

# 1STD2A – 2019/2020

## EXERCICES SUR LES POLYMÈRES NATURELS (ET/OU BIOSOURCÉS) OU ARTIFICIELS (ISSUS DU PÉTROLE)

### Température de transition vitreuse :

la **température de transition vitreuse** ( $T_v$ , anglais :  $T_g$  pour *glass*) d'une matière est souvent décrite comme représentant l'intervalle de température à travers lequel la matière passe d'un état caoutchouteux à un état vitreux, solide (rigide).

**Point de fusion** : Le **point de fusion** ou la **température de fusion** d'un corps représente la température à une pression donnée, à laquelle un élément pur ou un composé chimique fond c'est-à-dire passe de l'état solide à l'état liquide. Le **point de congélation** (ou **point de solidification** selon les matériaux) est la température de la transition inverse. Elle est habituellement mesurée sous pression atmosphérique normale (1 atmosphère) et il y a coexistence entre états solide et liquide entre ces deux points. Pour une substance pure, les points de fusion et de congélation sont théoriquement égaux et constants à pression fixe. Le point de fusion/congélation le plus connu est probablement celui de l'eau (0 °C), celui-ci ayant été pris comme zéro de l'échelle centigrade, souvent confondue avec l'échelle Celsius.

### EXERCICE n°3 : LES MATERIAUX (6 points)

Les câbles qui retiennent les flotteurs sont en kevlar<sup>®</sup> ce qui leur confère une très grande résistance à la traction. Le kevlar<sup>®</sup> est un aramide formé à partir de deux molécules dont les formules sont :



- 1) Sur les formules ci-dessus, développer les groupements fonctionnels et les nommer.
- 2) Donner le nom de la réaction de polymérisation qui permet d'obtenir le kevlar<sup>®</sup>. Justifier votre choix en définissant ce type de réaction.
- 3) Ecrire l'équation - bilan de la réaction avec n monomères de chaque type.
- 4) A quelle grande famille de polymères appartient le kevlar<sup>®</sup>? Justifier votre réponse.
- 5) Définir l'indice de polymérisation d'un polymère.
- 6) Calculer l'indice de polymérisation moyen d'un kevlar<sup>®</sup> dont la masse molaire est de 357 kg.mol<sup>-1</sup>.

On donne les masses molaires atomiques :

$$\begin{aligned}M(\text{H}) &= 1 \text{ g.mol}^{-1} \\M(\text{C}) &= 12 \text{ g.mol}^{-1} \\M(\text{N}) &= 14 \text{ g.mol}^{-1} \\M(\text{O}) &= 16 \text{ g.mol}^{-1}\end{aligned}$$

BTS DESIGN D'ESPACE	Session 2004
Sciences physiques - U. 32	DEPHY
Coefficient : 1,5	Durée : 1 heure 30
	Page : 4/4

## II – ÉTUDE D'UNE VESTE « *SOFT SHELL* »® (7 pts)

### 1 - Étude de texte.

D'après magazine *Le Point* (n°1642)

Jusqu'à présent, il n'existait pas de veste capable d'apporter à la fois confort, protection contre les aléas climatiques et, nouveauté, la légèreté. Véritable révolution dans le milieu du textile, la fibre « *soft shell* »®, extrêmement légère, a été adoptée par les principaux fabricants de plein air. [...] La protection contre le vent et le froid est, quant à elle, garantie par la présence de polyester. Inutile, donc, de superposer les couches. Un simple sous-vêtement technique suffit.

[...] avantages des vestes *soft shell* [...] : effet coupe-vent [...] imperméabilité, protection thermique, respirabilité [...].

[...] Si l'intérieur en *Coolmax*® de la marque *New Age*® nous a bien protégé du froid, nous avons également apprécié le côté respirant du vêtement. [...] Si les vestes *soft shell* méritent de figurer dans la garde-robe de tout randonneur soucieux de son confort, elles restent malheureusement encore fort onéreuses. [...] Ce type de textile n'est pas pensé pour lutter efficacement contre les grosses averses. En effet, au-delà d'une demi-heure, l'eau commence à s'infiltrer. On ne parle donc plus d'imperméabilité totale mais de déperlance, effet obtenu par l'apport du polyamide.

1.1- En utilisant le texte ci-dessus, répondre aux questions suivantes :

1.1.1- Quels sont tous les avantages d'une fibre *soft shell*® ?

1.1.2- Quelle spécificité nouvelle de la fibre *soft shell*® lui a permis d'apporter une « véritable révolution » dans le milieu du textile ?

1.1.3- Quels sont les deux inconvénients de la fibre *soft shell*® ?

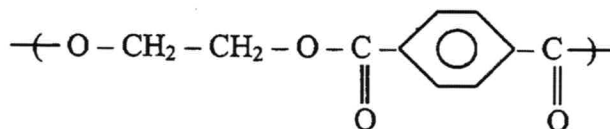
1.1.4- Quel est le rôle du polyester dans cette fibre ?

1.2- Donner le groupe caractéristique (ou fonctionnel) correspondant à un polyamide.

### 2- Matière high tech : le *Coolmax*®.

*Le Coolmax*® est préparé à partir de fibres polyester. La principale caractéristique de la fibre est sa section à rainures. Ces dernières évacuent l'humidité par capillarité.

Le motif du polymère de cette fibre est :



2.1- Recopier le motif du polymère donné ci-dessus. Entourer le groupe caractéristique (ou fonctionnel).

2.2- Par quel type de polymérisation obtient-on ce polymère ?

2.3- Donner les formules semi-développées des monomères qui permettent d'obtenir ce polyester. Nommer le groupe caractéristique (ou fonctionnel) de chacun d'eux.

2.4-

2.4.1- Calculer la masse molaire du motif du polymère donné.

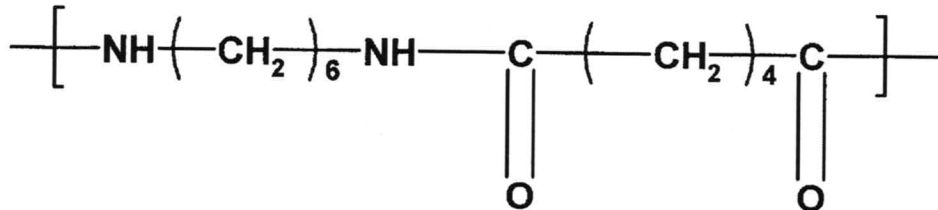
2.4.2- Sachant que la masse molaire moyenne de ce polyester est de  $2600 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , calculer le degré de polymérisation moyen de ce polymère.

Données : masses molaires atomiques (en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) :  $M(\text{C}) = 12$  ;  $M(\text{H}) = 1$  ;  $M(\text{O}) = 16$ .

