

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 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.*

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.

CHIMIE

I. Polypropylène (18 points sur 60)

- Donner la formule semi-développée du propène (ou propylène), puis celle du motif du polypropylène.
- La masse molaire moyenne en nombre correspondant à une macromolécule de ce polymère a une valeur voisine de 170 kg.mol^{-1} .
Quelle est la valeur de la masse molaire correspondant au motif de cette macromolécule ?
Estimer, pour cette macromolécule, la valeur du degré de polymérisation moyen en nombre ?
Masses molaires atomiques en g.mol^{-1} : $M(\text{H}) = 1$ $M(\text{C}) = 12$
- Des expressions "polymérisation par addition" et "polymérisation par condensation", laquelle convient à la synthèse du polypropylène ? Justifier votre réponse.
- Le tableau ci-dessous indique la composition d'un échantillon de polypropylène.

masse molaire en kg.mol^{-1}	50	100	150	200	250
fraction molaire	0,05	0,15	0,30	0,30	0,20

Déterminer la valeur de la masse molaire moyenne en nombre de cet échantillon ?

- La masse molaire moyenne en poids de cet échantillon a pour valeur 190 kg.mol^{-1} .
Calculer l'indice de polydispersité de cet échantillon, commenter la valeur obtenue.
- Déterminer le degré moyen de polymérisation en poids.

II. Le P.E.T. (22 points sur 60)

Le polyéthylènetéréphtalate (P.E.T.) existe à l'état amorphe ou à l'état partiellement cristallin. Sa basse température de transition vitreuse (70°C) nuit à son utilisation à l'état amorphe. Le volume massique de la partie amorphe a pour valeur $v_a = 0,752 \text{ mL.g}^{-1}$, celui de la partie cristalline a pour valeur $v_c = 0,685 \text{ mL.g}^{-1}$.
L'échantillon de P.E.T. étudié a une volume massique $v = 0,725 \text{ mL.g}^{-1}$.

- Quelle est la valeur du taux de cristallinité X_c de cet échantillon de P.E.T. ?
- Les granulés de P.E.T. sont ils transparents ? Justifier votre réponse.
- Avec quel type de charge peut-on renforcer le PET pour améliorer ses propriétés mécaniques ? Préciser le cas échéant, les risques inhérents à l'utilisation de ces charges.

4. On prépare une solution S_1 de P.E.T. de concentration $C_1 = 5,00 \times 10^{-3} \text{ g.cm}^{-3}$.

À partir de cette solution « mère » S_1 , on fabrique des solutions « filles » S_2 , S_3 , S_4 et S_5 en procédant de la manière suivante : on prélève un volume de solution S_1 que l'on introduit dans une fiole jaugée de $50,0 \text{ cm}^3$ et on complète ce volume à $50,0 \text{ cm}^3$ avec du solvant.

On mesure ensuite, pour chacune de ces solutions, la durée d'écoulement dans un tube viscosimétrique. On obtient les résultats suivants :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Durée (en s)	73,6	61,0	55,2	49,9	47,4

4.1. Reproduire le tableau ci-dessous, le compléter après avoir calculé le volume de solution S_1 utilisé pour préparer chacune des solutions « filles » en ajoutant du solvant. D'une façon générale, quelles précautions doit-on prendre lors de l'utilisation d'un solvant ?

Solution	S_2	S_3	S_4	S_5
Concentration (en g.cm^{-3})	$3,00 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-3}$	$0,50 \times 10^{-3}$
Volume de solution S_0 prélevé (en cm^3)				

4-2 Calculer la viscosité spécifique (ou indice de viscosité) η_s (en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$) pour chaque solution et présenter les résultats dans un tableau.

On donne :

$$\eta_s = (t - t_0) / (t_0 \times C)$$

t (en s) est le temps d'écoulement pour une solution de concentration C (en g.cm^{-3})
 t_0 représente le temps d'écoulement (en s) du solvant pur. Ici $t_0 = 45,0 \text{ s}$

4.3. Tracer la courbe $\eta_s = f(C)$ sur l'annexe 1 et en déduire la viscosité intrinsèque (ou indice limite de viscosité) $[\eta]$ de l'échantillon de P.E.T. étudié.

On rappelle que la viscosité spécifique est la limite vers laquelle tend la viscosité intrinsèque lorsque la concentration tend vers zéro.

4.4. La viscosité intrinsèque $[\eta]$ d'une solution de polymère suit la relation empirique

$$[\eta] = K \times (\overline{M}_v)^\alpha \quad (\text{Relation de Mark - Houwink})$$

K et α sont des constantes relatives au couple solvant - polymère, \overline{M}_v est la masse molaire moyenne viscosimétrique.

Avec $[\eta]$ exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ et \overline{M}_v exprimé en g.mol^{-1} , on prend :

$$K = 3,53 \times 10^{-2} \text{ et } \alpha = 0,792$$

Calculer la masse molaire moyenne viscosimétrique du P.E.T..

