

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

**PLASTURGIE**

**SCIENCES DES MATERIAUX**

**Durée 3 heures**

**coefficient 3,5**

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.*

*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.*

**Il est conseillé, pour chaque exercice, de lire attentivement l'ensemble du sujet avant de commencer sa résolution.**

**CALCULATRICE AUTORISÉE**

*Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.*

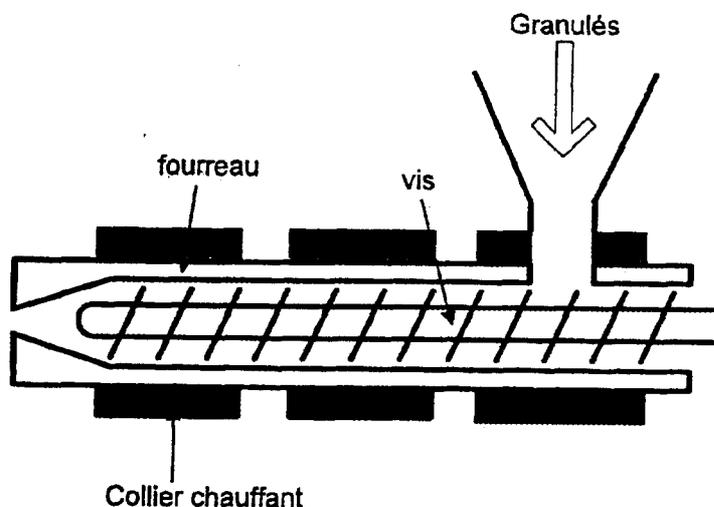
*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*

*Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

# PHYSIQUE

## I. Injection d'un polymère (14 points sur 60)

On réalise l'injection d'un polyéthylène (PE). On se propose de déterminer l'énergie nécessaire à la transformation, au niveau de la vis, de granulés pris à  $18^\circ\text{C}$  en polymère fondu à  $200^\circ\text{C}$ .



### Données relatives au polymère utilisé

Température initiale des granulés  $\theta_1 = 18^\circ\text{C}$

Température d'injection  $\theta_2 = 200^\circ\text{C}$

Densité :  $d = 0,92$

Température de fusion  $\theta_f = 110^\circ\text{C}$

Capacité thermique massique du polymère solide :  $c_s = 3,2 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (ou  $\text{J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ )

Capacité thermique massique du polymère fondu :  $c_L = 3,1 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (ou  $\text{J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ )

Variation d'enthalpie massique de fusion :  $\Delta H_f = 1,6 \times 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$

1.
  - 1.1. L'énergie nécessaire pour élever la température de 12 kg de polymère pris à  $18^\circ\text{C}$  jusqu'à la température de fusion a pour valeur  $Q_1 = 5,5 \times 10^6 \text{ J}$ . Retrouver ce résultat.
  - 1.2. Calculer la valeur  $Q_2$  de l'énergie nécessaire pour élever la température de 12 kg de polymère fondu de la température de fusion ( $110^\circ\text{C}$ ) à la température d'injection ( $200^\circ\text{C}$ ).
  - 1.3. Dédire des résultats des questions précédentes la valeur  $Q$  de l'énergie nécessaire pour obtenir, à partir de granulés pris à  $18^\circ\text{C}$ , 12 kg de polymère à la température de  $200^\circ\text{C}$  nécessaire à l'injection.

2. Le chauffage est assuré par trois colliers chauffants assimilés à trois conducteurs ohmiques ayant chacun une résistance  $R = 100 \Omega$ . Ils sont alimentés en triphasé 220V/380V–50Hz. Ces conducteurs ohmiques sont montés en étoile (sans neutre).  
Faire un schéma du montage mettant en évidence les trois fils de phase ( $P_1, P_2, P_3$ ), les trois conducteurs ohmiques, un tension simple  $v$  et une tension composée  $u$ .  
Calculer la valeur efficace du courant dans chaque conducteur ohmique et la valeur de la puissance totale dissipée par effet Joule.
3. On a mesuré, sur un échantillon de masse  $m = 21,2 \text{ mg}$ , une variation d'enthalpie de 3,4 J lors de la fusion.  
Calculer la variation d'enthalpie massique correspondant à la fusion de ce polyéthylène. En déduire son taux de cristallinité  $X_c$ .  
La valeur de la variation d'enthalpie massique obtenue est-elle en cohérence avec les données de l'énoncé ?

