

# LC03 – POLYMÈRES

19 octobre 2015

Justin PEMEJA & Alexandre TORZYNSKI

*Le plastique c'est fantastique, le caoutchouc super doux.*  
ELMER FOOD BEAT

## Niveau : Lycée

## Commentaires du jury

## Bibliographie

- ✦ *Manipulations commentées...*, **Drouin**
- ✦ *La chimie expérimentale tome 2*, **JFLM**
- ✦ *Chimie 2e année*, **Grécias**
- ✦ *Physique Chimie 1e STL/STI2D*, **Nathan**

- CCM et synthèse du polystyrène.
- Manip du polyacrylamide.
- Théorie. Mais il est vraiment (trop) complet.
- Pour voir ce qu'ils font dans la seule classe de lycée où c'est au programme.

## Prérequis

- Formules de Lewis
- Liaisons et interactions

## Expériences

- ☞ Polymérisation du soufre
- ☞ Synthèse du polystyrène
- ☞ CCM du polystyrène
- ☞ Polyacrylamide
- ☞ Valise à polymères
- ☞ Dissolution du polystyrène

## Table des matières

<b>1 Définitions et synthèses</b>	<b>2</b>
1.1 Définitions . . . . .	2
1.2 Synthèse par addition . . . . .	2
1.3 Grandeurs moyennes du polymère . . . . .	3
1.4 Synthèse par condensation . . . . .	3
<b>2 Relations structure-propriétés</b>	<b>4</b>
2.1 Interactions entre chaînes . . . . .	4
2.2 Influence de la température . . . . .	4
2.3 Solvatation des polymères . . . . .	4
<b>3 Conclusion</b>	<b>5</b>

## Introduction

### Polymérisation du soufre

⚡ Discussion avec JFLM TP polymères

⌚ 1 min

**Matériel** : fleur de soufre, bec bunsen, tube à essais (spatule, pince en bois, briquet).

On chauffe de la fleur de soufre dans un tube à essais : le soufre devient liquide, puis se solidifie.

On commence par une expérience : on chauffe du soufre. On s'attend naïvement à ce qu'il se liquéfie, mais on observe qu'il se solidifie à nouveau si on continue de chauffer. À part l'air, il n'y a pas d'autres réactifs, donc la réaction n'a lieu qu'avec du soufre.

↓ *Comment le soufre a-t-il réagi avec lui-même ? Pourquoi est-il solide ?*

Lorsqu'on regarde les formules de Lewis, on voit qu'un soufre peut s'enchaîner avec lui-même :



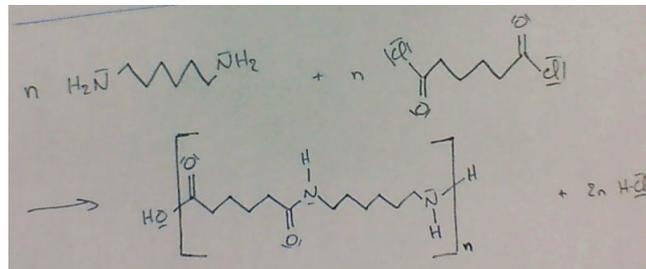
Cela peut donner des molécules très longues qu'on appelle **polymères** et qui seront l'objet de cette leçon.

## 1 Définitions et synthèses

### 1.1 Définitions

Un **polymère** est un enchaînement d'atomes qui se répète et qui donne de très longues molécules. Le motif qui se répète est, justement, appelé **motif**. La molécule de base qui polymérise est le **monomère** : elle est introduite en très grande quantité.

On peut aussi avoir des polymères avec plusieurs monomères différents : on parle alors de **copolymère**. Exemple du nylon :



Dans ~~notre exemple~~ l'exemple du soufre,  $S_n$  est le polymère et  $\cdot S \cdot$  est le motif.

