



**ACADÉMIE DE GRENOBLE**  
**Préparation aux Olympiades de la**  
**Chimie**  
**Année 2018 – 2019**  
**CHIMIE dans la VILLE**

**Synthèse du NYLON®**

**I – Une brève introduction au monde des polymères.**

Les matériaux plastiques appelés aussi polymères et/ou matériaux composites jouent un rôle reconnu de premier plan dans notre vie quotidienne.

Le bâtiment et le secteur de la construction en général représentent aujourd'hui le second marché des plastiques en Europe, soit environ 21% de la demande, derrière l'emballage (40%) et devant les transports, principalement l'automobile (8,5%). Le plastique est désormais le troisième matériau le plus fabriqué par l'homme derrière le ciment et l'acier.

Parmi les nombreuses familles de matériaux plastiques disponibles sur le marché, le bâtiment utilise principalement trois grandes familles de polymères : le PVC (polychlorure de vinyle), le PE (polyéthylène) et le PS (polystyrène). D'autres familles de polymères sont également présentes ou en cours de développement comme le PU (polyuréthane), le PP (polypropylène), le PC (polycarbonate), les silicones et les matériaux composites (pour la réalisation de pièces structurelles)

L'intérêt de ces matériaux sont leurs propriétés intrinsèques :

- légers de par leur densité plus faible que celle des matériaux traditionnels comme le verre, le béton ou les métaux
- très bons isolants thermique et phonique. Une mousse de polyuréthane rigide de 1,6 cm d'épaisseur apporte la même isolation thermique que : 134 cm de béton, 15,8 cm de brique très poreuse, 9 cm de bois ou de béton cellulaire.
- Insensibilité à la corrosion. Ils possèdent une grande longévité et assure une excellente tenue dans la durée des réseaux de chauffage, d'eau et de gaz.
- Capacité d'absorber sans déformation permanente beaucoup plus d'énergie que les métaux ...

Leur inconvénient majeur est la difficulté du **recyclage** de ces matériaux. Il est urgent de produire des polymères recyclables et ou récupérables afin de faire cesser (ou de limiter) la pollution de notre **terre**.

Deux approches complémentaires du problème cohabitent : développer les filières et les méthodes de récupération et travailler sur l'élaboration de matériaux recyclables en amont de la production.

**Quelques informations générales sur les polymères**

La nature fabrique des polymères (cellulose, acides nucléiques, caoutchouc naturel...) depuis quatre milliards d'années. L'homme n'en produit que depuis 100 ans et déjà la production annuelle en 2015 dépassait les 380 millions de tonnes.

## 1) Structure et propriétés des polymères

Un **polymère** résulte de l'assemblage, en nombre très élevé, de molécules organiques en général très simples, appelées **monomères**. Ces derniers possèdent des fonctions chimiques particulières comme la double liaison C = C, C = O, ou les fonctions Alcool, Amine, Acide...

On distingue deux types de polymérisation :

### a) Polymères obtenus par polyaddition

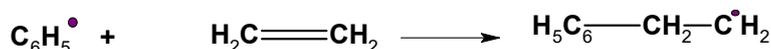
Si le polymère est obtenu à partir de monomères portant une double liaison éthylénique (C = C), la réaction est dite de **polyaddition** : il y a **polymérisation par processus d'addition répétitif**. Les monomères ou molécules de base possèdent des liaisons doubles qui vont s'ouvrir.

La cinétique de la réaction est rapide, celle-ci peut se produire par voie radicalaire ou ionique.

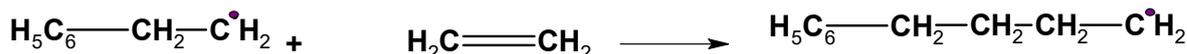
#### Exemple de la synthèse du polyéthylène par voie radicalaire :

Un amorceur est formé au sein du milieu réactionnel (par voie photochimique) :  $C_6H_5^\bullet$

Celui-ci réagit avec l'éthylène selon la réaction suivante :



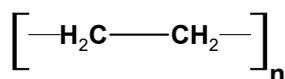
La réaction se propage alors selon l'équation suivante :



Le motif du polymère est la partie de la molécule qui se répète n fois soit :  $-H_2C-CH_2-$

La formule du polyéthylène est donc :

n est appelé le degré de polymérisation.



Par polyaddition, on obtient des polymères dits **thermoplastiques** (ils se ramollissent sous l'action de la chaleur). C'est le cas du polyéthylène (PE), du polychlorure de vinyle (PVC), du polystyrène (PS), du polyacétate de vinyle (PVAC)...

