

# LC 3 – POLYMÈRES

15 juin 2019

Lagoin Marc & Ramborghi Thomas

## Niveau : Lycée

### Commentaires du jury

- Aucun commentaire dans le book ...

### Bibliographie

- *Physique Chimie (Nathan)*, **Jean-Luc Azan** Pour la construction du cours et suivre le programme
- *La chimie expérimentale*, **JFLM** pour la synthèse du nylon

### Prérequis

- Liaisons chimiques
- Formule de Lewis et géométrie d'une molécule
- Groupes caractéristiques
- Calcul d'une masse molaire

### Expériences

- ☞ Synthèse du Nylon
- ☞ Synthèse et dissolution d'un polymère biodégradable

### Table des matières

1	Classement et définition d'un polymère	2
2	Synthèse d'un polymère	3
3	Propriétés et recyclage des polymères	4

## Introduction

De nos jours les polymères se retrouvent de partout autour de nous qu'il s'agisse d'un tube de PVC (polychlorure de vinyle), d'un maillot de bain, d'un morceau de film plastique, d'un pneu de voiture ou d'une bouteille d'eau. Nous remarquons à travers tous ces exemples que cette classe de matériaux regroupe des objets aux propriétés très différentes : certains sont élastiques et d'autres rigides, certains semblent avoir de la finesse comme un foulard en soie, d'autres nous permettent d'avoir chaud comme un pull en laine et d'autres permettent de nous protéger de la pluie en étant imperméable et permettent en même temps l'évaporation de la transpiration. Quel sont donc leurs points communs et quelle définition pouvons nous donner à un polymère ? Comment sont-ils synthétisés ? Et enfin avec les nouveaux enjeux auquel nous sommes confrontés, pouvons nous les recycler ?

## 1 Classement et définition d'un polymère

Nous n'avons évoqué ici que des matériaux artificiels ou synthétiques qui sont obtenus par transformation chimique d'une matière première naturelle (ex : cellulose  $\rightarrow$  fibres de viscose utilisées pour les vêtements ou les toiles tapissant les pneus) ou à partir de pétrole (ex : nylon utilisée en industrie textiles mais également pour le moulage de certaines pièces dans l'industrie automobile) mais il existe des polymères d'origine naturelle comme la laine, la soie, le lin ou le chanvre.

La définition d'un polymère est la suivante : il s'agit de la répétition d'un grand nombre de motifs identiques ; ces derniers étant eux même formés par l'enchaînement d'une ou de plusieurs molécules appelées monomères.

Nous allons prendre l'exemple du nylon afin de montrer à quoi ressemble le motif et les monomères associés. Sa formule développée est donnée en figure 1.

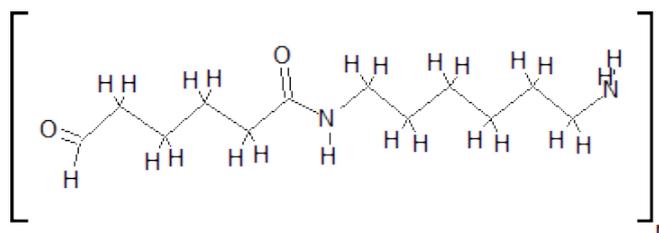


FIGURE 1 – Formule développée du nylon réalisé grâce au logiciel ChemSketch.

Les monomères associés sont l'acide hexanedioïque et l'hexane-1,6-diamine que nous pouvons voir en figure 2.