Données : Variation d'enthalpie massique de fusion pour un polyéthylène 100% cristallin :

$$\Delta H_{f0} = 2,8 \times 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$$

## II. Transferts d'énergie thermique (7 points sur 60)

1. Définir succinctement, par une simple phrase, les expressions suivantes relatives aux transferts d'énergie thermique :
- conduction thermique,
  - convection thermique,
  - rayonnement.
- Pour chaque mode de transfert, donner un exemple lié à la transformation ou à l'utilisation des matières plastiques.
2. Pour déterminer la conductivité thermique  $\lambda$  d'un polyéthylène basse pression, on maintient une face d'un disque de ce matériau d'épaisseur  $e = 0,8 \text{ cm}$  et de surface  $s = 100 \text{ cm}^2$ , à une température de  $\theta_1 = 21,8 \text{ }^\circ\text{C}$ , et l'autre face du disque à une température de  $\theta_2 = 24,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . La puissance thermique transférée par conduction a pour valeur  $P = 0,97 \text{ W}$ .
- 2.1. Quelle relation relie les grandeurs  $P, \lambda, e, S$  et  $(\theta_2 - \theta_1)$ . On précisera pour chaque grandeur l'unité du système international à utiliser.
- 2.2. En déduire la valeur de la conductivité thermique de ce polyéthylène.

# CHIMIE

## I. les polyesters (23 points sur 60)

Les polyesters sont des polymères de condensation résultant de l'action de diacides carboxyliques sur des diols. Ils sont classés en "insaturés" ou "saturés" selon la présence ou l'absence de doubles liaisons carbone-carbone.

### 1. Questions générales et définitions

1.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide éthanóique (acétique) et le propan-1-ol

1.2. Quel nom porte cette réaction ?

Cette réaction conduit à un équilibre. Comment le déplacer ?

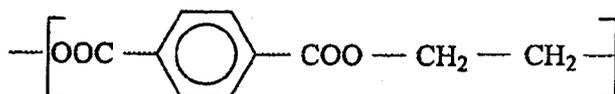
Cette réaction est lente. Comment la rendre plus rapide ?

1.3. Qu'est-ce qu'un thermoplastique (polyplaste) ? Donner un exemple choisi parmi les polyesters.

Qu'est-ce qu'un thermodurcissable (monoplaste) ? Donner un exemple choisi parmi les polyesters.

### 2. Etude d'un polyester saturé

Le polytéréphtalate d'éthylène (P.E.T.) est obtenu par polycondensation de l'acide téréphtalique (acide benzène-1,4-dioïque) sur l'éthylène-glycol (éthane-1,2-diol). Son motif est :



2.1. Définir brièvement le terme « polycondensation ».

2.2. Donner les formules semi-développées des monomères du polytéréphtalate d'éthylène (P.E.T.).

2.3. Le polytéréphtalate d'éthylène (P.E.T.) réagit avec l'eau dans le domaine de température correspondant à sa transformation par injection.

2.3.a. Ecrire le bilan de la réaction avec l'eau d'un motif de polytéréphtalate d'éthylène. Dans quel sens varie la masse molaire moyenne en nombre du PET pendant la transformation.

2.3.b. On transforme par injection un PET, de masse molaire moyenne en nombre  $26000 \text{ g.mol}^{-1}$ , contenant 0,07% d'eau (0,07 g d'eau pour 100 g de PET). Calculer la quantité de matière (nombre de mole) d'eau correspondant à une mole de chaînes de PET.

