

LC 03 – POLYMÈRES (LYCÉE)

2 février 2017

Karen Monneret & Paul Haddad

«Faites bouillir l'eau. Hein ? Mais ils me prennent pour
un chimiste.»

STAN SMITH - AMERICAN DAD

Commentaire

On a perdu le Hachette depuis l'an dernier, on peut cependant le trouver à la BU des chimistes.

Bibliographie

♣ **Nathan**, 1^{ère} STL/STI2D

♣ **Dunod**, TSTL (1995) Chimie organique 2

♣ **Hachette**, 1^{ère} STL/STI2D

♣ **JFLM**, Chimie organique

→ La base de la leçon.

→ 100% hors programme mais c'est le juste milieu entre un Grécias/Fosset qui va trop loin et les bouquins de lycée actuels.

→ Moins complet mais pour le peu d'info qu'il y a sur les polymères au lycée on prend.

→ Synthèse du Nylon.

Expériences

👉 Synthèse du Nylon-6-10

👉 Valise de polymères

Table des matières

1	Structure des polymères	2
1.1	Étude d'un polymère : le polyéthylène	2
1.2	Définitions, motifs et monomères	2
2	Synthèse des polymères	3
2.1	Polymérisation par addition	4
2.2	Polymérisation par condensation	4
3	Propriétés et recyclage	5
3.1	Propriétés thermiques et mécaniques	5
3.2	Recyclage	5

Introduction

Aujourd'hui nous allons discuter des polymères. On a tous déjà entendu parlé de ce terme au moins une fois. Nous en donnerons une définition évidemment au cours de la leçon. Il faut savoir que l'on trouve des polymères absolument partout dans la vie quotidienne. Les sacs plastiques, les bouteilles d'eau et certains vêtements sont faits quasi entièrement de polymère. On distingue les polymères dits synthétiques créés par les chimistes des polymères naturels créés par la nature. Dans cette leçon on ne s'intéressera qu'aux polymères synthétiques. Nous allons donc d'abord donner la définition d'un polymère puis comment les synthétiser et nous terminerons par leurs propriétés ainsi que la façon dont on peut les recycler.

Nous nous demanderons donc :

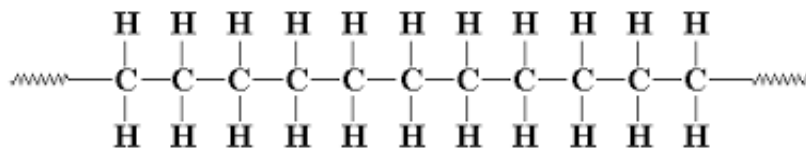
- A quoi servent les polymères et comment les fabrique-t-on ?

1 Structure des polymères

1.1 Étude d'un polymère : le polyéthylène

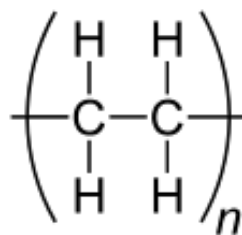
Avant de donner des définitions intéressons nous à un polymère en particulier le polyéthylène. Quasiment tous les polymères ont des abréviations ici c'est l'acronyme PE. Si vous regardez sur des bouteilles vous pourrez voir le plus souvent dans un petit triangle cet acronyme. Cela veut dire que la bouteille contient ce polymère. En effet celui-ci est très utilisé pour faire des bouteilles plastiques. On fait aussi du film alimentaire avec ou bien des sacs plastiques.

Si l'on regarde la structure du polyéthylène on a quelque chose comme ceci.



On observe une très longue chaîne d'atomes composée d'un atome de carbone et de deux d'hydrogène. La molécule de polyéthylène est donc très longue. On parle aussi de macromolécule.

On remarque qu'il y a répétition d'un certain groupe d'atome que l'on appelle motif du polymère. Dans ce cas le motif est composé de deux atomes de carbones reliés entre eux avec deux hydrogènes sur chaque carbone. On note alors la molécule de la façon suivante pour simplifier l'écriture.



n désigne le nombre de fois que l'on répète le motif c'est-à-dire le groupe d'atome entre parenthèse.

