

# **BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

**Série : Sciences et Technologies de Laboratoire**

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en  
Laboratoire**

**SESSION 2015**

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et  
chimiques en laboratoire**

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en  
laboratoire seront traités sur des copies séparées.**

*L'usage de la calculatrice est autorisé.*

Ce sujet comporte **10** pages.

La page **10** est à rendre avec la copie.

# **Fibre**

De la fabrication à l'utilisation

## **Partie 1 - Synthèse du Plexiglas<sup>®</sup> et du méthacrylate de méthyle**

Synthèse du polyméthacrylate de méthyle (P.M.M.A.)

Synthèse traditionnelle du méthacrylate de méthyle (M.M.A.)

Nouvelle voie de synthèse du M.M.A.

## **Partie 2 - Utilisation du polymère : les fibres optiques**

Principe de propagation de la lumière dans la fibre optique

Choix d'une fibre adaptée à une habitation

Les documents sont réunis en fin d'énoncé.

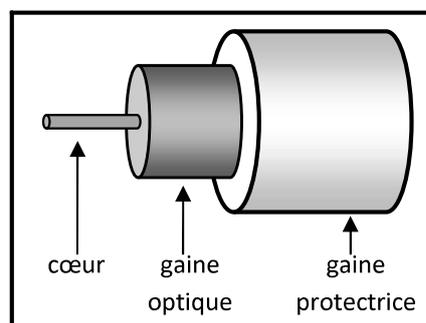
Un document-réponse se trouve en dernière page. Il doit être joint à la copie.

# 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.

<b>Monomère</b>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\    \\ \text{O} \end{array}$		
<b>Polymères</b>	$\left[ \text{CH}_2-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{COOCH}_3}{\text{C}}} \right]_n$ <p><b>A</b></p>	$\left[ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n$ <p><b>B</b></p>	$\left[ \text{CH}_2-\overset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ <p><b>C</b></p>

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

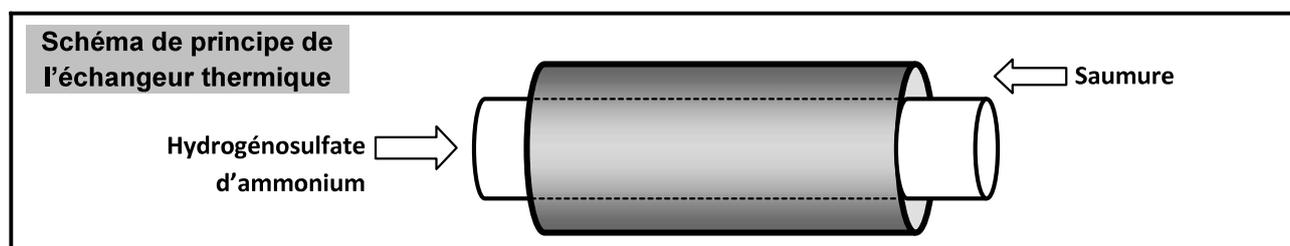
#### 1.2 Selon le technicien, la réaction est terminée. Il choisit donc de stopper la synthèse. Grâce aux **documents 1 et 2**, justifier sa décision. Argumenter précisément la réponse.

## 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.
- 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  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  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'hydrogéné-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.
- 1.7 Sur votre copie, indiquer quelle est la source chaude et quelle est la source froide.
- 1.8 Expliquer l'intérêt de refroidir l'hydrogénosulfate d'ammonium. Justifier la réponse.

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  $12,15\text{ }^\circ\text{C}$  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.
- 1.10 Indiquer la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie de cette sonde.
- 1.11 Calculer l'incertitude, notée  $U$ , sur la mesure de la grandeur d'entrée, en utilisant le **document 4**.
- 1.12 La valeur de consigne étant de  $12,00\text{ }^\circ\text{C}$ , vérifier que l'échangeur fonctionne correctement. Justifier en utilisant l'incertitude calculée précédemment.

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

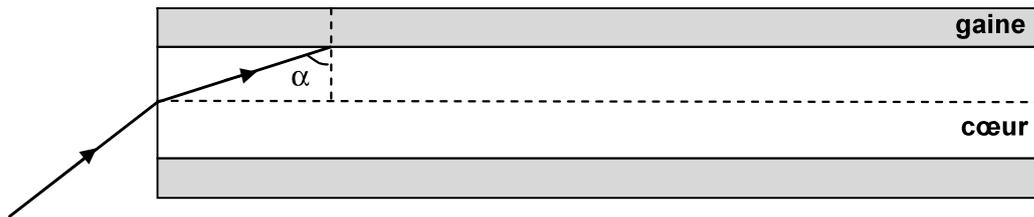
## Partie 2 - Utilisation du polymère : les fibres optiques

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<sup>®</sup>, 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  $\alpha_{lim}$  au-delà duquel le rayon ne passe plus dans la gaine.
- 2.2 Indiquer le nom de ce phénomène.
- 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.
- 2.5 Déterminer l'atténuation linéique  $A_L$  correspondante. Calculer l'atténuation  $A$  pour la fibre optique installée dans la maison.
- 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.