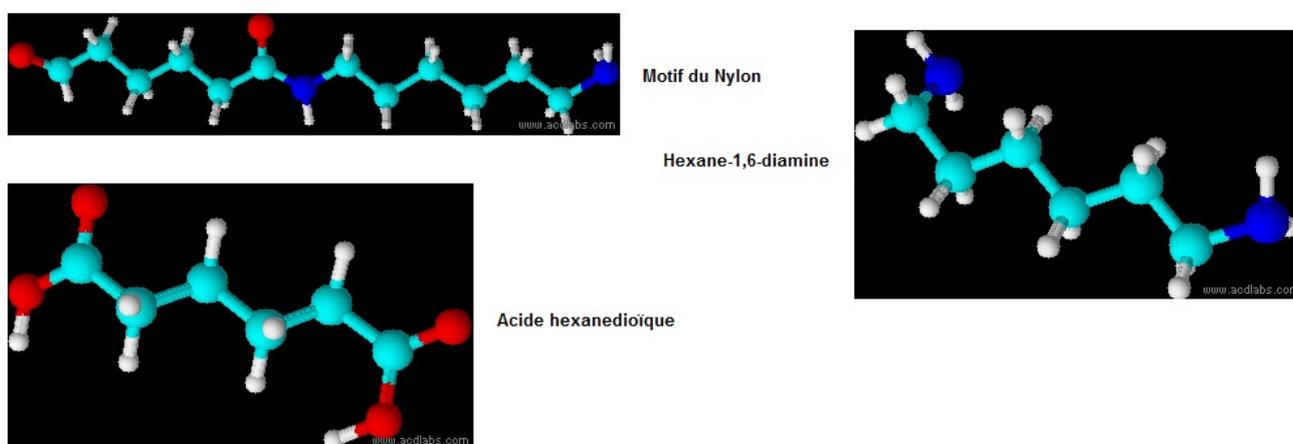


FIGURE 2 – Représentation du motif et des monomères du nylon réalisé grâce au logiciel ChemSketch.

Un polymère s'écrit sous la forme  $(motif)_n$  avec  $n$  le nombre de motifs contenu dans une chaîne. Il est généralement compris entre quelques centaines et quelques milliers. Ce nombre n'est pas fixe pour un matériau donné et nous devons définir une quantité moyenne que nous appellerons degré de polymérisation (DP). Il est donc obtenu par la relation :

$$DP = \frac{\text{masse molaire moléculaire moyenne du polymère}}{\text{masse molaire d'un motif}} \quad (1)$$

Le degré de polymérisation du Nylon est de 533.

## 2 Synthèse d'un polymère

Maintenant que nous avons vu la définition d'un polymère, nous pouvons nous intéresser à sa synthèse à partir des monomères associés. Comment se lie-il entre eux ? Par l'intermédiaire de leurs groupements caractéristiques. La réaction associée est appelée réaction de polymérisation.

Nous distinguons :

- les polymérisations par addition dans lesquelles les monomères sont des composés organiques possédant une double liaison carbone-carbone en bout de chaîne. Cette dernière s'ouvre alors, leur permettant de se lier ainsi les un aux autres par création de liaison covalente.

Nous pouvons citer comme exemple de polymère créée par polymérisation par addition le polystyrène dont l'addition des premiers éléments est illustré en figure 3.

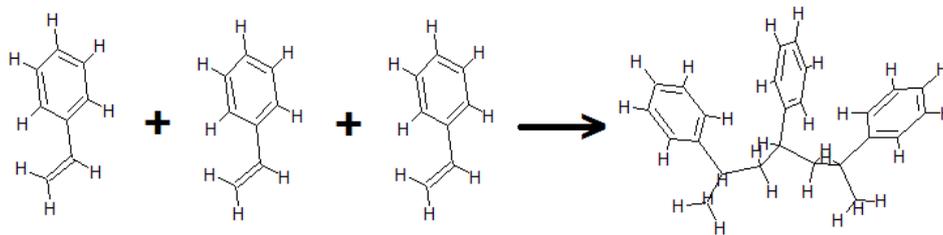


FIGURE 3 – Schéma représentant l'addition des premiers monomères (styrène) formant le polystyrène réalisé grâce au logiciel ChemSketch.

Des exemples d'utilisations du polystyrène sont : les boîtiers de CD, les couverts et verres en plastique, les emballages alimentaires, les emballages des appareils fragiles et l'isolation thermique.

- les polymérisations par condensation qui unissent 2 monomères et libèrent par la même occasion une petite molécule comme l'eau par exemple. La réalisation de ce processus peut se faire via deux réactions :
  - la réaction d'estérification entre un diacide carboxylique et un diol.

La formule générale est donnée en figure 4.

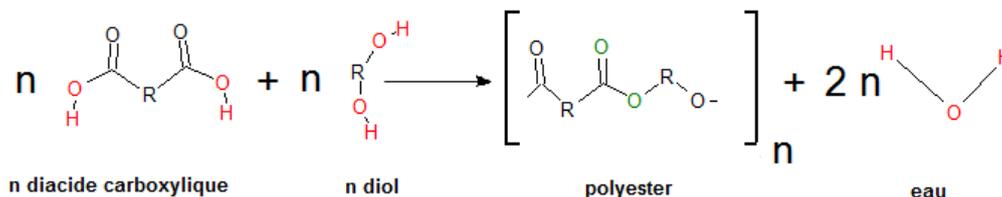


FIGURE 4 – Schéma général représentant d'un polyester créée à partir de ChemSketch.