<b>BTS DESIGN D'ESPACE</b>	<b>Session 2006</b>
<b>Sciences physiques – U. 32</b>	<b>DEPHY</b>
<b>Coefficient : 1,5</b>	<b>Durée : 1 heure 30</b>
	<b>Page : 3/5</b>

# I- LE NYLON 6-6<sup>®</sup> : (9 points)

Les polyamides ont été les premières fibres textiles synthétiques à avoir été fabriquées à l'échelle industrielle. C'est à la société Dupont de Nemours que l'on doit en 1935 le 1<sup>er</sup> d'entre eux : le polyamide 6-6, plus couramment appelé « nylon 6-6<sup>®</sup> ». Il s'agit d'un polymère thermoplastique. Son premier succès commercial remonte en 1940, on l'utilisait alors dans la fabrication des bas. Voici le motif de ce polymère :



1. Donner une définition aux termes suivants :
  - une fibre synthétique ;
  - un polymère thermoplastique.
2. Recopier le groupe caractéristique (ou fonctionnel) présent dans la molécule de nylon 6-6<sup>®</sup> et donner son nom.
3. En raisonnant sur le motif du polymère, retrouver les formules semi-développées des deux monomères ayant été utilisés lors de la synthèse de ce polymère. Pour chaque monomère, entourer et nommer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels).
4. Écrire l'équation de la réaction de polymérisation.
5. Calculer l'indice moyen de polymérisation du nylon 6-6<sup>®</sup> sachant que sa masse molaire moyenne vaut  $15 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

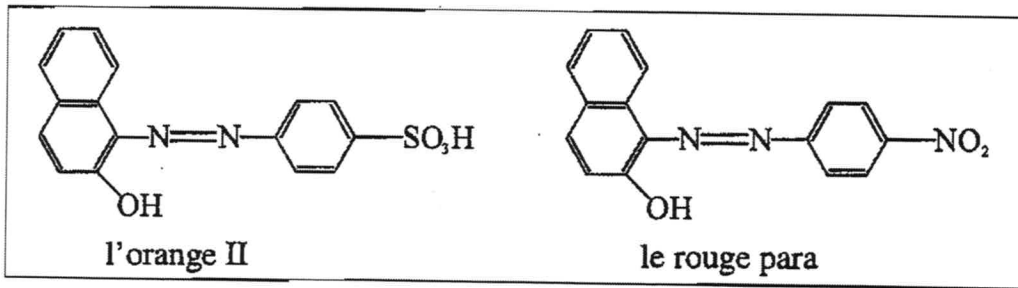
Données : on donne les masses molaires atomiques suivantes, en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  :

$$M(\text{H}) = 1 \quad ; \quad M(\text{C}) = 12 \quad ; \quad M(\text{N}) = 14 \quad ; \quad M(\text{O}) = 16.$$

BTS DESIGN D'ESPACE	Session 2007
Sciences physiques – U. 32	DEPHY
Coefficient : 1,5	Durée : 1 heure 30
	Page : 2/5

### III- COLORANTS ET POLYMÈRE (7 points)

1) On considère deux colorants :

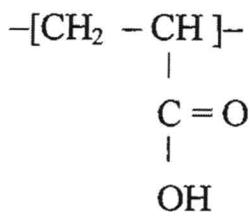


- a- Rappeler la distinction entre pigment et colorant.
- b- L'absorption sélective de la lumière par un corps est due à deux types de groupes : les chromophores et les auxochromes. Donner la définition de chacun d'eux.
- c- Identifier les chromophores et les auxochromes présents dans les molécules des colorants ci-dessus.
- d- Comment peut-on simplement justifier la différence de couleur entre ces deux colorants ?

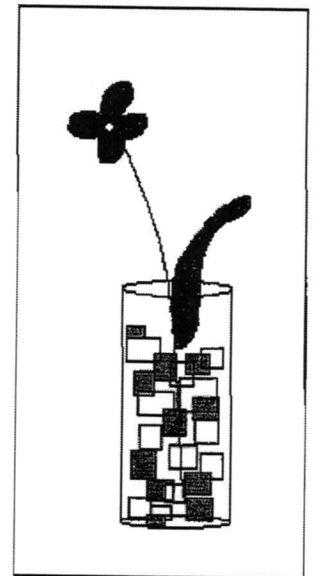
#### 2) L'eau en cubes colorés

On utilise ces deux colorants pour colorer un gel décoratif super-absorbant utilisé pour remplacer l'eau des vases.

Le polymère qui constitue principalement le gel est représenté par son motif ci-dessous :



- a- Donner la formule brute du motif et calculer sa masse molaire.
- b- Ce polymère a une masse molaire moyenne de  $18 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Calculer son indice de polymérisation.
- c- Quel est le nom du groupe caractéristique (ou fonctionnel) présent dans ce motif ?
- d- Quels sont les deux groupes caractéristiques (ou fonctionnels) nécessaires pour synthétiser un ester ?  
En déduire si les colorants ci-dessus (l'orange II et le rouge para) peuvent ou non se fixer au gel en formant un ester.
- e- Écrire l'équation générale d'une réaction d'estérification.



On donne les masses molaires atomiques :

$M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

4

## I- Un nouveau polymère « vert » (14 points)

Les trois parties de cet exercice peuvent être traitées de façon indépendante.

La composition des textiles connaît depuis quelques années une mutation. Le prix aléatoire du pétrole, l'impact écologique de la production et du recyclage ont provoqué un intérêt accru des industries pour les matières premières alternatives et renouvelables.

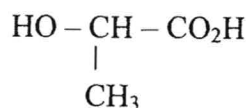
L'une d'elles, le PLA (acide polylactique), est synthétisée à partir de sucre issu du maïs ou de la betterave.

Les industriels fabriquant le PLA le promeuvent auprès des concepteurs de textiles techniques, principalement à l'usage des sportifs. Les études montrent que la fibre présente de nombreux avantages : elle retarde naturellement la flamme, résiste aux taches et aux UV, absorbe peu les odeurs et élimine bien l'humidité. De plus, le PLA possède une autre qualité écologique, il est biodégradable. Cependant, certaines difficultés perdurent au niveau de l'entretien et de la teinture.

### Partie A : synthèse (5 points)

Avant de procéder à la fabrication du PLA, le sucre extrait du maïs est fermenté et transformé en acide lactique qui est le monomère renouvelable de la synthèse du PLA.

L'acide lactique a la formule suivante :



A.1.

A.1.1. Recopier la formule de l'acide lactique, puis entourer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) et les nommer.

A.1.2. Justifier que l'acide lactique peut être polymérisable.

A.2.

A.2.1. Écrire l'équation associée à la réaction de polymérisation du PLA.

A.2.2. Donner le nom et la formule développée du nouveau groupe caractéristique (ou fonctionnel) apparu.

Nommer la famille de composés à laquelle appartient le polymère obtenu.

A.3. Le motif du PLA a pour formule brute  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$ . Le degré moyen de polymérisation du PLA obtenu est  $n = 1\,450$ .

Calculer sa masse molaire moléculaire moyenne.

**On donne les masses molaires atomiques (en g.mol<sup>-1</sup>) :**

$M(\text{C}) = 12$  ;  $M(\text{H}) = 1$  ;  $M(\text{O}) = 16$ .

BTS DESIGN D'ESPACE / DESIGN DE PRODUITS		Session 2009
Sciences physiques – U. 32	DEPHY (BTS DE) / DPE3SC (BTS DP)	Page : 2/6

## Partie B : mise en œuvre et propriétés (3,5 points)

Les fibres d'acide polylactique, comme celles d'autres polymères textiles, sont produites par un procédé d'extrusion.