↓ *Tout ça c'est le cas général, mais grosse importance sur le plan industriel avec le **plastique** : déjà vu le nylon, on continue avec le polystyrène.*

### 1.2 Synthèse par addition

Polystyrène : de poly- et styrène. Production mondiale de l'ordre de la mégatonne par an. Emballages alimentaires, emballages fragiles...

### Synthèse du polystyrène

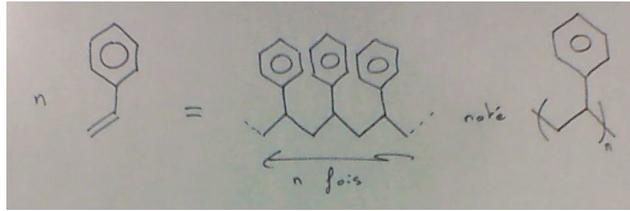
⚡ Drouin p190

⌚ 15min

On lave le styrène pour se débarrasser du stabilisant, qui empêche la polymérisation. Puis on le fait chauffer à reflux avec de l'amorceur pendant 30min et on laisse refroidir. Enfin, on fait précipiter le polystyrène obtenu avant de le filtrer.

Pendant la leçon : on présente le montage, on dilue, on fait précipiter, on filtre et on lave une fois. On montre ensuite le polystyrène obtenu en préparation (bien lavé et séché).

Équation de réaction de la polymérisation du styrène :



Dans une **polymérisation par addition**, le motif et le monomère ont la même formule brute. La chaîne grandit petit à petit, lorsqu'un monomère vient s'ajouter à la fin de la chaîne. On introduit parfois un amorceur pour démarrer la réaction. Lorsque tous les monomères sont consommés, la polymérisation est finie, et les chaînes ne peuvent plus grandir.

↓ On a ajouté des styrène bout à bout. Mais combien on en a mis ?

### 1.3 Grandeurs moyennes du polymère

#### CCM du polystyrène

↻ Drouin p83

⊖ 10min

On fait une chromato du polystyrène synthétisé, en même temps que du polystyrène dont la longueur de chaîne est connue. La tache du produit de synthèse est étalée, preuve qu'on ne peut que définir un  $\overline{DP}$  moyen. On peut relier le rapport frontal à la masse molaire du composé : c'est présenté dans le Drouin et ça donne de bons résultats grâce à l'échelle log-log.

Il est impossible (ou très difficile) de prévoir la longueur de la chaîne : on introduit donc le **degré de polymérisation moyen**  $\overline{DP}$  comme le nombre moyen de motifs composant une molécule de polymère.

Si  $N_k$  est le nombre de chaînes comprenant  $k$  motifs, on a la fraction molaire

$$x_k = \frac{N_k}{\sum_p N_p}$$

le degré de polymérisation moyen est alors

$$\overline{DP} = \sum_k x_k k = \frac{\sum_k N_k k}{\sum_p N_p} \tag{2}$$

On en déduit la **masse molaire moyenne** :

$$\overline{M} = \sum_k x_k M_k = \frac{\sum_k N_k M_k}{\sum_p N_p} \tag{3}$$

Dans le polystyrène qu'on a synthétisé : Rapports frontaux limites = et = . Donc masses molaires comprises entre et , pour des longueurs entre et (avec 104.15 g/mol pour la masse molaire du styrène).

### 1.4 Synthèse par condensation

L'autre méthode est la **polymérisation par condensation** : cette fois, les monomères commencent par faire de petites chaînes, puis ces petites chaînes se relient pour en faire de plus grosses et ainsi de suite. La réaction reliant deux monomères se fait en libérant une petite molécule, par exemple de l'eau.

Pas besoin d'expérience, car tout le monde est en train d'en faire : c'est comme ça que les protéines sont fabriquées dans le corps. Mais un dessin quand même (tableau ou transparent).

Équation de réaction de polymérisation pour deux acides aminés. On remarque que :

- une molécule d'eau est libérée
- le polymère possède les deux mêmes groupes fonctionnels que l'acide aminé, donc on polymérise autant qu'on veut (même si en biologie c'est un peu plus compliqué). On parle de **polymère vivant** : il suffit d'ajouter du réactif pour continuer à polymériser.