- la réaction de formation d'un amide entre un diacide carboxylique et un diamine.

La formule générale est donnée en figure 5.

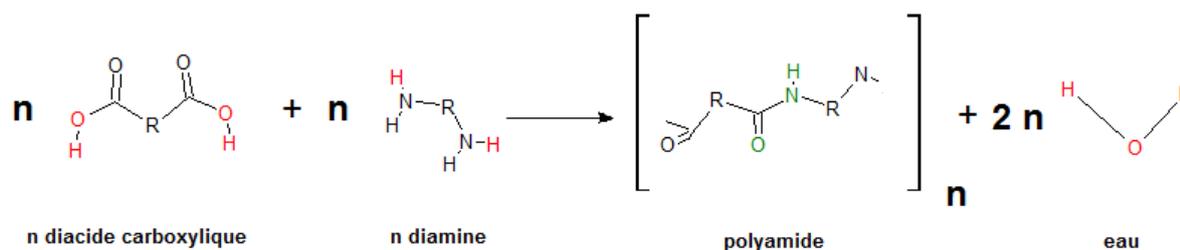


FIGURE 5 – Schéma général représentant d'un polyester créée à partir de ChemSketch.

Un exemple ici pour la synthèse d'un polyamide est le nylon précédemment évoqué. Ici le diacide carboxylique est l'acide hexanedioïque et le diamine est l'hexane-1,6-diamine. La réaction est donnée est figure 6

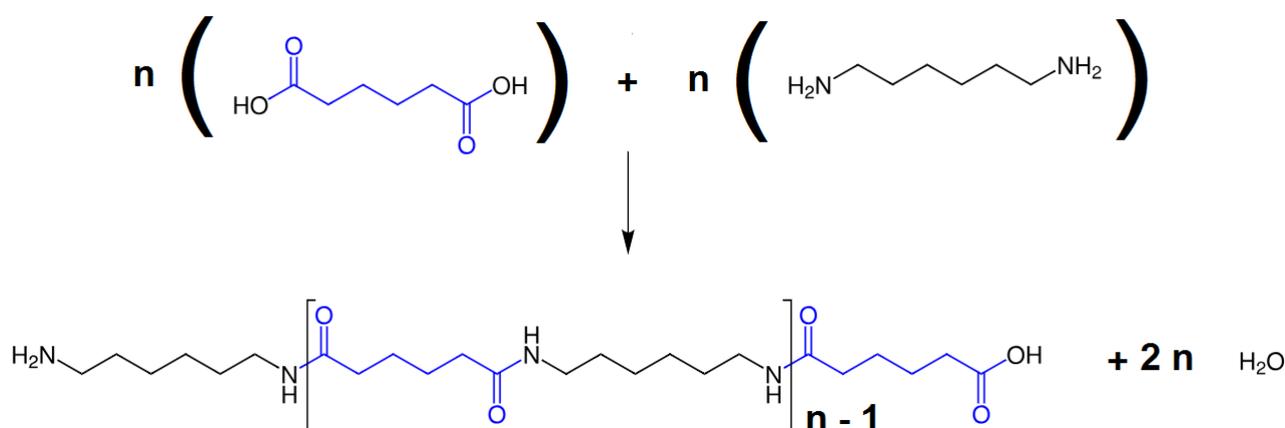


FIGURE 6 – Schéma représentant la formation du nylon créée à partir d'une image prise sur wikipédia.



### Réaction de polycondensation : le nylon

📖 p119 dans le JFLM

⌚ 3 minutes

La réaction est très bien décrite dans le JFLM. Nous y retrouvons également le mécanisme réactionnel.

## 3 Propriétés et recyclage des polymères

Maintenant que nous avons le mécanisme pour la synthèse d'un polymère à partir de monomère, nous pouvons regarder comment ils s'agencent les un par rapport aux autres.

- le type de liaison mis en jeu. Les chaînes peuvent être liées par des liaisons covalentes, des liaisons hydrogènes ou des liaisons de Van der Waals.

