



Baccalauréat STL spécialité SPCL

Épreuve de spécialité

Proposition de correction

Session de septembre 2015
métropole

11/09/2015

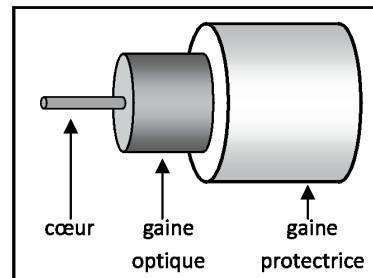
www.udppc.asso.fr

Fibre !

De la fabrication à l'utilisation

Depuis quelques années, les techniques utilisées pour transmettre les informations ont connu des avancées majeures. L'une d'elles est la fibre optique dont la principale application se trouve dans les télécommunications.

Une fibre comprend un cœur, une gaine optique et une gaine protectrice opaque. La lumière se propage dans le cœur en silice ou en matière plastique en se réfléchissant sur l'interface cœur - gaine optique.



Sur le marché, on trouve plusieurs familles de fibres optiques fabriquées à partir de verre ou de Plexiglas® (polyméthacrylate de méthyle ou P.M.M.A.).

Partie 1 - Synthèse du Plexiglas® et du méthacrylate de méthyle

Synthèse du P.M.M.A.

Le polyméthacrylate de méthyle souvent désigné par « P.M.M.A. » (Poly(MethylMethAcrylate)) résulte de la polymérisation en chaîne du monomère méthacrylate de méthyle (M.M.A.).

On donne ci-dessous les formules développées du monomère M.M.A. et de trois polymères.

Monomère	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$		
Polymères	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2-\text{C} \text{---} \\ \\ \text{COOCH}_3 \end{array} \right]_n$ <p style="text-align: center;">A</p>	$\left[\text{---CH}_2-\text{CH}_2 \text{---} \right]_n$ <p style="text-align: center;">B</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{---CH}_2-\text{CH} \text{---} \end{array} \right]_n$ <p style="text-align: center;">C</p>

1.1 Identifier la formule correspondant au P.M.M.A.

Il n'y a pas de groupe phényl $-\text{C}_6\text{H}_5$ dans le monomère, donc le PMMA ne peut pas être le C.

Le monomère contient le groupe $-\text{COOCH}_3$, que l'on retrouve dans le polymère A et pas dans le B.

Le PMMA correspond au polymère A.

Un technicien réalise la polymérisation du M.M.A. en P.M.M.A. Au bout de 4 heures de réaction, il effectue un prélèvement dans le réacteur. Un contrôle est réalisé par spectroscopie I.R. (infrarouge) et par R.M.N. du proton (résonance magnétique nucléaire). Le **document 1** présente le spectre I.R. du prélèvement. Le **document 2** présente les spectres R.M.N. du monomère et du prélèvement.

1.2 Selon le technicien, la réaction est terminée. Il choisit donc de stopper la synthèse. Grâce aux **documents 1 et 2**, justifier sa décision. Argumenter précisément la réponse.

Le monomère contient une double liaison C=C, qui n'apparaît plus dans le polymère.

Pour vérifier que la réaction est terminée, il faut s'assurer qu'il n'y a plus de monomère, et donc qu'il n'y a plus de bande d'absorption due à la liaison C=C dans le spectre IR.

D'après le document 1, on peut voir qu'il n'y a pas de bande d'absorption entre 1625 et 1685 cm^{-1} sur le spectre IR. Il n'y a donc plus de monomère.

Dans le document 2, on peut voir, que sur le spectre RMN du prélèvement, il n'y a pas les pics a et b des protons portés par l'atome de carbone de la double liaison C=C (vers 5,5 et 6,1 ppm). Ce qui confirme la disparition de cette double liaison.

Il n'y a donc plus de monomère dans le prélèvement : la réaction est terminée.

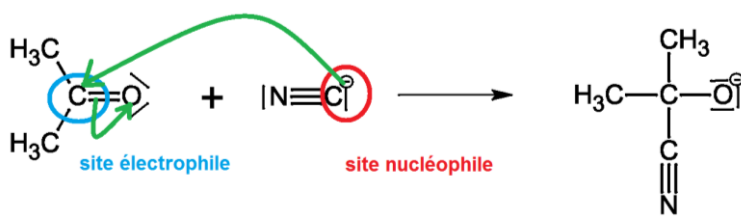
Synthèse traditionnelle du M.M.A. (le monomère)

La fabrication du monomère, le **M.M.A.** comporte trois étapes présentées au **document 3**.