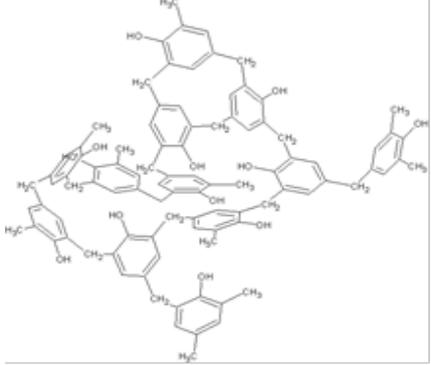
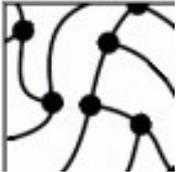
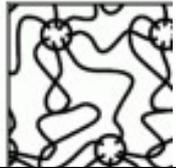
### b) Polymères obtenus par polycondensation

Si le polymère est obtenu à partir de monomères portant des fonctions Alcool, Amine, Acide... la réaction est dite de **polycondensation** : il y a **polymérisation par processus de condensation répétitif**.

Il y a réaction chimique entre deux fonctions différentes et élimination, le plus souvent, d'une petite molécule ( $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $CO_2$  ...). C'est une réaction lente. Elle conduit à des polyamides, des résines, des polyesters...

*L'exemple de la synthèse du NYLON® 6,10 est décrit au III*

Par polycondensation, selon la nature des réactifs mis en jeu, on peut obtenir deux types de polymères : des **thermoplastiques** et des **thermodurcissables** (ils durcissent sous l'action de la chaleur).

Type de polymère	Structure	Exemples
Thermoplastiques	 <p>Enchaînements chimiques sensiblement linéaires</p>	$\left[ \text{--- (H}_2\text{C)}_6\text{---NH---C(=O)---(CH}_2\text{)}_6\text{---C(=O)---NH} \right]_n$ <p>Nylon ® 6,10</p> <p>Et PP, PE, PVC, PS....</p>
Thermodurcissables	 <p>Réseau de liaisons chimiques tridimensionnelles</p>	 <p>Bakélite ®</p> <p>Et aminoplastes, polyesters insaturés, époxydes.....</p>
Elastomères	 <p>Polymère présentant des propriétés élastiques, qui supporte de grande déformations avant rupture.</p>	<p>NR , SBR, BR, EPDM....</p> <p>Le terme de caoutchouc est un synonyme usuel d'élastomère</p>
Elastomères thermoplastiques		<p>TPE styrniques : SBS, SIS, SEBS,...</p>

## 2) Polymères naturels

Parmi les grands polymères du règne végétal, on citera l'amidon, la cellulose, le caoutchouc produit par l'hévéa, le coton ...

Dans le monde animal, les polypeptides constituent les os, la peau, les ongles, la laine, la soie...

Les polymères naturels sont en général hydrophiles. Ils donnent très facilement avec l'eau, des liaisons hydrogène. Il est vrai que l'eau joue un rôle essentiel dans le vivant.

Ils peuvent être obtenus par polyaddition (caoutchouc) ou par polycondensation (cellulose, amidon, ...)

## 3) Polymères de synthèses

Au départ, l'homme a voulu copier la nature. En 1935, les chimistes de la firme américaine « DuPont de Nemours » avaient constaté que la soie était obtenue à partir de trois acides aminés simples.

Ils ont essayé de réaliser cette synthèse industriellement mais ont échoué. Cependant, cette recherche les a

conduit à la fabrication d'un polyamide : le polyamide 6,6 ou Nylon® 6,6; obtenu à partir de deux molécules plus longues :

- L'hexane-1,6-diamine
- L'acide hexane-1,6-dioïque

Aujourd'hui, l'homme réalise :

- par polyaddition : le polyéthylène (PE), le polychlorure de vinyle (PVC), le polystyrène (PS), le polyacétate de vinyle (PVAC), le polybutadiène (caoutchouc artificiel)...
- par polycondensation : les polyamides, le polyuréthane, les polycarbonates, les polyesters, les polyaramides ( Kevlar )...

À l'inverse des polymères naturels, les polymères de synthèses sont plutôt hydrophobes.

