



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 :

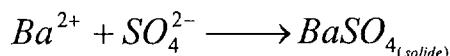
[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

## ÉTUDE DE CAS – PARTIE A

### Exercice 1 : (Toutes les parties peuvent être traitées indépendamment les unes des autres) (9 points)

Une fiche technique d'une porcelaine de coulage indique que l'eau utilisée pour le délayage de la poudre doit être peu chargée en ions sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$ . Afin de déterminer la concentration en ions sulfate de notre eau, on réalise un dosage des ions sulfate par du chlorure de baryum ( $\text{Ba}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ ).

L'équation bilan du dosage est :



#### Partie 1 : Dosage conductimétrique (4,5 points)

On prélève un volume d'eau  $V_1$  égal à 100 mL. La solution titrante de chlorure de baryum a une concentration  $C_2 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est repérée pour un volume versé  $V_e = 5,6 \text{ mL}$ .

1.1 - La solution titrante de chlorure de baryum a été préparée à partir d'une solution mère de concentration molaire égale à  $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Afin d'obtenir un volume de 100 mL de solution titrante, calculer le volume de solution mère à prélever.

1.2 - Quel est le matériel nécessaire à cette dilution ?

1.3 - Établir un tableau d'avancement en fonction de la concentration en ions sulfates  $C_1$ , le volume d'eau prélevé  $V_1$ , la concentration en ions baryum  $C_2$  et le volume équivalent  $V_2$ .

1.4 - Déterminer la relation existant à l'équivalence entre les différents paramètres cités dans la précédente question.

1.5- En déduire la concentration en ions sulfates de cette eau.

#### Partie 2 : Dosage gravimétrique (2 points)

Au lieu d'utiliser un dosage conductimétrique, on aurait pu effectuer un dosage gravimétrique. Ce dosage consiste à verser en excès une solution de chlorure de baryum, à filtrer cette solution et à recueillir le précipité de sulfate de baryum formé. Après passage dans une étuve, on pèse le solide. Le dosage est effectué en prélevant un volume d'eau  $V_3 = 1 \text{ L}$ . La masse de sulfate de baryum obtenue est de 131 mg.

2.1- Calculer la masse molaire de sulfate de baryum.

2.2- Déterminer le nombre de moles de sulfate de baryum formé.

2.3- En déduire la concentration molaire des ions sulfates de cette eau.

Données : Masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  :

S : 32 ; O : 16 ; Ba : 137,3

### **Partie 3 : Solubilité du sulfate de baryum (2,5 points)**

Le produit de solubilité du sulfate de baryum est caractérisé par :  $pK_s=10$ .

3.1 - Écrire la réaction de dissolution du sulfate de baryum dans l'eau et en déduire l'expression de son produit de solubilité  $K_s$ .

3.2 - En déduire la solubilité dans l'eau du sulfate de baryum en négligeant la basicité de l'ion  $SO_4^{2-}$ .

3.3 - Quelle erreur commet-on sur la concentration molaire lorsque l'on effectue un dosage des ions sulfate par du chlorure de baryum ?

### **Exercice 2 : Étude d'un radiateur électrique à inertie thermique (7,5 points)**

Le radiateur à inertie thermique est un radiateur constitué d'un noyau en réfractaire entouré de laine de roche, le tout étant inséré dans une enveloppe en aluminium. Le noyau en réfractaire contient une résistance électrique qui apporte l'énergie nécessaire à son échauffement.

Les dimensions extérieures du radiateur sont indiquées sur le schéma ci-contre.

#### **Partie 1 : Électricité : (1,5 points)**

Le radiateur a une puissance de 2 kW. Il est alimenté sous une tension de 230 V.

1.1 - Quel est le facteur de puissance d'une résistance électrique ?

1.2 - Calculer l'intensité du courant circulant dans la résistance.

1.3 - En déduire la valeur de la résistance électrique.