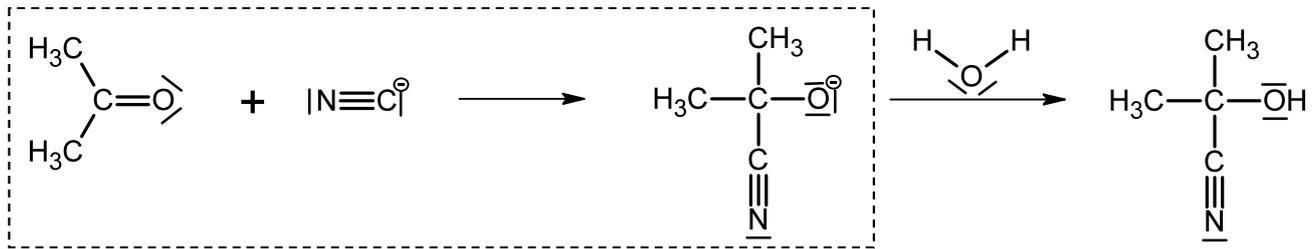
Le rapport  $P_{entrée} / P_{sortie}$  est compris entre 2,8 et 3,2. On considère que le signal de sortie reste performant sans répéteur si la puissance de sortie est supérieure à 1 % de la puissance d'entrée.

- 2.7 Préciser si le signal est satisfaisant dans toutes les pièces de la maison.
- 2.8 À l'aide du **document 8**, expliquer en quelques lignes pourquoi la fibre optique peut être choisie en Plexiglas<sup>®</sup> (P.M.M.A.) pour les réseaux informatiques domestiques mais que la fibre en silice est privilégiée pour tous les autres réseaux.

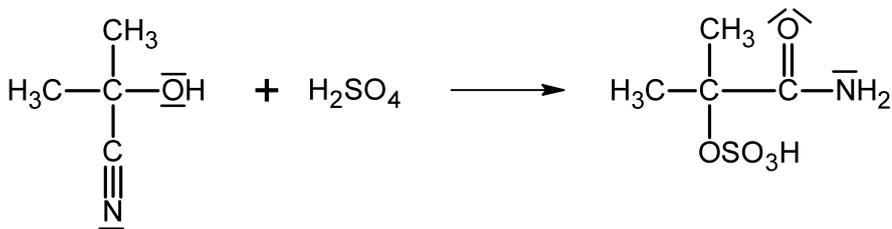


### Document 3 : Synthèse du M.M.A.

#### Étape 1 :

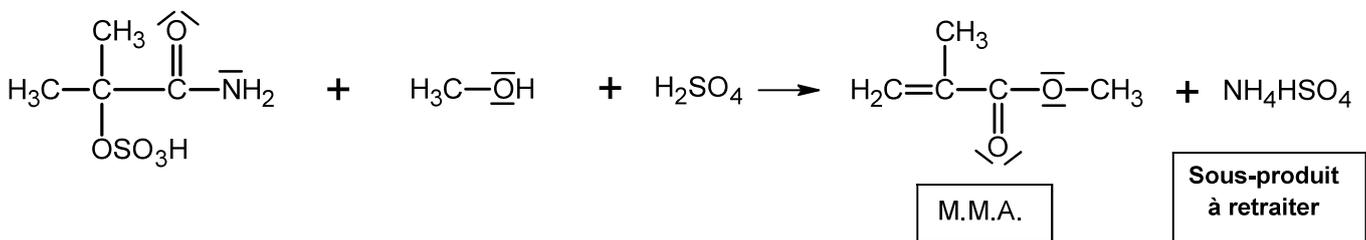


#### Étape 2 :



On obtient alors une solution de méthacrylamide en milieu acide sulfurique.

#### Étape 3 :



On obtient alors un mélange gazeux M.M.A. – eau – méthanol et une solution d'hydrogénosulfate d'ammonium en milieu acide sulfurique.