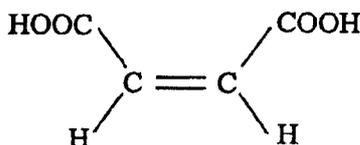
Donnée : Masse molaire de l'eau en  $\text{g.mol}^{-1}$  : 18

2.3.c. En supposant que l'eau contenue dans ce P.E.T. a réagit totalement sur le motif du polytéréphtalate d'éthylène durant la transformation par injection, calculer la masse molaire moyenne en nombre de ce PET après sa transformation. Commenter le résultat obtenu.

### 3. Etude d'un polyester insaturé

On fait réagir un mélange d'acide maléïque (acide butènedioïque) et d'acide orthophtalique (acide benzène-1,2-dioïque) sur l'éthylène-glycol (éthanediol).

La formule de l'acide maléïque est



- 3.1. Quel type d'isomérisie présente l'acide maléïque ?
- 3.2. Quel est la formule semi-développée du motif obtenu par réaction entre l'acide maléïque et l'éthylène-glycol ?
- 3.3. Quel est la formule semi-développée du motif obtenu par réaction entre l'acide orthophtalique et l'éthylène-glycol ?
- 3.4. Le polyester obtenu est un copolymère. De quel type de copolymère s'agit-il ? Justifier la réponse donnée.
- 3.5. On copolymérise avec le styrène les macromolécules de polyester. De quel type est le copolymère obtenu ? Justifier la réponse donnée.

## II. le Styène (16 points sur 60)

Données : masses molaires atomiques en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$      $M(\text{H}) = 1$  -  $M(\text{C}) = 12$  -  $M(\text{N}) = 14$

Le styène est un monomère employé dans la fabrication de différentes matières plastiques.

1.

1.1. Ecrire l'équation correspondant à la réaction de polymérisation du styène.

1.2. Quelle est, au niveau de l'amorçage, la technique usuelle pour la réaction de polymérisation du styène ?

1.3. On réalise la polymérisation du styène "en suspension". Décrire cette technique.

2. Pour améliorer certaines propriétés du polystyrène, on fabrique des copolymères dont le S/B/A (ABS).

Les monomères intervenant dans la préparation de l'ABS sont .

A : l'acrylonitrile      B : le buta-1,3-diène      S : le styène

2.1. Pour un ABS standard, les pourcentages en masse sont :

A : 15%    B : 35%    S : 50%

Calculer, pour chaque motif, la quantité de matière présente dans 1 kg de cet ABS.

2.2. On peut remplacer le styène par le 2-phénylpropène pour améliorer la tenue à la chaleur.

Ecrire la formule semi-développée de ce monomère ainsi que celle du motif correspondant.

3. Prévention des risques professionnels

*La lecture, sur la page suivante, de données extraites d'une fiche de sécurité relative au styène utilisé permet de répondre aux questions posées.*

3.1. La DL50( oral, rat ) du 2-phénylpropène a pour valeur de 4900 mg / kg.

Que signifie l'abréviation DL50 ? Quel avantage présente l'emploi du 2-phénylpropène par rapport au styène quant à la toxicité ?

3.2. Dans une armoire ventilée, à la température du laboratoire, on trouve sur une étagère des récipients en verre contenant du styène, de l'eau oxygénée et du peroxyde de benzoyle.

Lister, sans les commenter, les consignes de sécurité non respectées.

## **Styrène**

### **Informations toxicologiques**

Toxicité aiguë

DL50 (oral(e), rat) : 2650 mg / kg.

CL50 (par inhalation), rat) : 12 mg / l / 4h

### **Stabilité et réactivité**

Conditions à éviter : chaleur

Matières à éviter : acides, oxydants, initiateurs et catalyseurs de polymérisation

### **Stockage**

À l'abri de l'humidité, hermétiquement fermé.

Dans un endroit bien ventilé, à l'écart des sources de chaleur et d'ignition, froid (à moins de +15°C).

Entreposer dans les locaux des quantités ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.

### **Réipients de stockage**

Le styrène peut être stocké dans des récipients en fer galvanisé, acier ou aluminium. Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les récipients seront protégés par une enveloppe plus résistante convenablement ajustée