#### 4) Quelques exemples de polymères de synthèse et leurs noms commerciaux

<u>Code ISO 1043</u>	<u>Noms commerciaux</u>	<u>Polymère de base</u>
<i>Thermoplastiques</i>		
<u>PMMA</u>	Altuglas, Oroglas, Perspex, Plex, <u>Plexiglas</u>	<u>Polyméthacrylate de méthyle</u>
<u>ABS</u>	Cycolac, Lastilac, Lustran, Novodur, Polyflam, Polyman, Toyolac	<u>Acrylonitrile butadiène styrène</u>
<u>PTFE</u>	Ertaflon, Fluon, Hostaflon, Soreflon, <u>Teflon</u> , Voltalef	<u>Polytétrafluoréthylène</u>
<u>PVC</u>	Darvic, Duraform, Hostalit, Lacovyl, Lucalor, Nakan, Solvin, Trovidur, Vinidur	<u>Chlorure de polyvinyle ou polychlorure de vinyle</u>
<u>PA</u>	Akulon, Altech, Bergamid, Capron, Cristamid, Durethan, Grilamid, Grilon, Ertalon, Latamid, Lauramid, Minlon, Miramid, <u>Nylon</u> , Nypel, Radiflam, Radilon, Rilsan, Schulamid, Staramide, Starflam, Ultramid, Vestamid, Zytel, Technyl	<u>Polyamide</u>
<u>POM</u>	Bergaform, Celcon, Delrin, Hostaform, Kocetal, Ultraform	<u>Polyoxyméthylène</u>
<u>PETP</u>	Arnite, Pocan, Raditer, Rynite	(Poly)téréphtalate de polyéthylène PET= Polyéthylène téréphtalate
<u>PS et PSB</u>	Edistir, Lacqrene, Lustran, Polyflam, Polystyrol, Styron	<u>Polystyrène</u>
<u>PE</u>	Hostalen, Lactène, Lupolen, Stamydan, Supralen, Eltex	<u>Polyéthylène</u>
<u>PP</u>	Appryl, Hostalen, Latene, Moplen, Polyflam	<u>Polypropylène</u>
<u>CA</u>	Rhodoïd, Rhodialite, Cellidor	<u>Acétate de cellulose</u>
<u>PC</u>	Apec, Latilon, <u>Lexan</u> , <u>Makrolon</u> , Panlite, Plaslube, Polyman, Xantar	<u>Polycarbonate</u>
<i>Thermodurcissables</i>		
<u>PF</u>	Bakélite, Toile bakéalisée (celoron), Papier bakéalisé, Bois bakéalisé, Tufnol	<u>Phénoplaste</u>
<u>EP</u>	Araldite, Devcon, Epikote	<u>Époxydes</u>
<u>UP</u>	Formica	<u>Polyester</u>
<u>PUR</u>	Baydur, Bayflex, Baygal, Lycra, Spandex	<u>Polyuréthane</u>

## II - Un réactif de la synthèse du NYLON® : l'acide hexanedioïque

L'acide hexanedioïque (acide adipique) est l'un des réactifs intervenant dans la synthèse des polyamides (nylons). C'est donc une molécule fréquemment rencontrée en industrie chimique.

Dans cette préparation, on réalise l'oxydation de la cyclohexanone par l'ion permanganate en milieu basique, l'ion permanganate est alors réduit en dioxyde de manganèse.

### DONNEES

	Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	Propriétés physiques	Sécurité
Cyclohexanone	98,1	d = 0,947 pureté : 98 % en masse T <sub>fusion</sub> = -32,1 °C Tébullition = 156 °C	 Nocif par inhalation
Permanganate de potassium	158,0		 Nocif par ingestion
Hydroxyde de sodium	40,0		
Acide hexanedioïque (ou acide adipique)	146,1	d = 1,36 T <sub>fusion</sub> = 152°C	 Nocif par ingestion et inhalation. Eviter le contact avec les yeux
Acide chlorhydrique			
Sulfite de sodium Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	126	T <sub>fusion</sub> = 600 °C	 Nocif par ingestion

### MODE OPERATOIRE

- Dans un ballon bicol (ou tricol) de 250 mL, muni d'un système d'agitation et d'un réfrigérant, introduire **22 g de permanganate de potassium, 7 g de cyclohexanone et 200 mL d'eau.**
- Mettre en route l'agitation et chauffer au bain-marie. Lorsque le bain-marie atteint une température d'environ 60 °C, ajouter 3 mL de solution d'hydroxyde de sodium à 10% (2,5 mol/L) en ouvrant le montage.
- Maintenir l'agitation et la température du bain-marie à 70 °C pendant 30 minutes. Prévoir un peu d'eau glacée à ajouter au bain-marie au cas où sa température soit trop importante.
- Remplacer le bain-marie par de l'eau froide.
- Enlever le réfrigérant. Préparer 25g de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> solide. Ajouter environ 1 g de ce sulfite dans le milieu. Acidifier le milieu par ajout d'HCl concentré (pH < 4). Ajouter par petites portions (environ 2g) le sulfite, en contrôlant un éventuel dégagement gazeux (SO<sub>2</sub>). Ajuster périodiquement le pH par ajout d'HCl concentré (pour éviter d'introduire trop d'eau dans le milieu) (pH < 4). On observe une dissolution

progressive du précipité brun-noir de  $\text{MnO}_2$ . Arrêter l'addition de sulfite dès que le milieu devient limpide (on observe une coloration rose très ténue caractéristique des sels de  $\text{Mn}^{2+}$ ). Acidifier le milieu jusqu'à  $\text{pH}=1$ . Plonger le ballon dans la glace sous agitation. Il se forme un précipité blanc d'acide adipique, contaminé par des sels inorganiques.