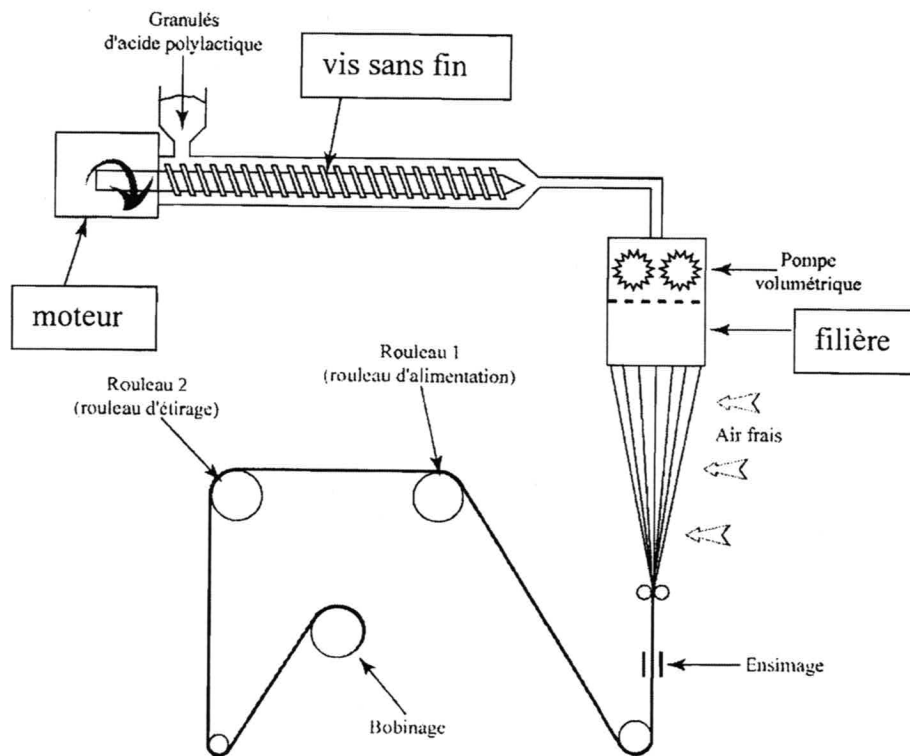
Le polymère est d'abord amené à l'état fondu avant de passer au travers de filières afin de former un multifilament.

La température de transition vitreuse du PLA synthétisé est  $\theta_g = 60\text{ °C}$  avant étirage, sa température de fusion est  $\theta_f = 180\text{ °C}$ .

B.1. Citer les propriétés du PLA qui en font un choix judicieux pour des vêtements dédiés aux sportifs.

B.2. Indiquer le caractère thermoplastique ou thermodurcissable du PLA. Justifier la réponse.

B.3. Le procédé de filage, appelé filage-étirage, est schématisé ci-dessous :



B.3.1. Justifier la nécessité de chauffer le polymère lors du procédé d'extrusion et de filage. Indiquer sous quelle forme se trouve le PLA dans la filière.

B.3.2. L'étirage permet de fixer la température de transition vitreuse du fil de PLA à  $\theta_g(\text{fil}) = 73\text{ °C}$ .

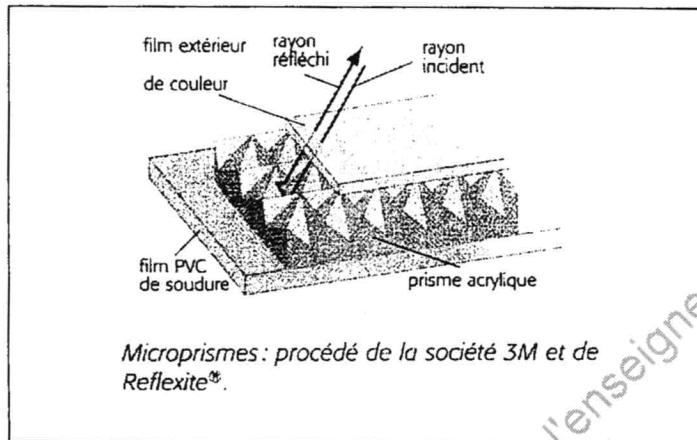
Donner l'intérêt de cette augmentation de la température de transition vitreuse pour le tissu fabriqué avec du fil obtenu par ce process.

## A – DES TISSUS CAPTEURS DE LUMIÈRE (14 POINTS)

Cette terminologie s'applique à toutes les matières capables, en raison de leur structure, de capter l'énergie lumineuse et de la restituer en direction de la source émettrice. Ces matières constituent un élément de protection et de sécurité important qui peut s'appliquer aux tissus.

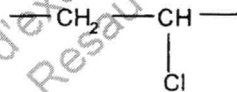
### Principe :

De minuscules prismes acryliques sont soudés sur un film de **PVC (polychlorure de vinyle)** puis un **film de couleur** est posé par-dessus. Le rayon de lumière incident est renvoyé par réflexion vers sa source.



## **I- CHIMIE (7 POINTS)**

1- Le motif du polychlorure de vinyle est le suivant :



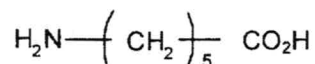
1-1 Par quel type de polymérisation est obtenu le PVC ?

1-2 Écrire la formule semi-développée du monomère et le nommer.

1-3 Calculer la masse molaire moléculaire moyenne d'un polymère de degré de polymérisation moyen 250.

**Données :** masses molaires atomiques (en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) :  $M_{\text{H}} = 1$  ;  $M_{\text{C}} = 12$  ;  $M_{\text{Cl}} = 35,5$ .

2- Le composé de base du film de couleur décrit dans le principe présenté ci-dessus est un polymère réalisé à partir du réactif A suivant :



2-1 Recopier les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) du monomère A et les nommer.

<b>BTS DESIGN D'ESPACE / DESIGN DE PRODUITS</b>	<b>Session 2010</b>
Sciences physiques – U. 32	DEPHY (BTS DE) / DPE3SC (BTS DP) Page : 2/6



2-2 Nommer le type de réaction de polymérisation qui permet d'obtenir ce composé.

2-3 Écrire l'équation associée à la réaction de polymérisation du réactif A.

Écrire et nommer le groupe caractéristique du polymère ainsi formé.

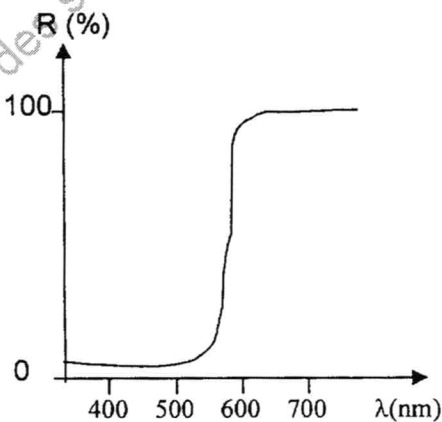
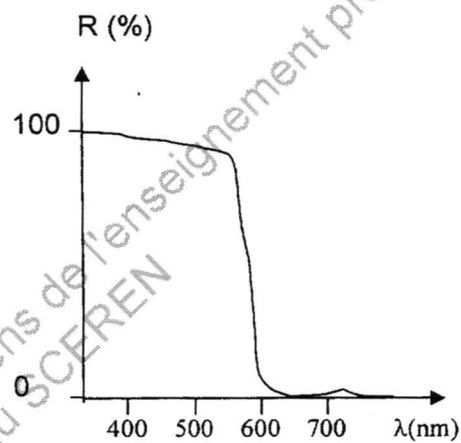
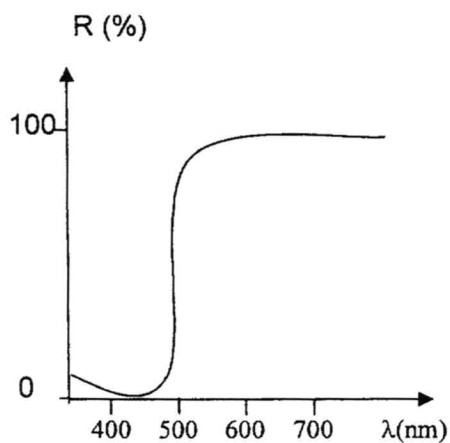
Nommer la famille à laquelle appartient ce polymère.