#### **Partie 2 : Thermodynamique (3 points)**

Les caractéristiques du noyau en réfractaire sont :

Dimensions du noyau en réfractaire en m (Lxlxe) :  $0,81 \times 0,544 \times 0,064$

Capacité thermique massique du réfractaire  $C_{réfractaire}=820 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Masse volumique du réfractaire  $\rho=3,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

2.1 - Calculer le volume et la masse du noyau en réfractaire.

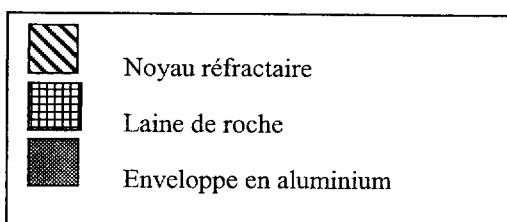
2.2 - Calculer l'énergie nécessaire pour échauffer le noyau d'une température de  $15^\circ\text{C}$  à  $150^\circ\text{C}$

2.3 - Sachant que la puissance du radiateur est de 2 kW, en déduire la durée de chauffage pour atteindre la température précédente.

### **Partie 3 : Thermique (3 points)**

Le radiateur est installé dans une pièce qui est à une température initiale de 15°C. La surface d'échange du radiateur avec l'air est  $S=1,42 \text{ m}^2$ .

Les éléments constitutifs du radiateur sont représentés ci-dessous :



Épaisseur de la laine de roche

30 mm

Conductivité thermique de la laine de roche

$$\lambda_{\text{laine de roche}} = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Épaisseur de l'enveloppe en aluminium : 2 mm

$$\lambda_{\text{aluminium}} = 237 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Le coefficient de transmission de chaleur sera pris égal à  $\alpha=15 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .

$T_1$  représente la température de surface du réfractaire.

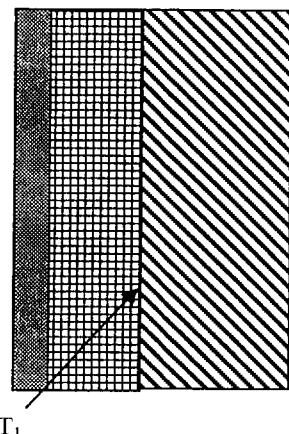
On rappelle que  $\Delta\theta=R.\phi$  où  $\Delta\theta$  représente la différence de température et  $\phi$  le courant thermique.

3.1- Citer les 3 modes de transmission de la chaleur

3.2- Calculer la résistance thermique de la laine de roche, de l'enveloppe en aluminium pour une surface de  $1,42 \text{ m}^2$

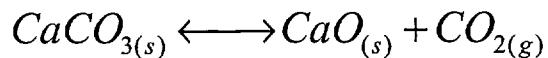
3.3- Calculer la résistance thermique de l'association (laine de roche+enveloppe en aluminium) en tenant compte de la transmission de chaleur.

3.4- Calculer le courant thermique sachant que la température extérieure est de 15 °C et que la température de surface du noyau  $T_1=150^\circ\text{C}$



**Exercice 3 : Décomposition thermique du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$  (3,5 points)**

Sous l'action de la température, le carbonate de calcium se décompose suivant la réaction suivante :



L'oxyde de calcium CaO intervient dans le rôle de fondant dans la composition des céramiques.

- 1.1 - Calculer l'enthalpie  $\Delta_{\text{R}}\text{H}^0$  de cette réaction. Est-elle exothermique ou endothermique ?
- 1.2 - Dans quel sens évolue cet équilibre si l'on augmente la température ? (Justifier)
- 1.3 - Dans quel sens évolue l'équilibre si l'on augmente la pression ? (Justifier)
- 1.4 - Pour rendre la décomposition du carbonate de calcium la plus totale possible, quelle doivent être les conditions sur la température et la pression ?
- 1.5 - À la température de 1100 K, la constante de cet équilibre vaut  $K_1 = 1,15 \cdot 10^4$ . Que peut-on dire de la décomposition du carbonate de calcium ?

