

**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)

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

masse molaire en $\text{kg.mol}^{-1}$	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 ?

5. La masse molaire moyenne en poids de cet échantillon a pour valeur  $190 \text{ kg.mol}^{-1}$ .  
Calculer l'indice de polydispersité de cet échantillon, commenter la valeur obtenue.
6. 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 ( $70^\circ\text{C}$ ) 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  $v = 0,725 \text{ mL.g}^{-1}$ .

1. Quelle est la valeur du taux de cristallinité  $X_c$  de cet échantillon de P.E.T. ?
2. Les granulés de P.E.T. sont ils transparents ? Justifier votre réponse.
3. 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 $\text{g.cm}^{-3}$ )	$3,00 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-3}$	$0,50 \times 10^{-3}$
Volume de solution $S_0$ prélevé (en $\text{cm}^3$ )				

4-2 Calculer la viscosité spécifique (ou indice de viscosité)  $\eta_s$  (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  $\text{g.cm}^{-3}$ )

$t_0$  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  $\alpha$  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  $\text{g.mol}^{-1}$ , on prend :

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

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

## PHYSIQUE

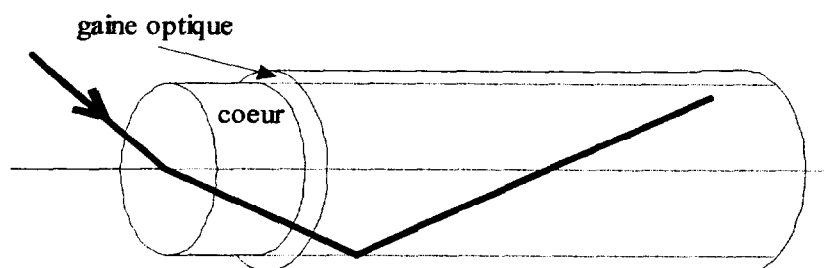
### I. Fibres optiques polymères ( 13 points sur 60)

Le principe même des fibres optiques est connu depuis le XIX<sup>ème</sup> 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 aux 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  $n_c$ .

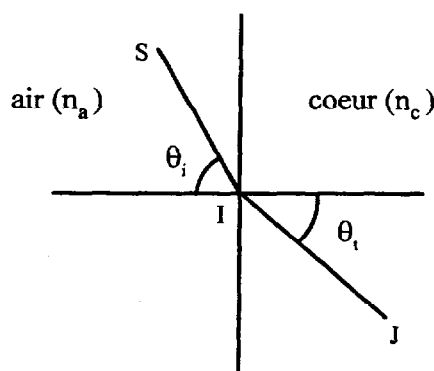


On se place à l'entrée de la fibre optique (dans l'air) et on considère un faisceau lumineux qui pénètre dans le coeur. Dans l'air, l'angle d'un rayon SI avec l'axe de la fibre est appelé  $\theta_i$  (angle d'incidence).

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

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

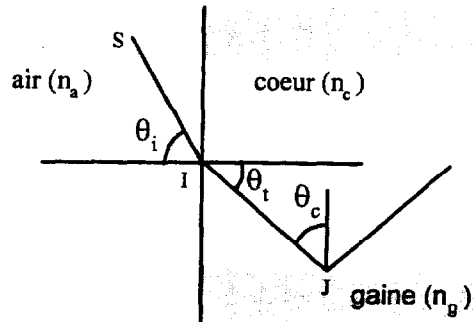
Quelle relation relie  $\theta_i$ ,  $\theta_t$ ,  $n_a$  et  $n_c$  ?



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  $\theta_c$  l'angle que fait le rayon lumineux IJ avec la normale à la surface de séparation au point J. Quelle relation relie les angles  $\theta_i$  et  $\theta_c$  ?

2.2. On désire qu'il y ait réflexion totale au point J. Pour cela il faut que l'angle  $\theta_c$  soit supérieur à une valeur  $\theta_1$  appelée angle limite. Etablir la relation que doit vérifier l'angle  $\theta_1$ .