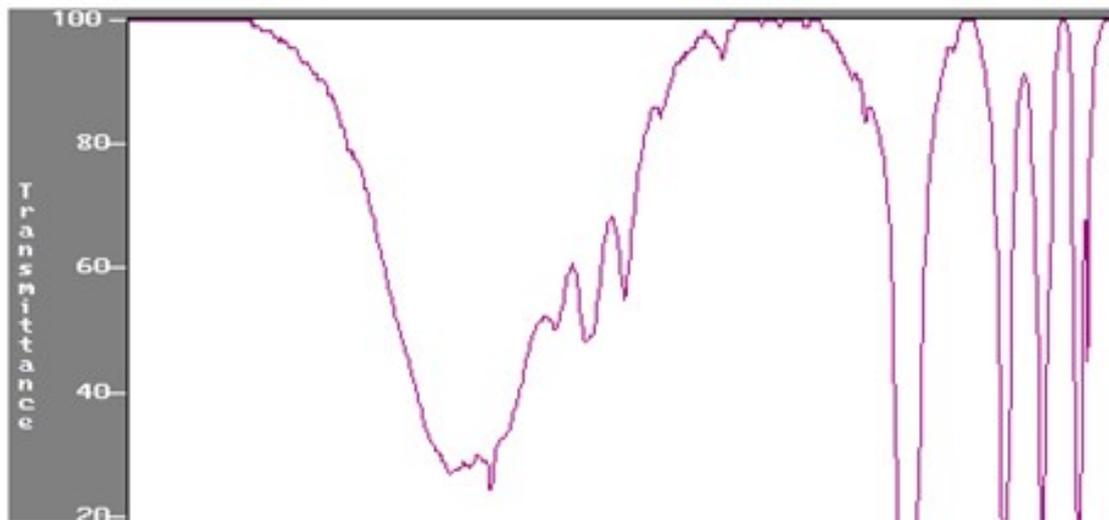
- Filtrer sur Büchner. Essorer à la spatule. Laver le solide par 20mL d'eau froide (en 2 fois).
- Peser puis effectuer une recristallisation du produit brut en utilisant l'eau comme solvant (on peut accélérer la recristallisation en refroidissant dans la glace).
- Placer le produit pur obtenu dans l'étuve ( $100\text{ }^\circ\text{C}$ ). Peser le produit pur sec.
- Contrôle de pureté : Déterminer la température de fusion du produit pur. Conclusion.