## II- COULEUR (7 POINTS)

Le film de couleur est teint dans la masse à l'aide de pigments.

1- Préciser de quelle façon agit un pigment pour créer une perception de couleur.

2- On donne la courbe de réflexion spectrale (diffusion) de trois pigments utilisés :



2-1 Donner la couleur de chacun de ces pigments éclairés en lumière blanche. Justifier.

On rappelle l'échelle des teintes perçues :

- de 400 à 500 nm : domaine du bleu ;
- de 500 à 600 nm : domaine du vert ;
- de 600 à 700 nm : domaine du rouge.

BTS DESIGN D'ESPACE / DESIGN DE PRODUITS	Session 2010
Sciences physiques – U. 32	DEPHY (BTS DE) / DPE3SC (BTS DP) Page : 3/6

A.4. À l'aide des données techniques de l'ampoule, exprimer littéralement puis calculer l'efficacité lumineuse  $k$  de cette ampoule.

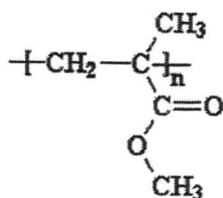
A.5. Citer un type de lampe dont l'efficacité lumineuse est plus élevée.

## Partie B - Étude de la fibre optique (6 points)

Les fibres optiques les plus utilisées pour la réalisation de luminaires d'ambiance sont des fibres optiques non gainées en plastique fabriquées à partir de polyméthacrylate de méthyle PMMA.

Le PMMA ou Plexiglas® est un polymère thermoplastique obtenu par polyaddition. Ce matériau est transparent et possède d'excellentes propriétés optiques, une bonne tenue au vieillissement et aux intempéries.

La formule chimique du PMMA est la suivante :



B.1. Quand peut-on dire qu'un polymère est thermoplastique ?

B.2. Quelle est la formule brute du motif du PMMA ?

B.3. Calculer la masse molaire  $M_0$  de ce motif.

B.4. Sachant que le PMMA est obtenu par polyaddition, retrouver, à l'aide de la formule chimique du polymère, la formule semi-développée du monomère. Nommer ce monomère.

B.5. Sachant que la masse molaire moléculaire moyenne du PMMA est  $M = 120 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ , calculer l'indice ou le degré moyen de polymérisation  $n$  de ce polymère.

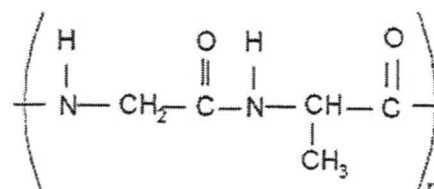
B.6. À l'aide du document 2 de l'annexe (page 6/6), donner deux arguments en faveur de l'utilisation de fibre optique en PMMA plutôt qu'en verre pour la réalisation de ce luminaire en tissu soie et fibre optique.

**Données :** masses molaires atomiques (en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) :  $M(\text{H}) = 1,0$  ;  $M(\text{C}) = 12,0$  ;  $M(\text{O}) = 16,0$ .

## Partie C - Étude de la fibre textile en soie (3 points)

La soie est formée à 65 % de fibroïne, à 25 % de séricine, le reste étant de l'eau ou de la matière minérale. La soie décreusée est formée à 100 % de fibroïne. C'est une macromolécule qui se forme lors d'une réaction de polycondensation entre deux molécules naturelles différentes.

La formule chimique de la fibroïne est la suivante :



C.1. Recopier la formule chimique de la fibroïne, puis entourer le groupe caractéristique (ou fonctionnel) de cette molécule et le nommer.

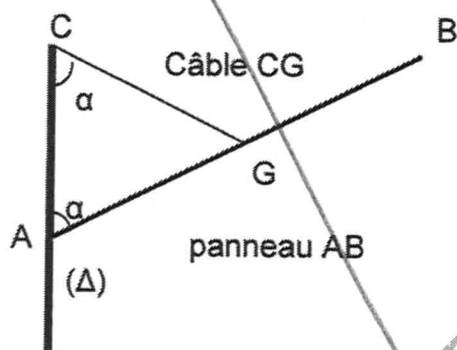
C.2. Sachant qu'au cours de la formation de la fibroïne, il y a également formation de molécules d'eau, retrouver, à partir de la formule du polymère, les formules semi-développées des deux monomères naturels à partir desquels la fibroïne est synthétisée.

## II- Mécanique (6 points)

On réalise l'étude mécanique d'un support d'éclairage pour un stand du salon du prêt à porter. Ce support est un panneau de masse 4,5 kg et de section AB. Il est attaché par une charnière en A à une cloison verticale et forme un angle  $\alpha$  avec celle-ci.

Ce panneau est aussi relié en son centre G à la cloison en C par un câble en acier tel que :  $CG = AG$ .

On a donc  $AC = 2 \cdot AG \cdot \cos \alpha$



Cloison verticale

**Rappel** : dans un triangle rectangle,  $\sin \alpha = \frac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}}$ .

**Les questions 1 et 2 sont indépendantes.**

1. Force  $\vec{F}$  appliquée au câble

L'angle  $\alpha$  est de  $70^\circ$ .

1.1. Faire le bilan des trois forces appliquées au panneau.

1.2. Faire un schéma qualitatif où ces forces seront représentées en ne tenant pas compte de l'échelle.

1.3. Calculer le poids du panneau.

On donne :  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

1.4. Donner les expressions des moments des forces par rapport à un axe ( $\Delta$ ) perpendiculaire en A à la section du panneau.

1.5. Énoncer le théorème des moments.

1.6. En déduire la valeur de la force  $\vec{F}$  appliquée au câble à l'équilibre.

## 2. COLORIMÉTRIE (6 points)

2.1. On donne, en ANNEXE 2 (page 5/5), le diagramme de chromaticité CIE x,y.

2.1.1. Que représente ce diagramme ?

2.1.2. Comment nomme-t-on la partie courbe graduée du contour ?  
Que représente-t-elle ?

2.1.3. Quelle particularité présentent les couleurs se situant sur la droite des pourpres ?

2.2. Une surface colorée est observée sous l'illuminant A de température de couleur 2 800 K.

Placer, sur le diagramme, en ANNEXE 2 (à rendre avec la copie), le point A correspondant à l'illuminant utilisé.

2.3. La couleur de la surface est représentée par le point C de coordonnées  $x = 0,2$  ;  $y = 0,4$ .

2.3.1. Placer le point C sur le diagramme, en ANNEXE 2.

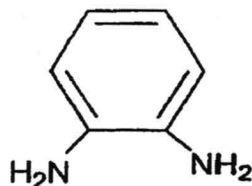
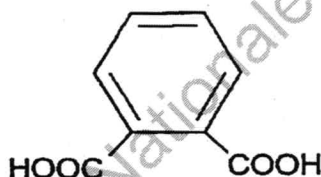
2.3.2. Quelle est sa longueur d'onde dominante ? En déduire sa teinte.