↓ On revient aux plastiques : grande diversité pour différentes utilisations, propriétés liée à leur structure.

## 2 Relations structure-proprietés

### 2.1 Interactions entre chaînes

On dit qu'un polymère est **réticulé** lorsque ses chaînes sont reliées entre elles. Pour illustrer ça, expérience du polyacrylamide : plus on ajoute de réticulant, moins le polymère obtenu est fluide.

#### Polyacrylamide

⚡ JFLM2 p115

⊖ 5min

On prépare de quoi faire plusieurs mélanges contenant plus ou moins de réticulant, et on mélange devant le jury. Plus le polymère est réticulé, plus il est solide.

Les liaisons entre les chaînes sont donc directement responsables des propriétés physiques du polymère, avec le type de liaison qui explique les comportements. Suivant les atomes présents dans un motif, on pourra avoir des liaisons hydrogène et/ou de Van der Waals; voire des liaisons covalentes avec les bons monomères. Exemple du Nylon (transparent) : les liaisons hydrogène font s'aligner les molécules.

On peut aussi chercher à minimiser ces interactions. Exemple du Teflon (transparent), où la liaison carbone-fluor est courte donc peu polarisable, ce qui limite les interactions de Van der Waals et fait que la crêpe n'attache pas à la poêle.

### 2.2 Influence de la température

On observe deux types de comportement face à une élévation de la température :

- Si le polymère se ramollit, il est **thermoplastique** : on casse les liaisons hydrogène. On a donc possibilité de faire "fondre" le polymère pour lui donner une autre forme : **recyclage**. Exemples : polyéthylène, nylon, polystyrène.
- Si le polymère ne fait rien ou se durcit, il est **thermodurcissant** : il est réticulé par des liaisons covalentes qui seront beaucoup plus difficiles à casser. Éventuellement, on achève la réaction de polymérisation et on augmente donc le nombre de liaisons entre les chaînes, donc le polymère durcit (un peu). Une fois un objet moulé, il est donc impossible de le recycler en l'état. C'est pour ça qu'ils ne représentent que 20% des matières plastiques produites.

#### Valise à polymères

⚡

⊖ 2min

On brûle un échantillon de plastique thermoplastique et un de plastique thermodurcissant.

### 2.3 Solvatation des polymères

Enfin, les atomes du motif pourront former des liaisons faibles ou hydrogène avec le bon solvant. Par exemple, le polystyrène est apolaire et ne peut pas faire de liaisons hydrogène, donc il sera soluble dans les solvants du même genre tels que le toluène ou le dichlorométhane – alors que tout à l'heure on l'a fait précipiter dans de l'alcool.

C'est important et surtout pratique pour le recyclage : avec un solvant approprié, on peut par simple filtration extraire un polymère particulier et le refaire précipiter pour le réutiliser.

### Dissolution du polystyrène

✦ Benjamin Benti

⊖ 1min

On dissout des morceaux de polystyrène expansé dans le toluène : les flocons verts disparaissent. Mise en garde : on a globalement fabriqué du napalm là, donc il vaut mieux avoir coupé le gaz du bec bunsen au cas où. On peut aussi refaire précipiter le polystyrène dans l'éthanol.

## 3 Conclusion

À travers les exemples du soufre et surtout du polystyrène, on a découvert les polymères et leurs propriétés. On a vu les deux moyens de synthétiser des polymères : addition et condensation. On a enfin vu comment leur structure permettait d'expliquer leurs propriétés mécaniques et chimiques.

Aujourd'hui, le plastique a pris une place très importante dans la vie courante, mais entre la pollution/les déchets et le prix du pétrole, on sent la nécessité de recycler tout ça. Les polymères thermoplastiques sont assez faciles à manipuler et à recycler, ce qui fait leur atout.