## QUESTIONS

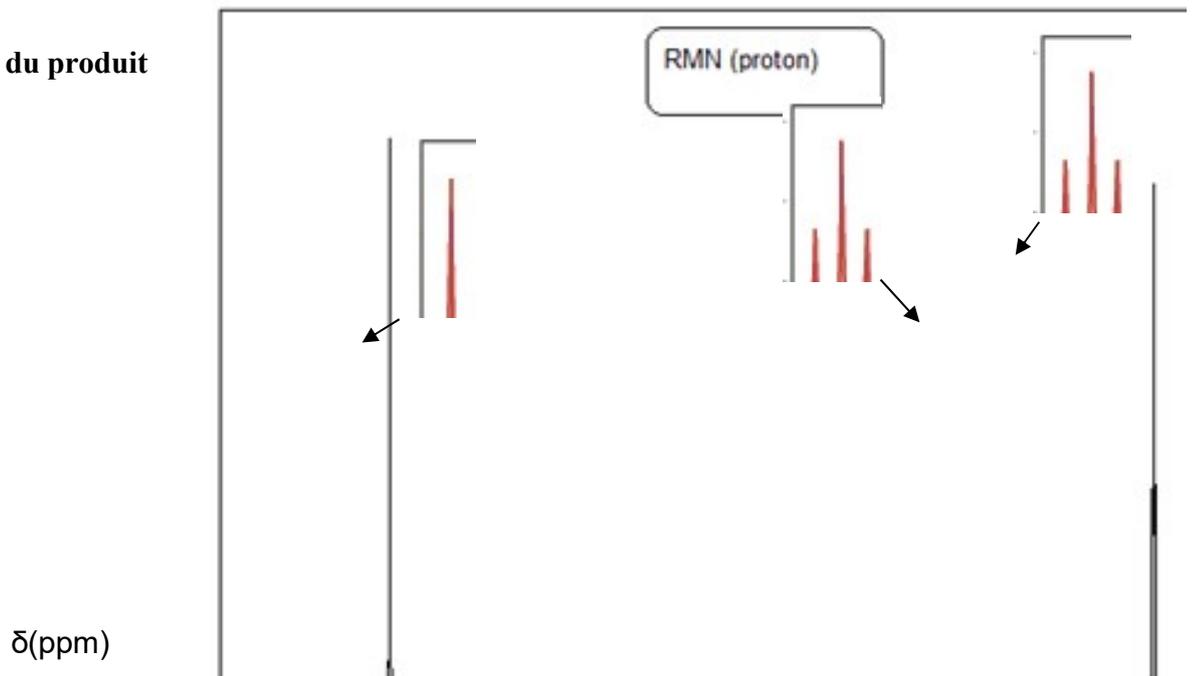
1. Donner les formules semi-développées de la cyclohexanone, de l'acide hexanedioïque (adipique) et de l'ion hexanedioate (adipate).
2. Écrire la demi-équation électronique, en milieu basique, du couple ion permanganate / dioxyde de manganèse. (faire intervenir uniquement  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{HO}^-$ )  
*Coup de pouce : équilibrer en milieu acide puis transposer en milieu basique.*
3. Écrire la demi-équation électronique, en milieu basique, du couple ion hexanedioate / cyclohexanone.
4. En déduire l'équation de la réaction d'oxydation de la cyclohexanone par l'ion permanganate
5. À l'aide d'un tableau d'avancement, identifier le réactif limitant et déterminer la masse théorique d'acide hexanedioïque que l'on peut espérer obtenir.
6. Calculer le rendement en produit brut sec.
7. Quel est le rôle du chauffage à reflux ?
8. Donner la nature du précipité brun obtenu.
9. Expliquer le rôle du sulfite de sodium ( $2\text{Na}^+ + \text{SO}_3^{2-}$ ) utilisé. Ecrire l'équation de la réaction. Couple en jeu :  $\text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_3^{2-}$ .
10. Expliquer le rôle de l'acide chlorhydrique en donnant l'équation bilan de la réaction qui le met en jeu.
11. Pourquoi refroidir le milieu réactionnel ? Pourquoi rincer le solide à l'eau glacée ?
12. La recristallisation est une méthode de purification des solides. Quelles sont les impuretés que l'on cherche à éliminer lors de la recristallisation ?
13. On réalise les spectres IR et de RMN du produit obtenu. Montrer que ceux-ci sont en accord avec le produit attendu.