Données :

Enthalpie standard de formation :

$$\text{H}_f^0(\text{CaCO}_3) = -1206,9 \text{ kJ.mol}^{-1}; \text{H}_f^0(\text{CaO}) = -603,3 \text{ kJ.mol}^{-1}; \text{H}_f^0(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}.$$

$$\text{Constante des gaz parfaits } R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

## PARTIE B

### I – RÉGLAGE DES BRÛLEURS ET ATMOSPHÈRE DES FOURS

Le combustible utilisé est du méthane, de formule  $\text{CH}_4$ , considéré comme pur.

La composition de l'air en volume : 79% de diazote et 21% de dioxygène.

Une mole de gaz occupe, dans les conditions normales de température et pression, un volume de :  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

**I - 1** Un brûleur réalise un mélange en volume de :  $\text{CH}_4 : 2 \text{ m}^3$   
Air :  $25 \text{ m}^3$

- I-1 - a Écrire et équilibrer l'équation de réaction de combustion du méthane.
- I-1 - b Donner, en pourcentage volumique, la composition du mélange gazeux à la sortie du brûleur, après combustion..
- I-1 - c En déduire la nature de l'atmosphère du four.

**I - 2** Un brûleur réalise un mélange en volume de :  $\text{CH}_4 : 2 \text{ m}^3$   
Air :  $17 \text{ m}^3$

Dans cette combustion, le méthane brûle complètement. Le carbone se retrouve sous forme de monoxyde de carbone  $\text{CO}$  et sous forme de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ , l'hydrogène sous forme de vapeur d'eau  $\text{H}_2\text{O}$ . Tout le dioxygène disponible est utilisé.

- I-2 - a Écrire les trois équations traduisant la conservation du nombre de moles d'atomes
  - une pour le carbone
  - une pour l'hydrogène
  - une pour l'oxygène
- I-2 - b Résoudre le système des trois équations.
- I-2 - c Donner, en pourcentage volumique, la composition du mélange gazeux à la sortie du brûleur.
- I-2 - d En déduire la nature de l'atmosphère du four.

### II – LES ÉMAUX

Un émail type pour céladon cuisant à  $1260^\circ\text{C}$  a pour formule moléculaire :

$\text{Na}_2\text{O} :$	0,25					
$\text{CaO} :$	0,45	$\text{Al}_2\text{O}_3 :$	0,30	$\text{SiO}_2 :$	3,50	L'ensemble des données
$\text{BaO} :$	0,20				se trouve en annexe.	
$\text{ZnO} :$	0,10					

A 100 g de ce mélange est ajouté 1 gramme d'oxyde fer. Le nombre de moles d'oxyde de fer est négligeable devant le nombre de moles des autres constituants.

- II - 1 Quel est le rôle des différents constituants de l'émail ?
- II - 2 Calculer le pourcentage molaire de chaque oxyde.
- II - 3 Calculer la valeur du coefficient de dilatation thermique de cet émail. Comparer cette valeur aux valeurs de coefficient de dilatation thermique des émaux utilisés usuellement en céramique ? Conclure.
- II - 4 Prévoir, par le calcul, l'aspect de cet émail.
- II - 5 La nature de l'atmosphère de cuisson, oxydante ou réductrice, a-t-elle une influence sur l'aspect de l'émail (couleur, terne, brillant, ...) ? Justifier votre réponse à partir d'éléments scientifiques.

### III – SÉCHAGE DES PRODUITS CÉRAMIQUES

On se propose d'étudier le comportement au séchage d'une composition céramique. La température et l'humidité de l'air de séchage sont fixées.

On étudie, en fonction du temps, l'évolution de la masse du produit au cours du séchage. L'étude a porté sur 10 échantillons. Les valeurs données dans le tableau sont des valeurs moyennes.

Les échantillons, en forme de parallélépipède, ont les dimensions suivantes :

- longueur :  $5 \cdot 10^{-2}$ m. - largeur :  $1,5 \cdot 10^{-2}$ m. - hauteur :  $0,5 \cdot 10^{-2}$ m.

