granulés devez-vous introduire dans le moule pour obtenir, après pressage, une pastille de hauteur  $5,95 \cdot 10^{-3}$  m et de masse volumique apparente en cru  $2300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ?

**I-3** Donner l'expression littérale, pour les pastilles :

- De la masse volumique apparente en cru,  $\alpha_1$ , en fonction de  $D_1$ ,  $e_1$ ,  $m_1$ .
- De la masse volumique apparente en cuit,  $\alpha_2$ , en fonction de  $D_2$ ,  $e_2$ ,  $m_2$ .
- Du retrait de cuisson sur le diamètre, noté  $\Delta D$ , en % sur cuit, en fonction de  $D_1$  et  $D_2$ .
- Du retrait de cuisson sur l'épaisseur, noté  $\Delta e$ , en % sur cuit, en fonction de  $e_1$  et  $e_2$ .
- De la perte de masse à la cuisson, notée  $\Delta m$ , en % sur cuit, en fonction de  $m_1$  et  $m_2$ .
- De la porosité totale, notée  $\Pi$ , des pastilles cuites, en fonction de  $\alpha$  et  $\rho$ .

**I-4** Compléter le **document réponse n° 1 page 6/7**. Il sera rendu avec la copie.

**I-5** Justifier la perte de masse à la cuisson.

**I-6** Conclure quant à l'influence de la pression sur :

- les retraits ;
- le frittage.

## II - COMPOSITION CÉRAMIQUE (8 points)

II - 1 Définir l'expression « analyse thermogravimétrique ».

II - 2 Une matière d'œuvre céramique composée de kaolinite, calcite, magnésite et quartz a pour analyse chimique en pourcentage massique :

- $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 15,80
- $\text{SiO}_2$  : 50,43
- $\text{CaO}$  : 10,40
- $\text{MgO}$  : 4,58
- PF : 18,79

Masses molaires en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 102     $\text{CaO}$  : 56     $\text{MgO}$  : 40     $\text{CO}_2$  : 44     $\text{H}_2\text{O}$  : 18  
Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) : 60    Kaolinite ( $2 \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2 \text{H}_2\text{O}$ ) : 258    Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) : 100  
Magnésite ( $\text{MgCO}_3$ ) : 84

II -2-a Expliquer les phénomènes physico-chimiques qui se produisent :

- dans la kaolinite
- dans la calcite
- dans la magnésite
- dans le quartz

lors d'une cuisson à  $1000^\circ\text{C}$ , en **atmosphère neutre**.

II- 2-b Écrire les équations des réactions chimiques qui s'accompagnent d'une perte de masse pour la matière.

II-2-c Déduire, de l'analyse chimique, la courbe d'analyse thermogravimétrique de  $20^\circ\text{C}$  à  $1000^\circ\text{C}$ .

Vous explicitez les calculs qui conduisent à cette courbe.

La courbe sera tracée sur le **document réponse n° 2 page 7/7**.

II-2-d Calculer les masses de kaolinite, calcite, magnésite et quartz présentes dans 100 kg de matière d'œuvre.

II-2-e À quelle famille de matériau correspond cette composition de matière d'œuvre ?

DOCUMENT RÉPONSE n° 1

Remarque : les valeurs des différentes grandeurs sont données dans les unités habituellement utilisées en entreprise.

Pression en MPa	$\theta$ °C.	CRU				CUIT				Retrait % sur cuit		Perte de masse % sur cuit	Porosité Totale
		D <sub>1</sub> mm.	e <sub>1</sub> mm.	m <sub>1</sub> g.	$\alpha_1$ g.cm <sup>-3</sup> .	D <sub>2</sub> mm.	e <sub>2</sub> mm.	m <sub>2</sub> g.	$\alpha_2$ g.cm <sup>-3</sup> .	$\Delta D$	$\Delta e$	$\Delta m$	$\Pi$
50	1600	25,12	5,95	6,78		21,38	5,06	6,44		17,49			
50	1600	25,12	5,88	6,72		21,36	5,01	6,37	3,55				
70	1600	25,12	5,88	6,85	2,35	21,46	5,03	6,50			16,89		
70	1600	25,12	5,79	6,75		21,48	4,95	6,40				5,47	
90	1600	25,12	5,67	6,72	2,39	21,66	4,88	6,46	3,59	15,97	16,19	4,02	2,45
90	1600	25,12	5,65	6,68		21,66	4,85	6,41					2,45