## **Spectres IR et de RMN du produit synthétisé**

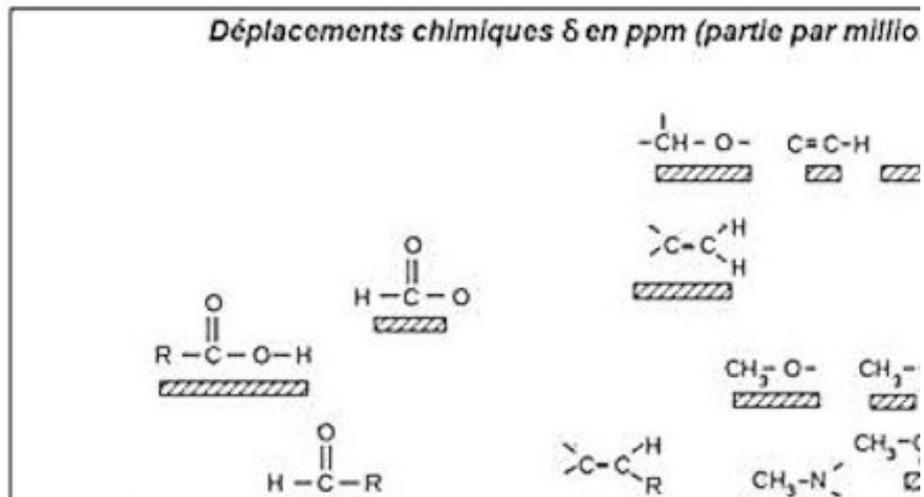
**SPECTRE INFRA-ROUGE**



**Spectre de RMN du produit synthétisé :**



**Extrait de tables de données RMN**



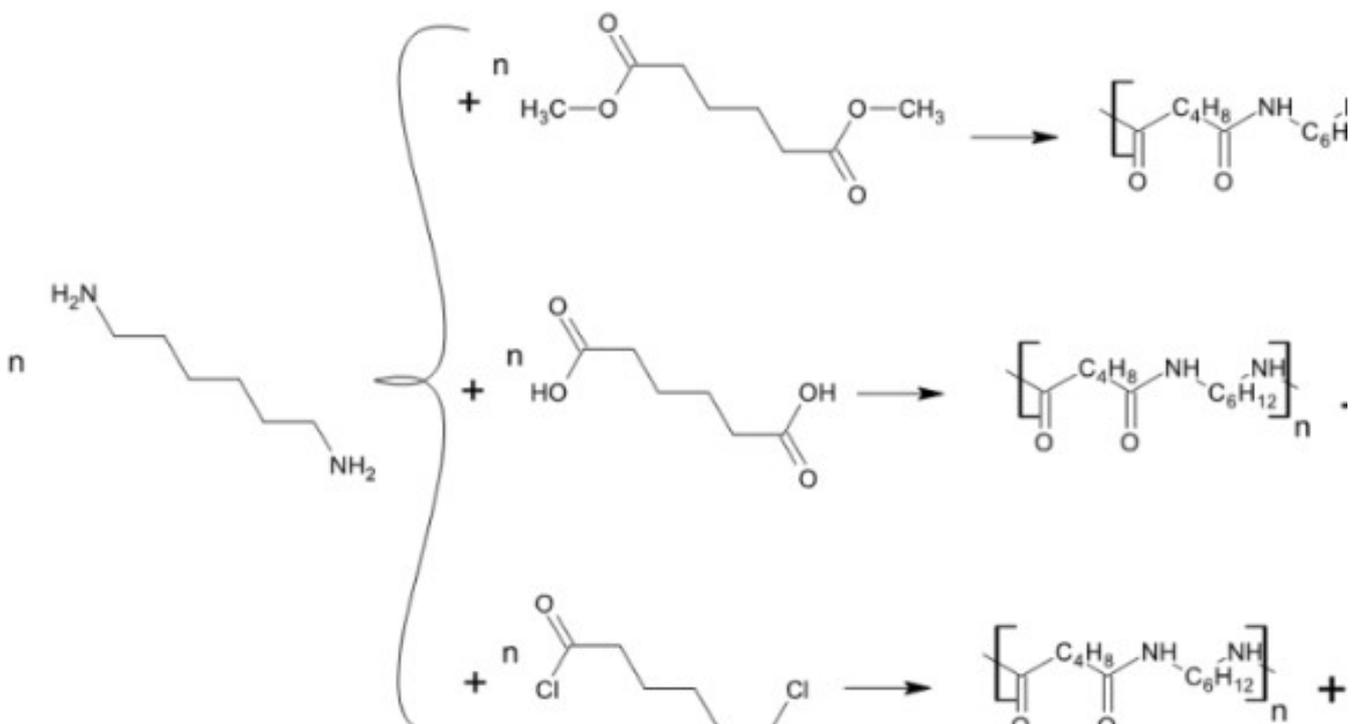
Extrait table de données IR

liaison	nombre d'onde ( $cm^{-1}$ )	fc
O-H lié	3200 - 3600	for
C-H (carbone trigonal)	3000 - 100	1
C-H (carbone tétragonal)	2800 - 3000 1415 - 1470	
C-H (aldéhyde )	2700 - 2900	1
C=O (ester)	1700 - 1740	
C=O (aldéhyde et cétone)	1650 - 1740	
C=O (acide)	1680 - 1710	

**II - La synthèse du NYLON® 6,10**

Le nylon est un polyamide obtenu par polycondensation d'un diacide carboxylique et d'une diamine mais il est également possible de l'obtenir en faisant réagir une diamine avec du dichlorure de sébacoyl (expérience ci-après) ou avec de l'adipate de diméthyle.

Il existe plusieurs types de nylon différents par le nombre de carbone séparant les deux fonctions amide : les nylon 6, 6-4, 6-9,6-10, 11 et 12.



Le nylon 6,10 est obtenu à partir des deux monomères suivants :

- le di chlorure de sébacoyl ou 1,10-dichlorodécandioyl de formule :  $\text{Cl}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_8-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$
- l'hexane-1,6-diamine de formule :  $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$

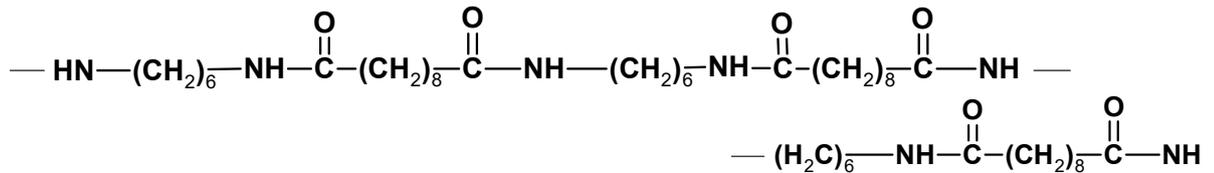
**Réaction de condensation :** c'est la réaction entre le chlorure d'acyle et la fonction amine :