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  $\theta_1$ ,

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

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

2.4. Pour qu'il y ait réflexion totale à l'intérieur de la fibre,  $\theta_i$  doit-il être supérieur ou inférieur à  $\theta_m$  ? 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  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

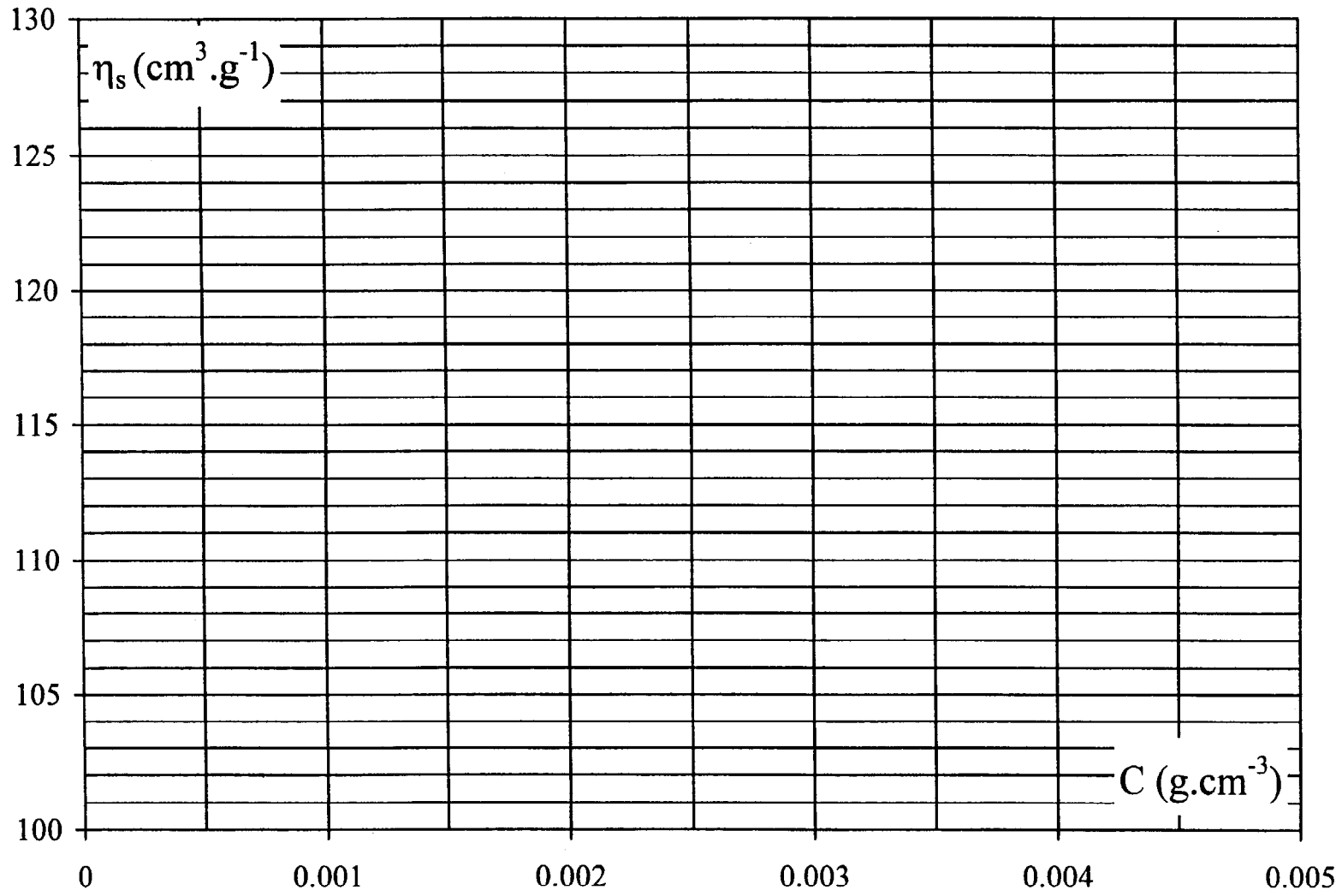
## II. Installation électrique en monophasé (7 points sur 60)

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