Suivant le type de liaison mis en place, le matériau final aura des propriétés différentes. En effet si se sont des liaisons covalentes, il s'agira d'un polymère thermodurcissable. Sa structure tridimensionnelle (réticulée) est fixe et ne peut pas être modifiée a posteriori par un apport de chaleur (sans le détruire complètement). Si à l'inverse les liaisons mis en place sont des liaisons faibles, les polymères sont dit thermoplastiques. Il est alors possible de modifier leur structure linéaire a posteriori.

- la structure moléculaire. Si les chaînes sont désordonnées la structure est dite amorphe et le matériau sera résistant aux chocs, malléable et plastique. Si les chaînes sont (localement) organisées nous parlons de structure semi-cristalline. Dans ce cas, le matériau sera rigide et cassant.

Un récapitulatif des propriétés est donné en figure 7.

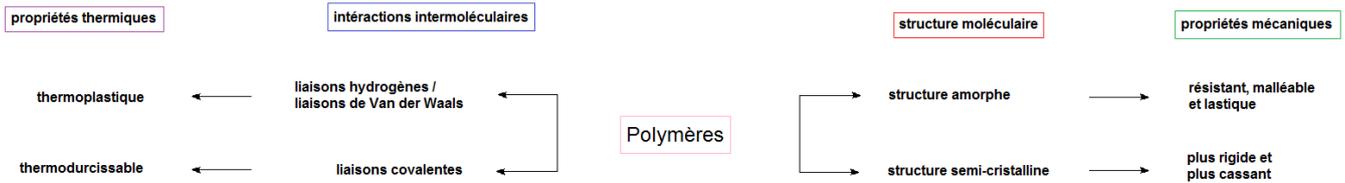


FIGURE 7 – Schéma récapitulatif des propriétés des polymères.

Nous allons finalement nous intéresser à la dernière problématique énoncée en début de leçon. Il s'agit de l'aspect environnemental. Nous devons en effet limiter le recours aux énergies fossiles notamment le pétrole, principal constituant des polymères artificiels. Pour cela nous pouvons les recycler ! Seul les thermoplastiques peuvent l'être ; ce qui représente 80% des matières plastiques produites. Cependant nous sommes encore loin de tous les recycler à l'heure actuelle.

Heureusement pour nous les techniques de recyclage sont souvent peu polluantes et bon marché ce qui est un argument de taille ! Nous allons présenter les différentes étapes :

- Tout d'abord il y a l'étape du tri sélectif entre les différents matériaux. Nous suivons par la suite une bouteille vide en PET.
- Cette dernière est lavée pour éliminer les impuretés résiduelles.
- Elle est ensuite broyée, séchée et transformée en granules au chauffage grâce à ses propriétés de remodelage sous l'action de la chaleur.
- Ses granules sont fournies entre autre à l'industrie textile et pourra se réincarner en laine polaire ou en fibre de rembourrage par exemple. À titre d'information, il suffit de 27 bouteilles de 1,5l pour la fabrication d'un pull.

Nous finirons cette leçon par la synthèse d'un polymère biodégradable.



## Synthèse d'un acide polylactique

🔧 kit Jeulin

⌚ 35 minutes en préparation et 30s en direct

- Cette partie de la manip doit être faite avant le passage à l'oral : dans un bécher, nous plaçons 10ml d'acide lactique. Nous ajoutons 2 gouttes d'acide sulfurique concentré. Nous chauffons pendant 30 minutes à une température de 100°C. En refroidissement, le mélange se solidifie et reste transparent.
- Nous mettons en évidence le caractère biodégradable en ajoutant de l'eau et en chauffant légèrement.

## Conclusion

- Nous avons vu au cours de cette leçon qu'il existait une grande variété de polymères se décomposant en 1 motif qui se répète.
- Ils sont obtenus par réaction d'addition ou de condensation à partir de monomères interagissant entre eux via leurs groupes caractéristiques.
- Ils possèdent des propriétés thermiques et mécaniques variant d'un matériau à l'autre qui peuvent être expliquées par l'étude des interactions moléculaires entre les chaînes et leur structure moléculaire.
- Nous avons enfin vu que les polymères thermoplastiques pouvaient être recyclés ; ce qui deviendra un critère important dans l'enjeu de l'humanité à s'adapter à son environnement dans lequel les énergies fossiles deviennent de plus en plus rares et dont la consommation excessive provoque des dérèglements climatiques.