2.3.3. Calculer le facteur de pureté de C.

## 3. POLYMÈRE (6 points)

La fibre NOMEX® est un polymère qui offre une résistance élevée à la chaleur, aux flammes et aux substances chimiques et dispose d'une grande résistance à la rupture et à la déchirure. Il est donc utilisé dans de nombreuses applications et en particulier pour la fabrication des tenues d'intervention des pompiers.

Les monomères utilisés pour sa fabrication sont donnés ci-dessous :



3.1. Recopier les groupes fonctionnels et les nommer.

3.2. Écrire l'équation de la réaction de synthèse du polymère NOMEX®.

3.3. De quel type de polymérisation s'agit-il ? Justifier.

3.4. Entourer le groupe fonctionnel caractérisant le polymère et le nommer.

3.5. Calculer la masse molaire du motif de formule brute  $C_{14}H_{10}O_2N_2$ .

3.6. Sachant que l'indice de polymérisation est de 60, calculer la masse molaire du polymère.

**On donne :**  $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$  et  $M_N = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$ .

## Exercice 1 – Étude de l'enveloppe d'une montgolfière (7,5 points)

Pour fabriquer l'enveloppe d'une montgolfière gonflée avec de l'air chauffé, on utilise un tissu qui doit avoir une bonne résistance à la traction à température élevée. En général on choisit soit des tissus en nylon soit des tissus en polyester.

Dans le tableau ci-dessous sont présentés les avantages et inconvénients des deux types de tissus.

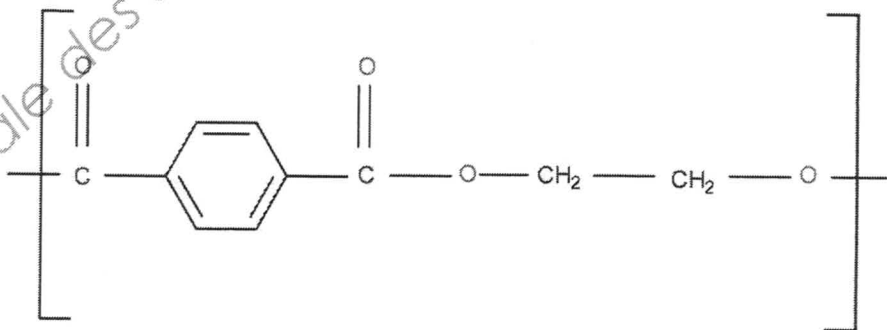
	Avantages	Inconvénients
<b>Nylon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• boucles et nœuds plus résistants ;</li> <li>• meilleure résistance à l'abrasion ;</li> <li>• plus de déformation (le tissu absorbe les chocs) ;</li> <li>• facile à teindre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tissu hygroscopique, se déformant suivant son taux d'humidité ;</li> <li>• baisse de résistance mécanique due à l'humidité ;</li> <li>• moins résistant aux micro-organismes et aux agressions chimiques particulièrement en conditions acides (pluies acides, gaz brûlés).</li> </ul>
<b>Polyester</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meilleure résistance aux UV ;</li> <li>• meilleure réversibilité de déformation ;</li> <li>• meilleure résistance aux dégradations à températures plus élevées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assez difficile à teindre ;</li> <li>• moins de choix de teintures.</li> </ul>

On se propose d'étudier l'enveloppe d'une montgolfière de compétition réalisée en tissu polyester.

1.1. L'emploi du tissu polyester est préféré à celui du tissu nylon pour la fabrication de l'enveloppe de cette montgolfière de compétition.

Citer deux propriétés qui peuvent justifier ce choix.

1.2. Le motif du polymère utilisé pour fabriquer ce tissu polyester est :



On précise que la synthèse de ce polymère produit aussi de l'eau.

1.2.1. Recopier et nommer le groupe caractéristique de ce polymère.

BTS DESIGN D'ESPACE / BTS DESIGN DE PRODUITS		Session 2013
Sciences physiques – U. 32	DEPHY / DPE3SC	Page : 2/5

1.2.2. Écrire les formules semi-développées des deux monomères nécessaires à la fabrication de ce polymère.

Sur chacune des formules, entourer les groupes caractéristiques et les nommer.

1.2.3. Écrire l'équation de la réaction de synthèse de ce polymère et indiquer de quel type de polymérisation il s'agit.

1.2.4. La masse molaire moyenne de ce polymère est de  $288 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Calculer le degré (ou indice) de polymérisation moyen de ce polymère.

**On donne** :  $M_C = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M_H = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

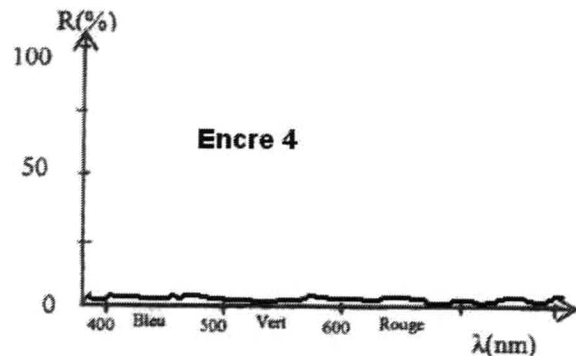
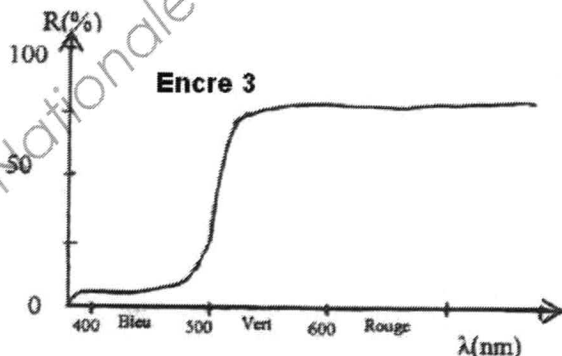
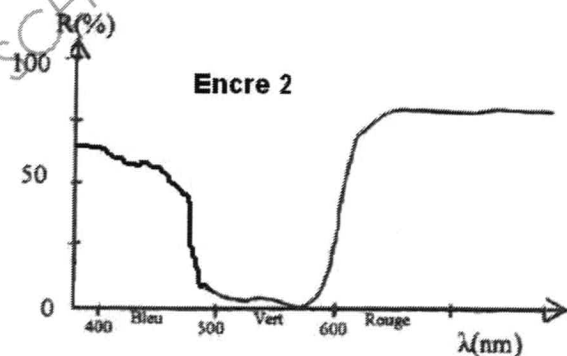
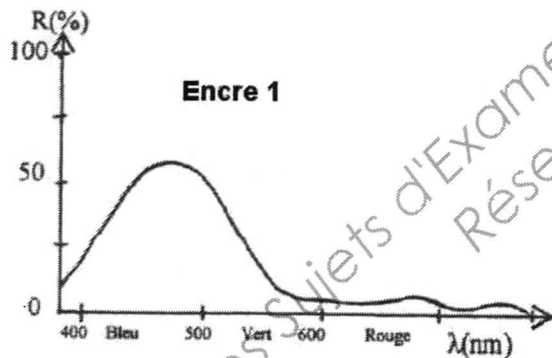
1.2.5. Ce polymère fait-il partie des polymères thermoplastiques ou des polymères thermodurcissables ? Justifier à l'aide de la structure de la molécule.