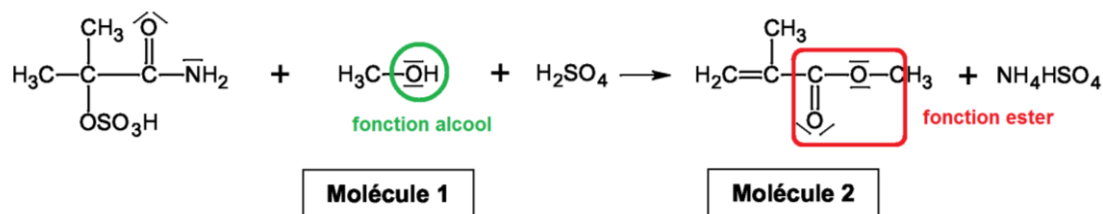
1.3 Une partie de l'étape 1 est encadrée. Indiquer s'il s'agit d'une réaction d'addition, de substitution, ou d'élimination.

Il s'agit d'une réaction d'addition.

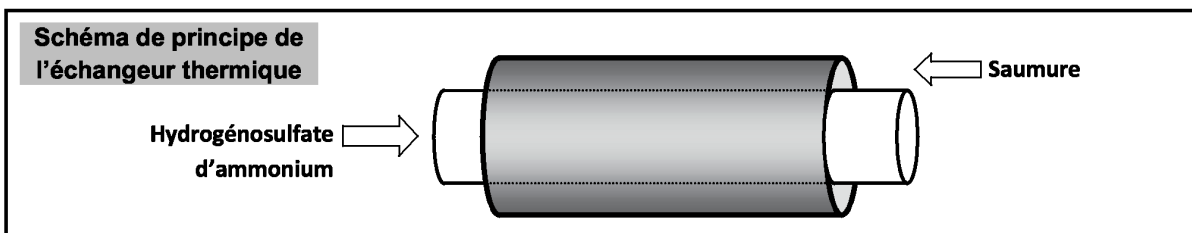
1.4 Sur le **document réponse**, entourer et désigner le site nucléophile et le site électrophile impliqués dans l'étape 1. Représenter les déplacements électroniques à l'aide du formalisme des flèches courbes.



1.5 Sur le **document réponse**, entourer deux groupes caractéristiques présents sur les molécules 1 et 2 de l'étape 3 et nommer les fonctions correspondantes.



La synthèse traditionnelle produit de l'hydrogénosulfate d'ammonium NH_4HSO_4 en phase aqueuse. Afin d'être récupéré sous forme solide, le sous-produit est refroidi dans un premier temps dans un échangeur thermique (à faisceau tubulaire) dans lequel circule une saumure. La solution d'hydrogène-sulfate d'ammonium entre à $+108\text{ }^\circ\text{C}$. Le mélange sort à $+12\text{ }^\circ\text{C}$. La saumure entre à $-10\text{ }^\circ\text{C}$ et sort à $+7\text{ }^\circ\text{C}$. L'hydrogénosulfate d'ammonium est plus soluble dans l'eau à chaud qu'à froid.



- 1.6 D'après le schéma ci-dessus, dire s'il s'agit d'un échangeur à co-courant ou d'un échangeur à contre-courant. Justifier la réponse.

La saumure et l'hydrogénosulfate d'ammonium circulent en sens contraire : c'est un échangeur à contre-courant.

- 1.7 Sur votre copie, indiquer quelle est la source chaude et quelle est la source froide.

D'après le texte ci-dessus :

« La solution d'hydrogénosulfate d'ammonium entre à + 108 °C. » : il s'agit donc de la source chaude.

« Le mélange sort à + 12 °C. La saumure entre à 10 °C et sort à + 7 °C. » : il s'agit donc de la source froide.

- 1.8 Expliquer l'intérêt de refroidir l'hydrogénosulfate d'ammonium. Justifier la réponse.

On souhaite récupérer l'hydrogénosulfate d'ammonium solide.

D'après le texte : « L'hydrogénosulfate d'ammonium est plus soluble dans l'eau à chaud qu'à froid. » il faut donc refroidir la solution pour qu'il précipite et que l'on puisse le récupérer.

Pour contrôler la température à la sortie de l'échangeur, on utilise une sonde de température Pt 100 de classe B, présentée au **document 4**. Le technicien relève une température de 12,15 °C sur l'écran d'affichage de la sonde.

- 1.9 D'après le **document 4**, expliquer le nom de « Pt 100 » donné à cette sonde.

Le nom « Pt 100 » est du au fait que la sonde est un fil de platine (de symbole Pt) et que la résistance de ce fil à 0°C est de 100 Ω.