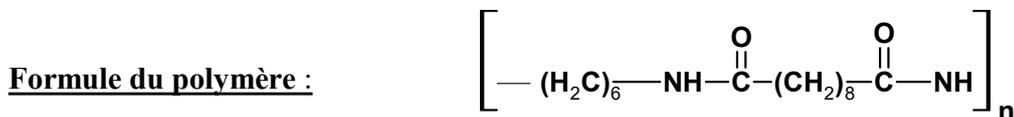
Le groupement  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-$  correspond à la fonction amide.

**Réaction de polycondensation :**

La réaction précédente a lieu aux extrémités des monomères :



Le motif du polymère est la partie du polymère qui se répète  $n$  fois soit :



**Protocole opératoire :**

**Sécurité :** Eviter le contact avec le chlorure d'acide et la diamine.

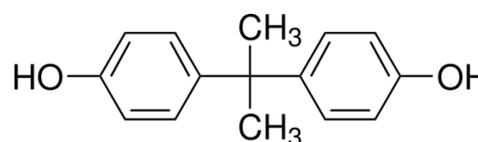
N'oubliez pas les gants

- Dans un bécher de 150 mL, introduire 20 mL d'une solution organique de chlorure de sébacyle dans le cyclohexane (flacon sur la paillasse : composition 1 mL de dichlorure de sébacoyl pour 20 mL de cyclohexane).
- Dans un deuxième bécher de 150 mL, introduire 20 mL d'une solution aqueuse d'éthylène diamine ( flacon sur la paillasse : composition : 1 g d'éthylène diamine pour 20 mL d'eau).
- Verser 5 mL environ de solution aqueuse dans un petit bécher sans mouiller les parois et éventuellement les essuyer.
- Ajouter très lentement le même volume de solution organique en évitant le mélange des deux phases afin d'avoir une interface nette.
- A l'aide d'un cure-dents, saisir le film se formant à l'interface et enrouler le fil obtenu sur la baguette de verre au fur et à mesure de sa formation. On a obtenu des fils de NYLON®.

## Si vous êtes intéressés... Poursuivez !!!

### • Le polycarbonate

1. L'industrie automobile utilise les polycarbonates pour les lentilles antigraffes et pour les blocs optiques. Ceux-ci ont les propriétés d'être transparents, solides, résistants au vieillissement et recyclables.
  - a. Donner la formule de l'ion carbonate, puis de l'ion hydrogencarbonate.
  - b. Quelle est la formule semi-développée de l'acide carbonique, acide conjugué de l'ion hydrogencarbonate (l'acide carbonique n'existe pas à l'état libre).
  
2. Le polycarbonate tient son nom des groupes carbonates de la chaîne principale. On l'appelle polycarbonate de bisphénol A parce qu'il est produit à partir du bisphénol A (molécule A, formule ci-dessous) et de l'acide carbonique (molécule C).



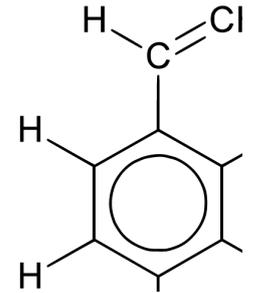
- a. Quelle(s) fonction(s) chimique(s) comporte la molécule A ?
  - b. Écrire l'équation chimique de la réaction entre deux molécules A et une molécule C (on écrira  $A + C + A = \dots$ )
  - c. De quelle réaction s'agit-il ?
  - d. En déduire quel le motif du polycarbonate.
  - e. Est-ce une polyaddition ou une polycondensation ? Justifier.
  - f. Quelle est l'abréviation du polycarbonate ?
- 
3. En fait, l'acide carbonique est remplacé par un chlorure d'acyle.
    - a. Pour quelle(s) raison(s) ?
    - b. Quelle est la formule du dichlorure de l'acide carbonique ? Ce dichlorure est connu sous le nom de phosgène.

### • Le kevlar

- 1) Le kevlar fut découvert 1965 par des chercheurs de la société DuPont mais il fallut attendre 1971 pour que les premiers kilos de kevlar soient fabriqués. Le kevlar est un polyamide ; sa synthèse est réalisée à partir de l'acide téréphtalique (ou acide benzène-1,4-dioïque) et le 1,4-diaminobenzène.
  - a) Représenter la fonction amide.
  - b) Donner la formule semi développée des deux monomères utilisés pour synthétiser le kevlar.
  - c) Écrire l'équation chimique de la réaction qui se produit entre une molécule d'acide téréphtalique et une molécule de 1,4-diaminobenzène.
  - d) Écrire l'équation chimique de la réaction entre n molécules d'acide téréphtalique et n molécules de 1,4-diaminobenzène.
  - e) Il s'agit d'une réaction de polycondensation : justifier.

f) Quel est le motif du kevlar ?