Note :  
20

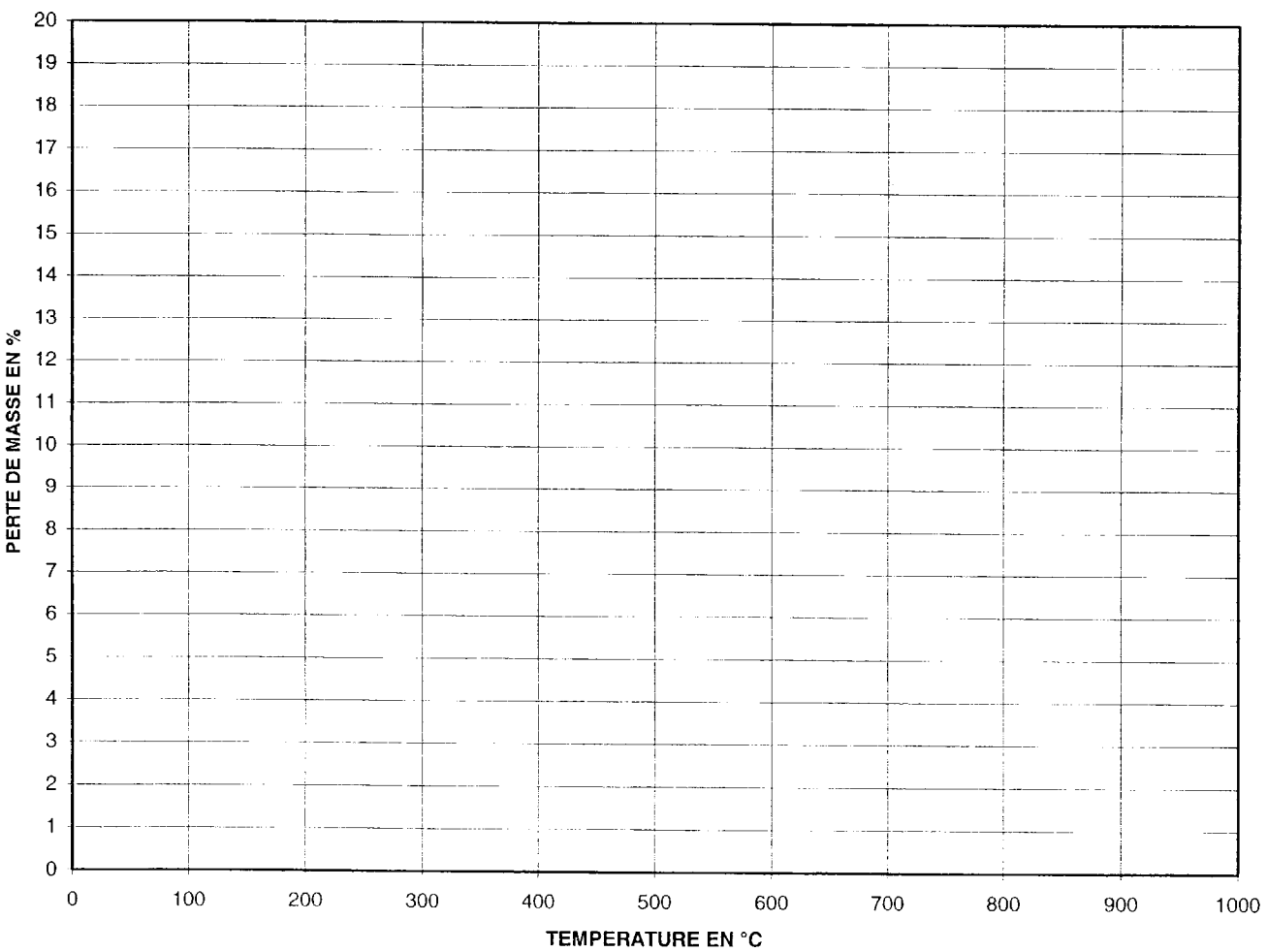
Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

Épreuve/sous-épreuve :  
 Spécialité/option :  
 Repère de l'épreuve :  
 (Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

DOCUMENT RÉPONSE n°2

COURBE D'ANALYSE THERMOGRAVIMETRIQUE



Note : 20

Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

Spécialité/option : \_\_\_\_\_  
Repère de l'épreuve : \_\_\_\_\_  
Épreuve/sous-épreuve : \_\_\_\_\_  
(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.