### Document 4 : Sonde de température Pt 100

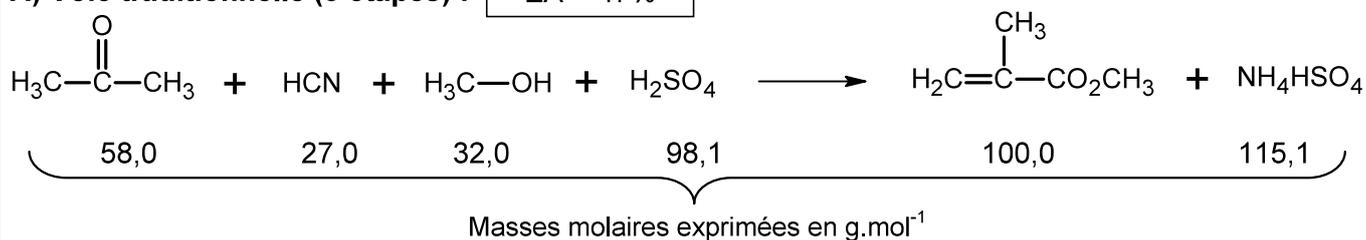
Le principe de mesure repose sur la variation de la résistance de fils métalliques de platine avec la température. Ce type de sonde offre une très bonne linéarité sur une grande gamme de températures. Les sondes industrielles ont pour résistances caractéristiques  $R_{0^\circ\text{C}} = 100 \, \Omega$  et  $R_{100^\circ\text{C}} = 138,5 \, \Omega$ . Elles présentent des incertitudes en température de :

$$\begin{array}{l} \pm (0,15 + 0,002 \times \theta) \text{ pour la classe A ;} \\ \pm (0,30 + 0,005 \times \theta) \text{ pour la classe B.} \end{array}$$

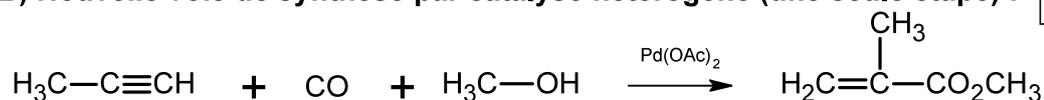
La température  $\theta$  est exprimée en  $^\circ\text{C}$ .

### Document 5 : Voies d'accès au M.M.A.

A) Voie traditionnelle (3 étapes) : EA = 47%



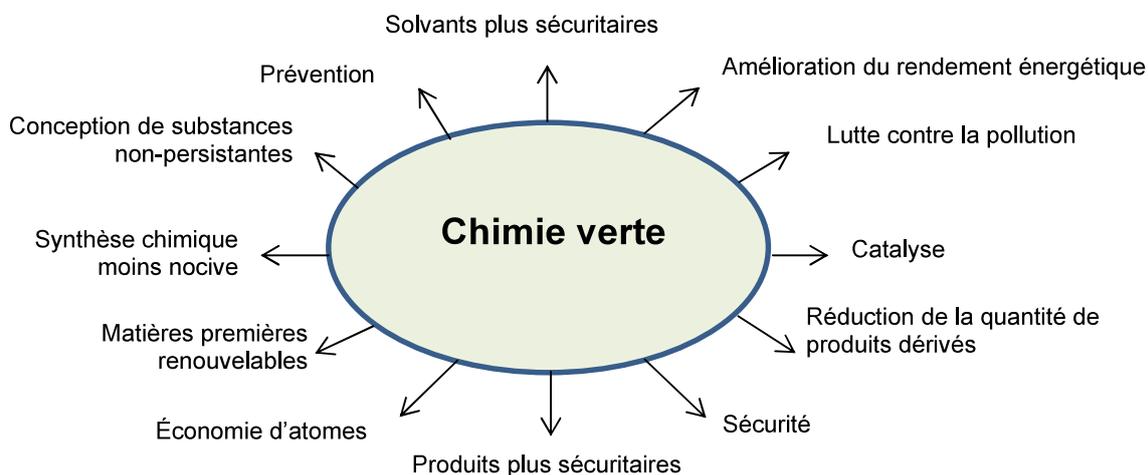
B) Nouvelle voie de synthèse par catalyse hétérogène (une seule étape) : EA = 100%



### Document 6 : Principes de la chimie verte

(d'après : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/un-exemple-de-chimie-verte>)