- 1.10 Indiquer la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie de cette sonde.

La grandeur d'entrée est une température, la grandeur de sortie est une résistance.

- 1.11 Calculer l'incertitude, notée U, sur la mesure de la grandeur d'entrée, en utilisant le **document 4**.

D'après le document 4, pour une sonde de classe B, l'incertitude est $0,30 + 0,005 \times \theta$ avec θ en °C.

Donc ici $U = 0,30 + 0,005 \times 12,15 = 0,36$ °C

- 1.12 La valeur de consigne étant de 12,00 °C, vérifier que l'échangeur fonctionne correctement. Justifier en utilisant l'incertitude calculée précédemment.

On mesure une température $\theta = (12,15 \pm 0,36)$ °C.

La consigne de 12,00°C étant incluse dans l'intervalle ci-dessus, l'échangeur fonctionne correctement.

Nouvelle voie de synthèse du M.M.A.

Il existe une autre voie de synthèse du M.M.A. qui utilise la catalyse hétérogène.

- 1.13 À l'aide des **documents 5 et 6**, justifier par un calcul l'obtention de 47 % d'économie d'atomes pour la synthèse traditionnelle du M.M.A.

D'après le document 5 :

$$EA = \frac{\text{somme des masses molaires du ou des produits désirés}}{\text{somme des masses molaires de tous les réactifs engagés}}$$

Le produit désiré est le MMA de masse molaire $100,0 \text{ g.mol}^{-1}$

La somme des masses molaires des réactifs engagés :

$$58,0 + 27,0 + 32,0 + 98,1 = 215,1 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Donc } EA = \frac{100}{215,1} = 0,4649 \text{ (que l'on devrait arrondir à 46 \% et non 47 \%)}$$

- 1.14 Expliquer en quelques lignes pourquoi la synthèse par catalyse hétérogène respecte certains des principes de la chimie verte. Trois arguments sont attendus.

On peut voir que la nouvelle voie de synthèse permet d'améliorer l'économie d'atomes en passant de 47 % à 100 % : c'est l'un des principes de la chimie verte.

Cette nouvelle voie de synthèse permet de ne plus avoir d'hydrogénosulfate d'ammonium, sous-produit de la réaction traditionnelle : ce qui correspond au principe de la réduction de la quantité de produits dérivés.

Enfin, cette nouvelle voie de synthèse se fait en une seule étape au lieu de 3 pour la voie traditionnelle, ce qui permet de diminuer l'impact en terme d'énergie.

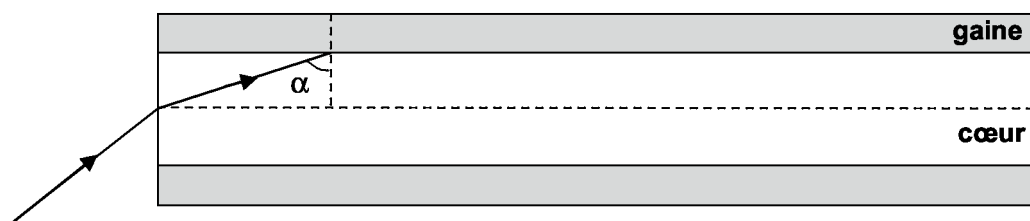
Partie 2 - Utilisation du polymère : les fibres optiques

Échanger des données à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un bout à l'autre de la planète nécessite des réseaux de communication adaptés.

Le choix du type de fibre optique utilisé dépend de l'atténuation linéique qu'elle introduit. Une fibre est jugée performante lorsque, sur une longueur donnée, la puissance du signal qu'elle transmet subit une atténuation faible. Dans la suite, nous nous intéressons à l'installation d'une fibre optique en P.M.M.A. dans une habitation.

Principe de propagation de la lumière dans la fibre optique

On représente ci-dessous le schéma en coupe d'une fibre optique à saut d'indice multimodale.



Pour une fibre en Plexiglas[®], on donne l'indice de réfraction du cœur $n_c = 1,495$ et celui de la gaine $n_g = 1,485$.

- 2.1 À l'aide des lois de Descartes, calculer l'angle limite α_{lim} au-delà duquel le rayon ne passe plus dans la gaine.

L'angle limite correspond au cas où l'angle de réfraction est égal à 90° .