- 2) La masse molaire d'un échantillon de kevlar est égale à  $21 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$  : quel est le degré de polymérisation de cet échantillon ?
- 3) Le kevlar est utilisé dans les coques et les voiles de navires, les ailes d'avions. Citez une autre de ses applications.

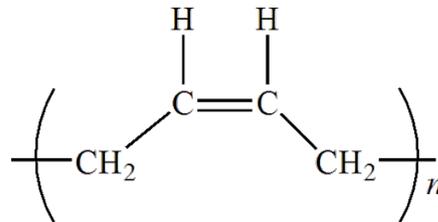


### • Le SBS

Le poly(styrène-butadiène-styrène) ou SBS est un caoutchouc dur dont les constituants sont le polystyrène et le polybutadiène.

- 1) Comment nomme-t-on un polymère constitué d'au moins deux monomères différents ?
- 2) Le styrène a pour formule développée :
  - a) Quel est le motif du polystyrène ?
  - b) Le PS est-il un polymère thermoplastique ou thermodurcissable ? Justifier.

3) Le polybutadiène a pour formule :



- a) Donner la formule semi-développée et le nom du monomère.
  - b) Le polybutadiène peut-il être réticulé ? Justifier.
  - c) Le polybutadiène reste stable aux basses températures mieux que d'autres polymères. Citer des applications du polybutadiène.
- 4) Dans le SBS, le premier segment est une longue chaîne de PS, le segment du milieu est une longue chaîne de polybutadiène et le dernier segment est une longue chaîne de PS.
- a) Donner la formule générale du SBS en sachant que l'alcène obtenu est de configuration Z.
  - b) Quel(s) segment(s) rende(nt) le SBS dur ? Pour quelle raison ?
  - c) Quel(s) segment(s) rende(nt) le SBS élastique ? Pour quelle raison ?
  - d) Donner une application du SBS.

### **Matériel individuel**

Gants, lunettes  
Ballon de 250 mL (bicol ou tricol avec bicol ou tricol avec un ou deux bouchons)  
Agitateur magnétique chauffant (ou agitateur mécanique + chauffe-ballon)  
Réfrigérant à boules + tuyaux  
Pied de chimie avec pinces  
Thermomètre de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Cristalliseur en pyrex ou métallique  
Cristalliseur en verre  
Support élévateur  
Valet  
Entonnoir à solide  
Entonnoir à liquide  
Éprouvette de 10 mL  
Éprouvette de 25 mL  
Éprouvette de 200 mL  
Büchner avec joint et filtres ronds  
Fiole à vide + pied de chimie avec pince + trompe à eau + tuyaux  
Bécher de 500 mL  
Baguette en verre  
Pipette de 10 mL + poire d'aspiration  
Pipettes plastiques (jetables)  
Spatule  
Grand morceau de papier filtre  
Petit morceau de papier filtre  
Rouleau de papier pH universel  
Verre de montre ou plateau pour tests de pH + en verre baguette verre  
Coupelle en verre  
Stylo feutre

### **Matériel en commun**

Étuve (réglée à  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  
Balance au 1/100 g  
(Banc Kofler)  
Glace  
Eau distillée

### **Réactifs par groupe**

Cyclohexanone (7 g, flaconné en récipient teinté)  
Permanganate de potassium solide : 22 g (petit pot en verre fermé)  
Solution d'hydroxyde de sodium à 10 % (: environ 20 mL (flacon bouché)  
Sulfite de sodium : environ **30 g** (petit pot de verre fermé)  
Acide chlorhydrique très concentré ( $d = 1,18$ ) : 40 mL (dans un flacon bien fermé sous hotte)

**MATERIEL : Synthèse du NYLON® 6,10**

### Matériel individuel

Gants, lunettes  
2 béchers de 150 mL  
1 bécher de 100 mL  
Une baguette en verre  
Un cure-dent

### Réactifs

#### *Kit Synthèse du Nylon (voir notice jointe) ou*

Solution aqueuse d'éthylène diamine (1g pour 20 mL d'eau) colorée avec quelques grains de fluorescéine. 20 mL en flacon fermé.

Solution de chlorure de sébacyle dans le cyclohexane (1 mL dans 20 mL de cyclohexane). 20 mL en flacon fermé.