Ils sont séchés sur toutes leurs faces.

On appelle masse sèche, notée  $m_s$ , la masse des échantillons, placés en étuve à  $105^\circ\text{C}$  -  $106^\circ\text{C}$ , jusqu'à masse constante. L'air de séchage utilisé est alors à 0% d'humidité.

La masse sèche est de :  $m_s = 6,30 \cdot 10^{-3}$  kg.

On appelle vitesse de séchage, la masse d'eau évaporée par unité de temps et de surface. La vitesse de séchage s'exprime, en pratique, en  $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Temps en heures	0	0,5	1	1,5	2	2,5
Masse en kilogrammes	$7,76 \cdot 10^{-3}$	$7,36 \cdot 10^{-3}$	$6,96 \cdot 10^{-3}$	$6,66 \cdot 10^{-3}$	$6,46 \cdot 10^{-3}$	$6,36 \cdot 10^{-3}$

III – 1 Calculer, en pourcentage de la masse sèche, la valeur de la teneur en eau du produit au début du séchage.

III – 2 Calculer la valeur de la surface de séchage.

III – 3 Calculer la valeur de la vitesse de séchage dans les intervalles de temps suivants :

\* 0h - 0,5h \* 0,5h - 1h \* 1h - 1,5h \* 1,5h - 2h \* 2h - 2,5 h

III – 4 On explique généralement les phénomènes de migration de l'eau dans la pâte en cours de séchage à l'aide du modèle suivant : la pâte humide est constituée de capillaires, parallèles entre eux, de dimensions différentes et remplis d'eau.

III-4-a Justifier, à l'aide de ce modèle, l'évolution de la vitesse de séchage en fonction du temps.

III-4-b Justifier, à l'aide de ce modèle, pourquoi le séchage des pâtes céramiques s'accompagne de déformations et parfois même, de fentes.

## PARTIE B ANNEXE

### I - Calcul du coefficient de dilatation thermique d'un émail : $\alpha$

$$\alpha = \alpha_1 \cdot p_1 + \alpha_2 \cdot p_2 + \dots + \alpha_n \cdot p_n = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i \cdot p_i$$

avec  $p_i$  qui est le pourcentage molaire des différents oxydes et  $\alpha_i$  qui représente un facteur propre à chaque oxyde.

Oxyde	Na <sub>2</sub> O	CaO	BaO	ZnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Coefficient $\alpha \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	+ 3,95	+ 1,30	+ 2,00	+ 0,50	- 0,30	+ 0,32

Valeurs usuelles des coefficients de dilatation des émaux céramiques : de  $40 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  à  $70 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

### II – Évaluation de l'aspect d'un émail par le calcul

L'aspect de la glaçure nous est donné par son « acidité »

Acidité	0,7 à 0,8	0,8 à 1,45	1,45 à 1,9	1,9 à 2	2 à 2,3	2,3 à 2,5	2,5 à 2,9
Aspect de la glaçure	Farineux	Mat	Brillant possible	Brillant	Brillant sûr	Brillant	Brillant possible

Au-delà de 2,9, il y a dévitrification.

L'acidité se calcule à partir de la formule moléculaire.

$$\text{L'acidité : } A = \frac{\text{Valences acides}}{\text{Valences basiques}}$$

$$\text{Valences acides} = (\% \text{ mol SiO}_2 + \% \text{ mol TiO}_2 + \% \text{ mol ZrO}_2) + 3 \times (\% \text{ mol B}_2\text{O}_3 + \% \text{ mol P}_2\text{O}_5)$$

$$\text{Valences basiques} = (\text{Somme : \%mole RO} + \% \text{mole R}_2\text{O}) + 3 \times (\% \text{ mol Al}_2\text{O}_3 + \% \text{ mol Fe}_2\text{O}_3)$$

Avec RO : CaO, ZnO, MgO, BaO, PbO, SrO

R<sub>2</sub>O : Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.