## Annexe

### Proposition de réaction pour l'acide polylactique

Extrait de wikipédia : L'acide polylactique est donc l'un de ces polymères, dans lequel les longues molécules filiformes sont construites. Dans le corps, la réaction se fait en sens inverse et l'acide lactique ainsi libéré est incorporé dans le processus métabolique normal.

Il existe 2 types de polycondensation : celle directe et celle par ouverture de cycle.

La première est assez simple : l'acide polylactique est construit par la réaction d'un groupe acide d'une molécule d'acide lactique sur le groupe hydroxyle d'une autre pour donner une jonction ester. Cette réaction est schématisée en figure 8

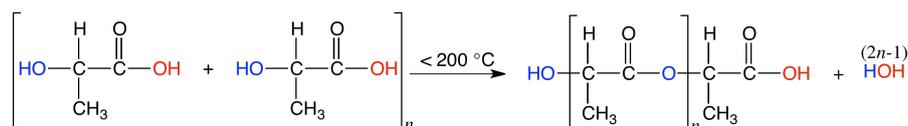


FIGURE 8 – Synthèse de polylactique par réaction de polymérisation directe de l'acide lactique. Cette figure est prise de wikipédia.

Le produit obtenu ici sont des polymères de faibles masses molaires. Les industriels préfèrent donc la seconde méthode plus compliquée. Elle est composée de 2 étapes représentées en figure 9.

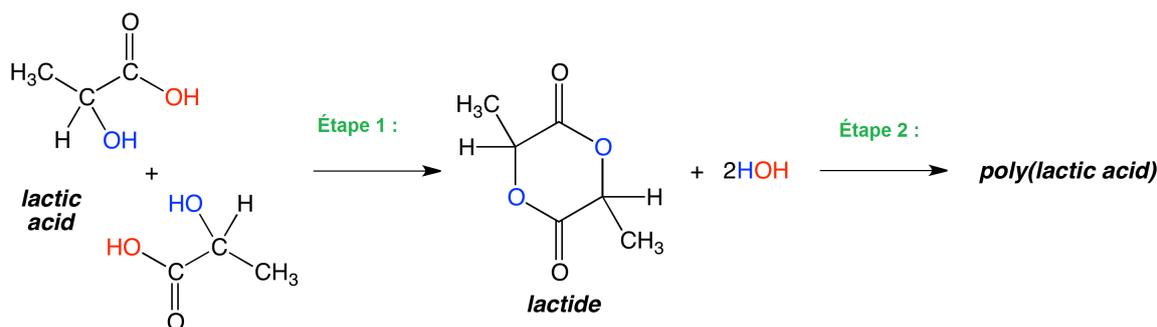


FIGURE 9 – Synthèse de polylactique par réaction de polymérisation par ouverture de cycle de l'acide lactique. Cette figure est prise de wikipédia.

- Étape 1 : formation du lactide à partir d'acide lactique (pour cela on forme puis on dépolymérise des oligomères de polylactique).
- Étape 2 : polymérisation du polylactique par ouverture du cycle du lactide.

Nous proposons donc un mécanisme pour la seconde étape dont quelques étapes de la réaction sont données en figure 10.

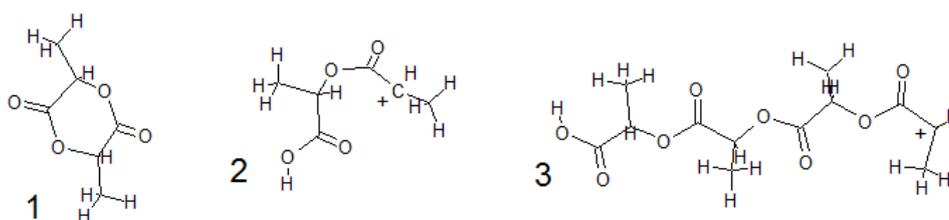


FIGURE 10 – Schéma proposant quelques étapes de la synthèse d'un acide polylactique créée à partir de ChemSketch.

- En 1 est représenté une molécule de lactide.

- En 2 le composé orga obtenu après attaque de la double liaison C-O par un acide. Nous obtenons alors un carbocation avec un groupe acide carboxylique.
- En 3 le polymère obtenu après attaque d'une autre molécule lactique sur le composé obtenu en 2.