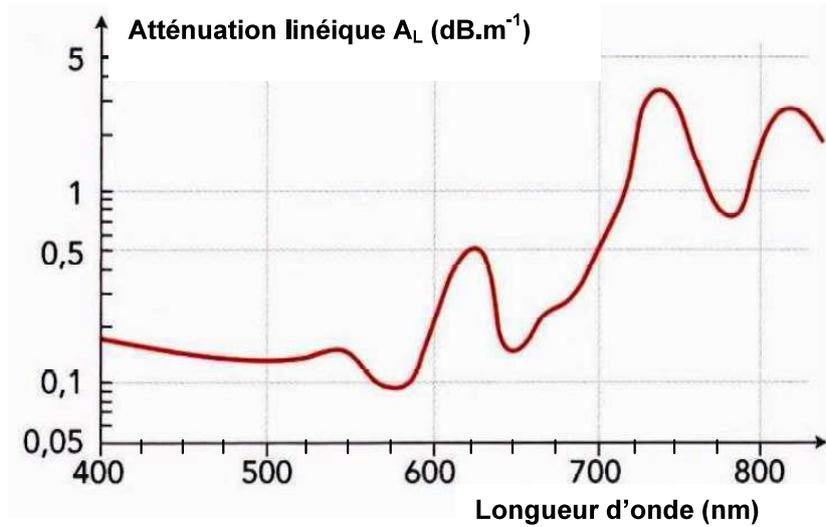
La chimie verte, apparue au début des années 1990 a pour objectif de « concevoir des produits et des procédés chimiques permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation et la synthèse de substances dangereuses ». Outre la réduction du nombre d'étapes et donc l'impact en terme d'énergie consommée et de déchets produits, cet objectif se décline en douze lignes directrices qui guident la conception de nouveaux procédés ou l'amélioration de ceux existants.



L'économie d'atomes est un principe important de la chimie verte. Sa mise en œuvre permet de minimiser la quantité de sous-produits de réaction et donc de réduire la pollution à la source plutôt que de produire des déchets qu'il faudra traiter ou éliminer. L'« utilisation atomique » (UA) ou « économie d'atomes » (EA) s'exprime par la relation :

$$EA = UA(\text{en } \%) = \frac{\text{Somme des masses molaires du ou des produits désirés}}{\text{Somme des masses molaires de tous les réactifs engagés}} \times 100$$

**Document 7 : Atténuation linéique  $A_L$  des fibres en matériau plastique (Plexiglas®)**



Atténuation d'un signal :

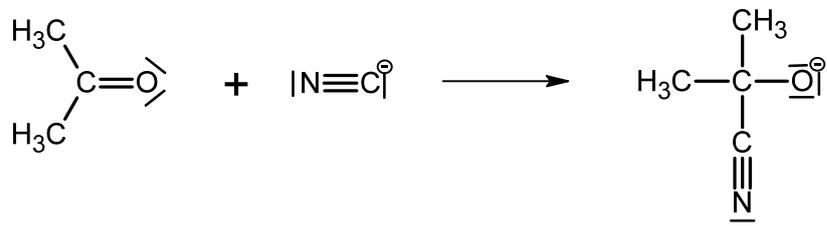
- **Atténuation** en décibel (dB) pour une fibre optique de longueur  $L$  (en m) :  $A = A_L \times L$  avec  $A_L$ , l'atténuation linéique en  $\text{dB/m}$ .
- **Atténuation** en décibel d'un signal de puissance d'entrée  $P_{\text{entrée}}$  et de puissance de sortie  $P_{\text{sortie}}$  à travers une chaîne de transmission :  $A = 10 \times \log\left(\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}\right)$

**Document 8 : Caractéristiques de deux types de fibres optiques**

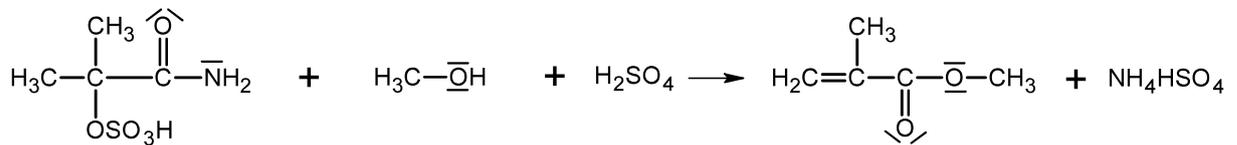
Type de fibre optique	Silice	Plastique (Plexiglas®).
Coefficient d'atténuation linéique moyenne $A_L$	10 $\text{dB/km}$	0,12 $\text{dB/m}$
Prix	Elevé	Très faible
Rayon de courbure mini	30 cm	5 cm
Protection de l'intégrité et sécurité des données	bonne	très bonne

## Document réponse à rendre avec la copie :

### Question 1.4. - Synthèse traditionnelle du M.M.A. Étape 1 du mécanisme réactionnel



### Question 1.5. - Synthèse traditionnelle du M.M.A. - Étape 3 du mécanisme réactionnel



Molécule 1

Molécule 2

### Question 2.3. - Propagation de la lumière dans la fibre optique