PHYSIQUE

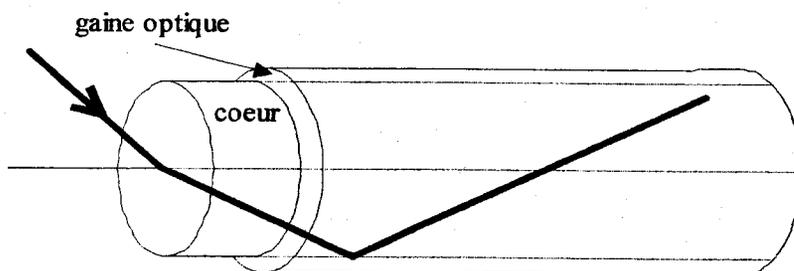
I. Fibres optiques polymères (13 points sur 60)

Le principe même des fibres optiques est connu depuis le XIX^{ème} siècle, mais l'utilisation des fibres optiques à base de silice pour transmettre des informations date des années 70. Déjà utilisées en médecine (endoscopie) et pour l'éclairage public, les fibres optiques polymères le sont maintenant pour les réseaux locaux et dans les automobiles. Elles sont dix fois plus épaisses que les fibres en silice mais plus résistantes, plus faciles à couper et à connecter à des transmetteurs et des récepteurs.

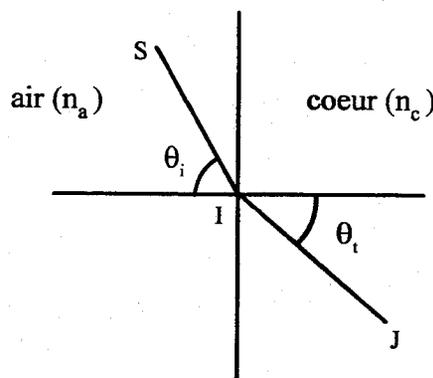
La mise au point de P.P.M.A. ultra-transparents sur des distances de 1500 mètres, stables jusqu'à 200 °C et de polymères fluorés spécifiques est à l'origine du développement des fibres optiques polymères.

Les questions de cet exercice ne nécessitent aucune connaissance relative aux fibres optiques. On y utilise uniquement les lois de la réflexion et de la réfraction.

La figure ci-dessous représente une fibre optique (dite à saut d'indice). Elle est constituée d'un coeur en P.M.M.A. de rayon 1 mm, d'indice n_c , entourée d'une gaine optique en polymère fluoré d'indice n_g de valeur inférieure à celle de n_c .



On se place à l'entrée de la fibre optique (dans l'air) et on considère un faisceau lumineux qui pénètre dans le coeur. Dans l'air, l'angle d'un rayon SI avec l'axe de la fibre est appelé θ_i (angle d'incidence).



1. Une première réfraction a lieu quand la lumière pénètre dans le coeur de la fibre, on passe de l'air d'indice n_a au coeur d'indice n_c .

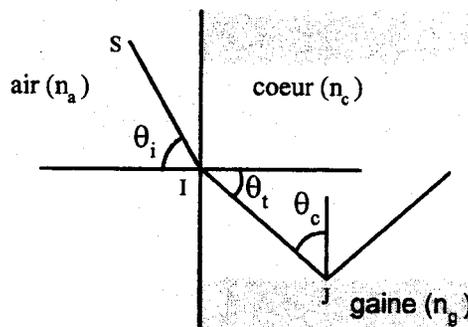
On appelle θ_t l'angle que fait le rayon réfracté IJ avec l'axe de la fibre.

Quelle relation relie θ_i , θ_t , n_a et n_c ?

2. On désire qu'il y ait réflexion totale sur la surface qui sépare le cœur et la gaine de la fibre.

2.1. On appelle θ_c l'angle que fait le rayon lumineux IJ avec la normale à la surface de séparation au point J. Quelle relation relie les angles θ_t et θ_c ?

2.2. On désire qu'il y ait réflexion totale au point J. Pour cela il faut que l'angle θ_c soit supérieur à une valeur θ_1 appelée angle limite. Etablir la relation que doit vérifier l'angle θ_1 .



2.3. On donne les valeurs numériques des indices des différents milieux :

$$n_a = 1,00 \quad n_c = 1,49 \quad n_g = 1,47$$

Calculer les valeurs numériques de

l'angle limite θ_1 ,

l'angle θ_t dans le cas où $\theta_c = \theta_1$,

l'angle θ_i dans le cas où $\theta_c = \theta_1$, on appellera θ_m cette valeur appelée angle d'acceptance.

2.4. Pour qu'il y ait réflexion totale à l'intérieur de la fibre, θ_i doit-il être supérieur ou inférieur à θ_m ? Justifier votre réponse.

3. Dans un fil en cuivre, la vitesse de propagation de l'information est voisine de $2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. A quelle vitesse l'information se propage-t-elle dans une fibre dont le cœur est en P.M.M.A. d'indice 1,49 ?

Donnée : Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

II. Installation électrique en monophasé (7 points sur 60)

Une installation électrique, alimentée par le réseau 230V - 50Hz, comporte 10 lampes de 100 W chacune et deux moteurs qui reçoivent chacun une puissance active de 800W avec un facteur de puissance de 0,80.

1. Calculer les puissances active, réactive et apparente de cette installation.

2. En déduire le facteur de puissance de l'installation.

3. EDF impose à cette installation un facteur de puissance de 0,93. Comment modifier l'installation pour satisfaire à ce critère (aucun calcul n'est demandé) ?

Annexe 1 à rendre avec la copie