## Exercice 2 – Impression couleur (6,5 points)

Les imprimantes à jets d'encre utilisent quatre encres différentes.

Le facteur de réflexion de chacune de ces encres notées 1, 2, 3 et 4 est représenté en fonction de la longueur d'onde sur les quatre graphes ci-dessous.

L'axe horizontal est divisé en trois domaines correspondant au rouge ( $\lambda > 600 \text{ nm}$ ), au vert ( $500 \text{ nm} < \lambda < 600 \text{ nm}$ ) et au bleu ( $\lambda < 500 \text{ nm}$ ).



BTS DESIGN D'ESPACE / BTS DESIGN DE PRODUITS		Session 2013
Sciences physiques – U. 32	DEPHY / DPE3SC	Page : 3/5

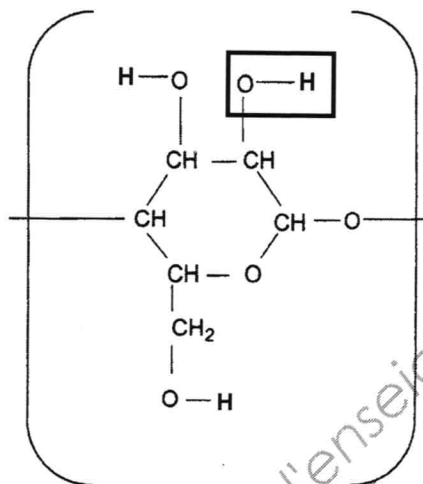
# A – ETUDE D'UN VÊTEMENT DE PLUIE (14 points)

On prévoit de réaliser un vêtement de pluie en utilisant une enduction PVC sur jersey de coton.

## 1. ÉTUDE DES MATÉRIAUX (7 points)

### 1.1. Coton

Le constituant principal du coton est la cellulose, macromolécule dont la formule du motif peut s'écrire :



1.1.1. Indiquer si le coton est une fibre artificielle, une fibre naturelle animale, une fibre naturelle végétale ou une fibre synthétique. Justifier sommairement.

1.1.2. Écrire la formule brute du motif de la cellulose.

1.1.3. Calculer la masse molaire moyenne de la cellulose si on considère que son degré de polymérisation moyen est  $n = 3000$ .

1.1.4. Dans la formule **ci-dessus**, un groupe fonctionnel a été encadré. Donner son nom (ou celui de la fonction correspondante).

### 1.2. PVC

Le polychlorure de vinyle (ou PVC) est obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle (monomère) de formule semi-développée :  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{Cl}$

1.2.1. Rappeler la définition d'un polymère.

1.2.2. Le PVC est-il un matériau artificiel, naturel ou synthétique ? Justifier sommairement.

1.2.3. Écrire l'équation de la réaction de polymérisation.

1.2.4. De quel type de réaction de polymérisation s'agit-il ? Justifier.

### Données :

Masses molaires atomiques :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ .

<b>BTS DESIGN D'ESPACE / BTS DESIGN DE PRODUITS</b>		<b>Session 2014</b>
Sciences physiques – U. 32	Code : DEPHY / DPE3SC	Page : 2/5

## Boucle de sac à dos réalisée avec une imprimante 3D

Une entreprise souhaite réaliser un nouveau prototype de sac à dos. Pour le sac, elle a créé différentes formes de boucles avec un logiciel 3D. Les boucles vont être réalisées avec une imprimante 3D de technologie FDM (Fuse Deposition Modeling) modelant l'objet par déposition de matière en fusion couche par couche de 100  $\mu\text{m}$ . Les matières premières sont des bobines de fil polymère en PLA (Acide PolyLactique) ou en ABS (Acrylonitrile Butadiène Styrene).



<http://www.decathlon.fr>

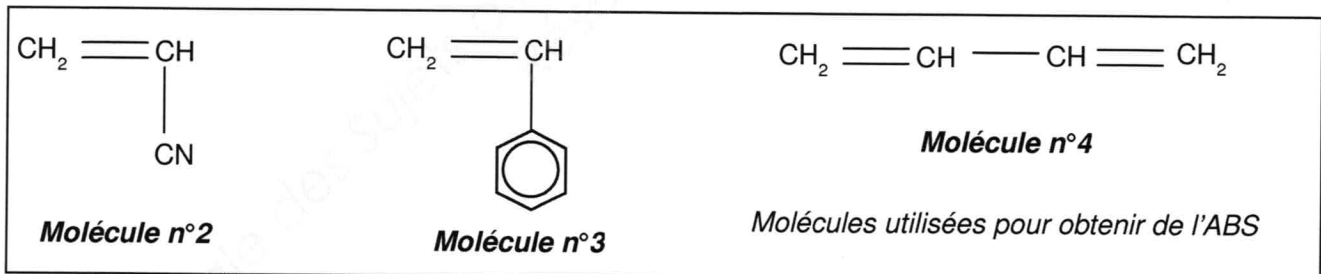
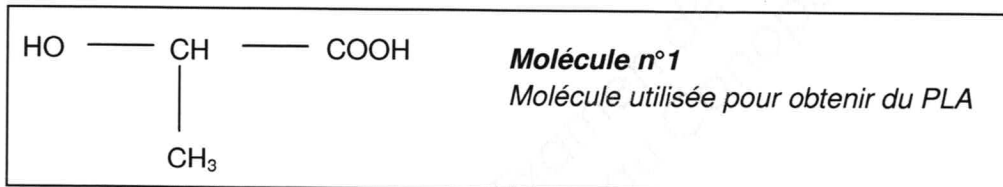


Bobine de fil en PLA  
<http://comelec.fr>

Les trois exercices sont indépendants.

### Exercice 1 - Étude des matériaux pour les boucles du sac à dos (8,5 points)

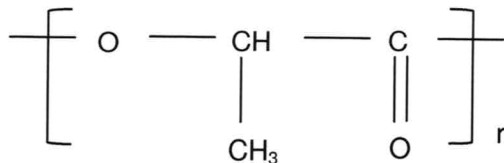
On donne les formules semi-développées des molécules qui permettent de fabriquer les fils en PLA et en ABS :



- En observant les formules semi-développées des molécules 2, 3 et 4, citer une caractéristique commune aux molécules 2, 3 et 4 qui permet une polymérisation et en déduire le type de polymérisation réalisée avec ces molécules.
- Écrire et nommer les groupes fonctionnels présents sur la molécule n°1 et en déduire le type de polymérisation permettant d'obtenir le PLA. Justifier.



3. Le PLA a pour formule semi-développée :



Nommer la famille à laquelle appartient le PLA. Justifier en donnant la formule développée du groupe fonctionnel présent dans le polymère.

4. Écrire l'équation de polymérisation de la molécule n°1 permettant d'obtenir le PLA.

5. Sachant que la masse molaire moyenne du PLA vaut  $M_{\text{PLA}} = 62 \text{ kg.mol}^{-1}$ , calculer le degré de polymérisation moyen  $n$  du polymère.