D'après la loi de Descartes : $n_c \times \sin(\alpha_{lim}) = n_g \times \sin(90) = n_g \times 1$

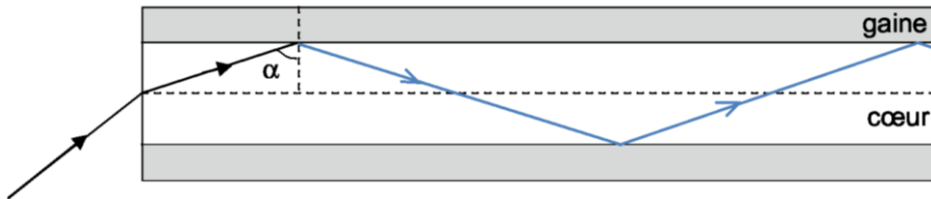
$$\text{Donc } \sin(\alpha_{lim}) = \frac{n_g}{n_c} = \frac{1,485}{1,495} = 0,993$$

D'où $\alpha_{lim} = \arcsin(0,993) = 83^\circ$

2.2 Indiquer le nom de ce phénomène.

Il s'agit du phénomène de réflexion totale.

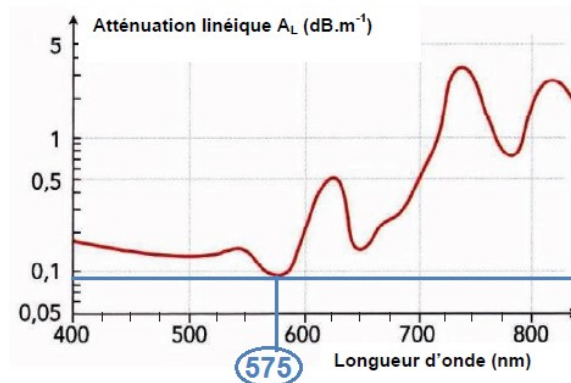
2.3 Si $\alpha > \alpha_{lim}$, représenter le trajet de la lumière tout au long de la fibre, sur le document réponse.



Choix d'une fibre optique adaptée à une habitation

Un installateur d'accès internet réalise l'installation d'une fibre dans une habitation. Il utilise de la fibre optique en P.M.M.A. La longueur de la fibre qu'il souhaite installer dans la maison est $L = 50$ m. Il pense ainsi pouvoir desservir toutes les pièces.

2.4 En utilisant le document 7, préciser quelle est la longueur d'onde du signal utilisé pour que la transmission soit la meilleure possible.



Pour que la transmission soit la meilleure possible, il faut que l'atténuation soit la plus faible possible.

D'après le document 7, il faut donc utiliser un signal de 575 nm.

2.5 Déterminer l'atténuation linéique A_L correspondante. Calculer l'atténuation A pour la fibre optique installée dans la maison.

D'après le même document, l'atténuation linéique correspondante est $A_L = 0,09 \text{ dB.m}^{-1}$.

Donc pour 50 m de fibre, l'atténuation sera $A = A_L \times L = 0,09 \times 50 = 4,5 \text{ dB}$.

2.6 Calculer, à l'aide du document 7, le rapport $P_{entrée} / P_{sortie}$ entre la puissance du signal d'entrée et la puissance du signal de sortie.

D'après le document 7 :

$$A = 10 \times \log\left(\frac{P_{entrée}}{P_{sortie}}\right)$$

$$\text{Donc } \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = 10^{\frac{A}{10}} = 10^{\frac{4,5}{10}} = 10^{0,45} = 2,82$$

Le rapport $P_{\text{entrée}} / P_{\text{sortie}}$ est compris entre 2,8 et 3,2. On considère que le signal de sortie reste performant sans répéteur si la puissance de sortie est supérieure à 1 % de la puissance d'entrée.

2.7 Préciser si le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.

On a $\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = \frac{1}{2,82} \gg 1\%$. Le signal est donc satisfaisant dans toutes les pièces.

2.8 À l'aide du **document 8**, expliquer en quelques lignes pourquoi la fibre optique peut être choisie en Plexiglas[®] (P.M.M.A.) pour les réseaux informatiques domestiques mais que la fibre en silice est privilégiée pour tous les autres réseaux.

La fibre optique en plexiglas a un coefficient d'atténuation beaucoup plus grand que la fibre en silice, on vient de voir dans cet exercice qu'elle est adaptée à une utilisation domestique. Pour un autre réseau nécessitant de plus grande longueur de fibre, la fibre en plastique ne convient plus car il faudrait alors trop de répéteurs.

Le faible coût de la fibre en plastique explique son utilisation domestique. Le coût plus élevé de la fibre en silice est compensé par le fait qu'il faut moins de répéteurs.

Le faible rayon de courbure minimal permet d'équiper plus facilement les différentes pièces d'une maison.