On va pouvoir maintenant définir de manière plus formelle ce qu'est un polymère maintenant que nous avons vu l'exemple du polyéthylène.

1.2 Définitions, motifs et monomères

On définit un polymère de la façon suivante.

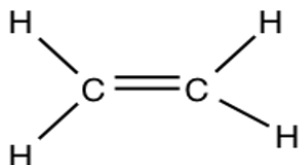
Définition : Un polymère est une macromolécule qui est engendrée par la répétition d'un grand nombre de motifs identiques.

Par exemple dans le cas du polyéthylène le motif est le groupement d'atome qui se trouve entre parenthèse. Il est répété de nombreuses fois. Cela correspond bien à la définition d'un polymère.

Le motif est issue d'une molécule que l'on appelle un monomère.

En effet en général le motif ne correspond pas à une véritable molécule. Il n'y a pas d'atome au bout des liaisons au niveau des deux carbones.

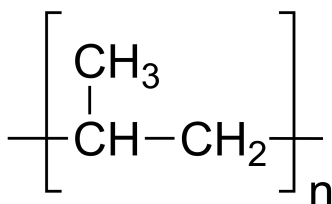
Par exemple le monomère issue du polyéthylène c'est l'éthylène justement.



D'où le nom de polyéthylène. Poly qui vient du grec ancien qui veut dire beaucoup et ensuite le nom du monomère. Beaucoup de polymère sont nommés ainsi : «poly+monomère».

Attention il ne faut surtout pas confondre motif et monomère qui sont deux choses totalement différentes. Si je répète le motif j'obtiens bien le polymère tandis que si je répète le monomère j'ai juste une grande quantité de monomère mais qui ne forme pas un polymère.

Un autre exemple de polymère : le polypropylène. Notation PP. Son utilisation est nombreuse, il se retrouve dans les pièces de voitures, type tableau de bord, il sert aussi à faire du papier bulle ou encore des emballages alimentaires.



On écrit alors un polymère comme ceci (Motif)_n. Où *n* est le nombre de motif par chaîne de polymère. En ordre de grandeur *n* varie entre 100 et 1000.

Comme cette grandeur est variable entre différentes molécules d'un même polymère *n* est en réalité une grandeur moyenne que l'on appelle degré de polymérisation, on le note DP.

$$DP = n = \frac{M(\text{poly})}{M(\text{motif})}$$

M(poly) est la masse molaire du polymère et *M*(motif) celle du motif.

Par exemple pour le PP *M*(poly) = 58.8 kg/mol *M*(motif) = 42 g/mol. Ce qui donne un DP = 1400.

Nous savons donc maintenant ce que sont les polymères et à quoi peuvent servir les polymères, mais on ne sait toujours pas comment les fabriquer. C'est ce que nous allons voir maintenant.

2 Synthèse des polymères

La polymérisation est le nom de la réaction qui permet d'obtenir un polymère. Elle consiste en *n* fois l'addition successive du motif. Il y a deux types de polymérisations :

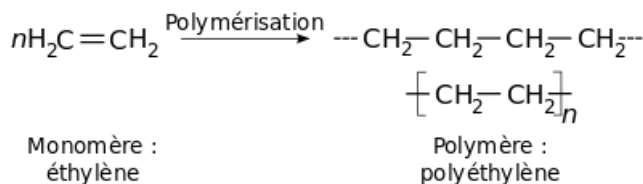
- Par addition que l'on appelle polyaddition
- Par condensation que l'on appelle polycondensation

Nous commencerons par voir la première.

2.1 Polymérisation par addition

Cette polymérisation concerne principalement les monomères qui possèdent une double liaison $C=C$. Les monomères s'additionnent simplement les uns à la suite des autres via une rupture de la double liaison $C=C$.

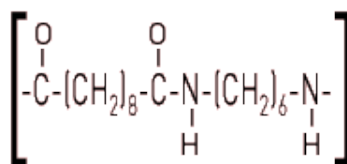
C'est le cas du polyéthylène. On a bien une double liaison $C=C$ dans l'éthylène. La réaction de polyaddition s'écrit ainsi :



Dans ce cas le motif et le monomère ont la même formule brute. On a juste modifié la liaison covalente. Ce qui n'est pas le cas dans la deuxième polymérisation celle par condensation.