**Données** : masses molaires atomiques :  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

6. Le tableau suivant fournit des informations techniques comparatives concernant le PLA et l'ABS :

	Matière première	$T_g$	$T_f$	Solubilité	Résistance à la pliure	Résistance aux chocs thermiques
<b>PLA</b>	Betterave sucrière transformée	55 °C	170 °C	Hydrosoluble	Faible	Bonne
<b>ABS</b>	Dérivés du pétrole	105 °C	230 °C	Dans l'acétone	Bonne	Faible

-  $T_g$  : température de transition vitreuse.

-  $T_f$  : température de fusion.

6.1. Indiquer si le PLA et l'ABS sont des thermoplastiques ou des thermodurcissables en justifiant.

6.2. Justifier alors l'utilisation possible de ces matériaux dans une imprimante 3D.

6.3. Les objets imprimés en 3D avec le PLA ou l'ABS sont-ils recyclables ou non recyclables ? Expliquer simplement.

6.4. Préciser, en justifiant, si le PLA et l'ABS sont issus de matières renouvelables.

6.5. Choisir entre le PLA et l'ABS le matériau le plus adapté pour réaliser des boucles de sacs à dos. Expliquer votre choix en vous aidant du tableau ci-dessus.

## EXERCICE 2 – Un t-shirt connecté. (7 points)

Un distributeur propose des T-shirts « connectés » pour différentes applications (loisir, running, yoga...). Ces T-shirts disposent d'un boîtier comportant une puce fixée sur le devant du T-shirt, connectée à une application sur un smartphone.

Ces T-shirts font partie des « smart-textiles »

Un client souhaite acheter un T-shirt pour le running. Il a l'habitude de courir deux fois dans la semaine et prépare une fois par an un marathon.



### 1. Étude de la composition des T-shirts.

Tableau donnant les informations techniques des T-shirts.

Nature du textile des T-shirts	T-shirt n°1 Coton, élasthanne	T-shirt n°2 Polyester, élasthanne	T-shirt n°3 Polyamide, élasthanne	T-shirt n°4 viscose
Indication sur la fiche technique	98 % CO bio 2 % EA	98 % PES 2 % EA	95 % PA 5 % EA	100 % VI
Taux de reprise en humidité	8 %	0,2 %	3 %	15 %

**Sources** : Fashion & Sustainability - Design for Change By Kate Fletcher and Lynda Grose. Logiciel Spin'it Cycleco. [www.crtib.lu/Leitfaden](http://www.crtib.lu/Leitfaden).

Quelle fibre utiliseriez-vous pour fabriquer un tee-shirt destiné aux sportifs ? Justifier.

### 2. Étude de la composition chimique des fibres.

2.1. La fibre principale du T-shirt n°3 est obtenue à partir des monomères donnés ci-dessous.

Recopier les groupes caractéristiques présents sur les deux monomères et les nommer.



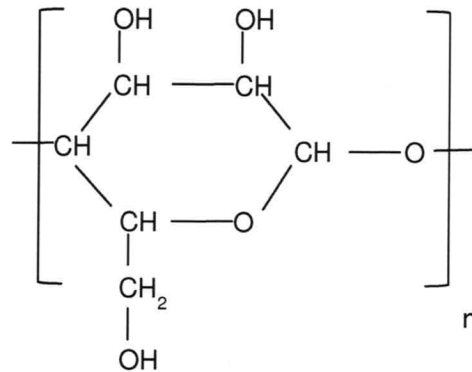
2.2. Écrire l'équation de polymérisation à partir de ces deux monomères.

2.3. Entourer et nommer le nouveau groupe caractéristique présent sur le polymère.

2.4. S'agit-il d'une polyaddition ou d'une polycondensation ? Justifier.

2.5. Le T-shirt n°4 est composé d'une fibre issue de la transformation chimique de la pâte à bois. La macromolécule obtenue a la formule semi développée donnée ci-après.

Calculer la masse molaire moyenne  $M$  de cette macromolécule sachant que le degré de polymérisation moyen est  $n = 200$ .



### Données

Masses molaires atomiques :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

3. En vous aidant du tableau **ci-dessous**, nommer le(s) T-shirt(s) ayant le plus gros impact environnemental du point de vue de la consommation d'énergie. Justifier.

Nature du textile des T-shirts	T-shirt n°1	T-shirt n°2	T-shirt n°3	T-shirt n°4
Énergie électrique nécessaire pour fabriquer l'étoffe du T-shirt	2,5 kWh	3,9 kWh	4,8 kWh	4,3 kWh

### 4. Communication entre le boîtier et le smartphone.

#### Informations sur le boîtier :

- accéléromètre 9 axes : pour la position, l'accélération de l'utilisateur ;
- capteur du rythme cardiaque ;
- capteur de température ;
- connexion bluetooth entre le boîtier et le smartphone ;
- fréquence moyenne bluetooth  $f = 2,4 \text{ GHz}$ .

- 4.1. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  correspondant à la fréquence de communication.

#### Données

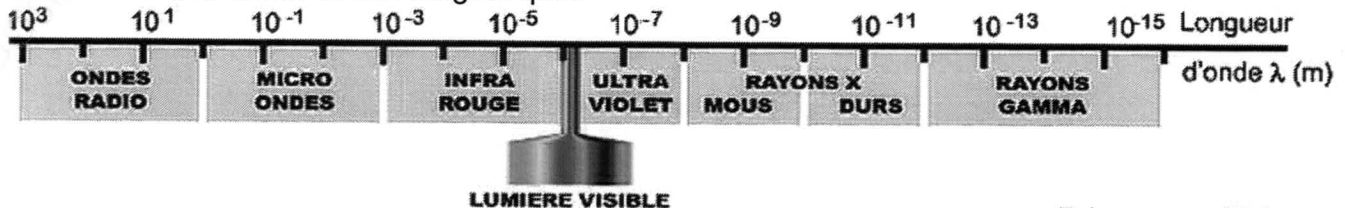
$$c = \lambda \times f \text{ et}$$

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}.$$

- 4.2. Quel type d'onde permet la communication entre le boîtier et le smartphone ?

#### Donnée

Les ondes électromagnétiques



Source : [www.docsciences.fr](http://www.docsciences.fr)

Un designer se propose d'aménager une chambre en y installant une reproduction d'un tableau d'Andy Warhol au dessus d'un lit suspendu tout en privilégiant un éclairage approprié pour la lecture.

### **Exercice 1 – Analyse de la toile d'un tableau (7 points)**

Warhol était un artiste américain et une figure centrale dans le mouvement artistique du Pop Art. Le tableau choisi s'intitule Ten Lizes.



**Ten Lizes, 1963 -**  
Encre sérigraphique et  
peinture à la  
bombe sur toile  
201 × 565 cm  
[www.centrepompidou.fr](http://www.centrepompidou.fr).

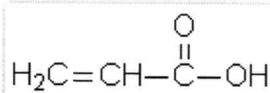
**Données :** masses molaires atomiques en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  
 $M(\text{H}) = 1,00$  ;  $M(\text{O}) = 16,0$  ;  $M(\text{C}) = 12,0$ .

Pour *Ten Lizes*, le peintre a choisi comme support une longue toile horizontale en coton et lin. Le fond est d'une couleur gris aluminium, probablement fait avec des bombes de peinture acrylique.

Les peintures sont essentiellement constituées de pigments, d'un liant et d'un solvant.

Le coton et le lin contiennent de la cellulose.

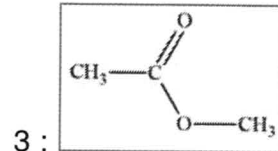
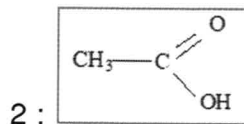
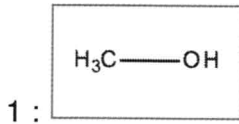
1. Quelle est la différence entre colorant et pigment ?
2. L'acide acrylique (ou acide propénoïque) est le monomère utilisé dans la fabrication des peintures acryliques. Une fois polymérisé, l'acide acrylique sert de liant.  
La formule semi-développée de l'acide acrylique est donnée **ci-dessous** :



- 2.1. Qu'est-ce qu'un « monomère » ?
- 2.2. Écrire l'équation de la réaction de polymérisation.
- 2.3. De quel type de réaction de polymérisation s'agit-il ? Justifier.
- 2.4. Déterminer la masse molaire du motif de l'acrylique.
- 2.5. Le degré moyen de polymérisation du polymère ainsi obtenu est  $n = 2500$ .  
Calculer la masse molaire moléculaire moyenne du polymère.

3. L'éthanoate de méthyle est utilisé comme solvant dans des colles, peintures et nettoyeurs de vernis à ongles. La synthèse de l'éthanoate de méthyle se fait à partir de l'acide éthanoïque et du méthanol.

**Données** : formules semi-développées :




**3.1.** Associer chaque molécule soulignée dans le texte à une des formules semi-développées données **ci-dessus**.

Justifier le choix en précisant le nom du (ou des) groupe(s) caractéristique(s) présent(s) et le nom de la famille associée.

**3.2.** Dans certaines conditions, l'éthanoate de méthyle peut réagir avec l'eau et donner du méthanol et de l'acide acétique (ou acide éthanoïque, un composé présent dans le vinaigre). Les fiches toxicologiques de ces deux composés sont données **ci-dessous**.

Préciser le produit qui présente le plus de risques pour la santé. Justifier.




**MÉTHANOL**

**Danger**

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H331 - Toxique par inhalation
- H311 - Toxique par contact cutané
- H301 - Toxique en cas d'ingestion
- H370 - Risque avéré d'effets graves pour les organes

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.  
200-659-6

---



**ACIDE ACÉTIQUE... (≥ 90 %)**

**Danger**

- H226 - Liquide et vapeurs inflammables
- H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.  
200-580-7

## Exercice 1- Le bois : un matériau du futur (7 points)

Une start-up française a mis au point un bois composite imputrescible, trois fois plus rigide que le bois classique, beaucoup plus résistant au feu et... *translucide* ! La transparence varie selon les essences que l'on utilise (figure 1). L'entrepreneur cible le marché du design mais souhaite se tourner vers le secteur de la construction.

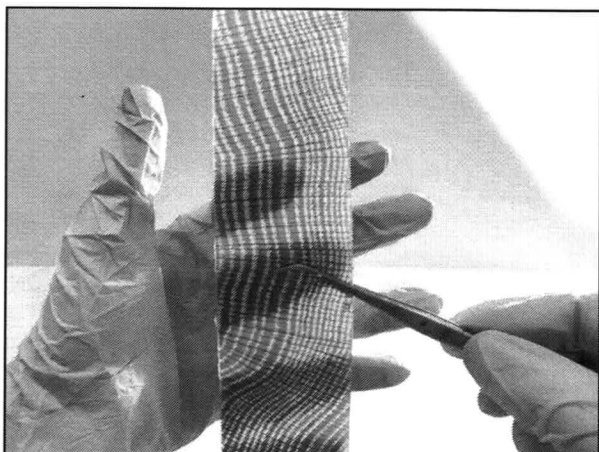


figure 1 – bois translucide

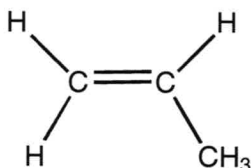


figure 2 – sapin cavités vides (gauche) et cavités pleines (droite)

Le bois est constitué principalement de cellulose (environ 50 %), d'hémicellulose (15 à 25 %) et de lignine (de 20 à 30 %). La lignine est un polymère naturel qui assure la rigidité des plantes. On peut élaborer ce bois translucide par deux procédés légèrement différents.

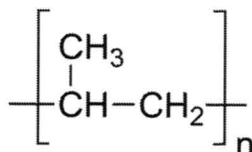
Le premier procédé consiste à dissoudre une grande partie de la lignine, de la remplacer par un monomère qui occupe les cavités vacantes, puis de faire polymériser ce monomère par irradiation. Le polymère créé s'incorpore alors dans la structure de cellulose et de lignine restante (figure 2-droite).

Le monomère utilisé par ce premier procédé est un propylène (propène) biosourcé dont une formule est donnée ci-dessous :



1 – À partir de la formule du monomère, justifier que la réaction de polymérisation est une polyaddition.

Une formule du polymère obtenu est alors :



BTS DESIGN DE/DP		Session 2018
Sciences physiques – U. 32	Code : DEPHY/DPE3SC	Page : 2/7

2 - Calculer la masse molaire du motif  $M_{motif}$  puis en déduire la masse molaire moyenne du polymère  $M_{polymère}$  sachant que l'indice de polymérisation moyen est environ égal à 2 000.

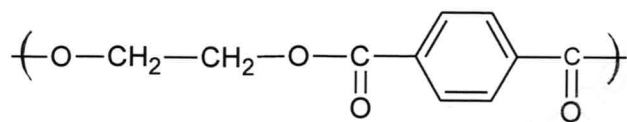
**Données :**

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

Le second procédé consiste à injecter un polymère fondu après dissolution de la lignine.

3 - Le polymère utilisé lors de cet autre procédé doit-il être thermoplastique ou thermodurcissable ? Justifier.

4 - L'entreprise envisage d'utiliser un polyester, le polytéréphtalate d'éthylène (PET), dont une formule semi-développée du motif est donnée ci-dessous.



4.1 – Le PET est-il produit par une réaction de polyaddition ou bien par une réaction de polycondensation ? Justifier.

4.2 - Écrire les formules semi-développées des deux monomères nécessaires à la formation du PET.

5 – Quelques propriétés de différents polymères sont présentées dans le tableau ci-dessous. Préciser quels polymères pourraient être utilisés par ce deuxième procédé, sachant que ce matériau est prévu pour une décoration intérieure.

Nom du polymère	Tv (température de transition vitreuse en °C)	Tf (température de fusion en °C)
polytéréphtalate d'éthylène (PET)	70	245
polysuccinate de butylène (PBS)	-35	115
polytéréphtalate de butylène (PBT)	60	225
acide polylactique (PLA)	60	150

## Exercice 2 - Image numérique d'un matériau innovant (7 points)

Pour réaliser un catalogue de l'entreprise et afin de faire ressortir les détails de la matière d'un bois translucide, le commercial utilise un appareil photo numérique haut de gamme.

La fiche technique de cet appareil photo précise les caractéristiques du capteur BSI-CMOS *Full Frame* : ses dimensions sont 35,6 x 23,9 mm et il délivre des images RVB d'une profondeur de couleur de 8 bits pour chaque composante colorée avec une définition de 8256 x 5504 pixels.

<b>BTS DESIGN DE/DP</b>		<b>Session 2018</b>
Sciences physiques – U. 32	Code : DEPHY/DPE3SC	Page : 3/7