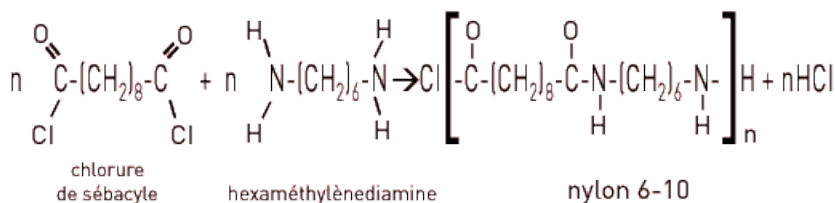
2.2 Polymérisation par condensation

Prenons pour commencer l'exemple du Nylon-6-10 un polymère qui se forme par polycondensation justement. Voici la structure du Nylon-6-10.



On l'appelle 6-10 car il y a d'un côté du motif un groupe d'atomes contenant 6 carbones et de l'autre 10. Il existe différents types de Nylon.

Ici il n'existe pas un monomère associé à ce motif. En fait ce motif est le résultat d'une réaction entre deux monomères : l'hexan-1-6-diamine et le chlorure de sébacyle.



On retrouve la fonction amide dans le Nylon. On dit alors que le Nylon est un polyamide. On remarque aussi que l'on a formation d'une molécule de HCl .

Donc on peut maintenant donner une définition d'une polycondensation. C'est une polymérisation où l'on fait réagir au préalable deux monomères (condensation) afin d'obtenir le motif du polymère. Au cours de cette réaction on a aussi élimination en général d'une petite molécule (une molécule d'eau ou HCl par exemple).

On va maintenant synthétiser du Nylon.

Synthèse du Nylon-6-10

JFLM 2

⊖ 10 min

- chlorure de sébacoyl
- hexan-1-6-diamine
- cyclohexane
- soude

Dans un bécher on introduit l'hexan-1-6-diamine que l'on dissout dans une solution de soude. Dans un deuxième bécher on introduit le chlorure de sébacoyl dissout dans du cyclohexane.

On verse ensuite doucement le bécher contenant la diamine dans le deuxième. On voit un petit dégagement gazeux c'est HCl, donc il faut faire ça sous hotte. A l'interface entre les deux liquides on voit que le Nylon commence à se former. Ensuite on le tire avec des baguettes.

Il existe aussi des polyester (réaction entre un monomère de diol et un monomère diacide pour former un groupement/fonction ester au sein du polymère). Ils sont souvent reconnaissables grâce à l'acronyme PET et servent aussi à faire des bouteilles et des films alimentaires.

Maintenant que nous savons comment fabriquer des polymères intéressons nous aux propriétés de ces derniers ainsi que la façon dont ils sont recyclés.

3 Propriétés et recyclage

3.1 Propriétés thermiques et mécaniques

On va s'intéresser principalement aux propriétés thermiques et mécaniques des polymères.

Au niveau des propriétés on distingue deux types de polymères.

- Les thermoplastiques.

Ils se ramollissent sous l'effet de la chaleur.

C'est le cas du PE, PET et du Nylon par exemple.

Au niveau moléculaire cette propriété vient du fait que les différentes chaînes de polymères peuvent être reliés entre elles par des liaisons dites faibles comme des liaison hydrogène ou des liaisons de Van der Waals.

La chaleur «casse» alors ces liaisons ce que rend le polymère plus souple. Ils se cassent donc moins facilement et résistent mieux aux contraintes que leur confrère les polymères thermodurcissables.

- Les thermodurcissables.

Sous l'effet de la chaleur ils prennent leurs formes définitives. Ils ne peuvent pas se ramollir lorsqu'on les réchauffe.

Au niveau mécanique ils se casseront contrairement aux thermoplastiques qui auront plutôt tendance à se déformer sous l'effet de fortes contraintes. C'est le cas des colles faites à bases de polymères par exemple.

Suivant les besoins des industriels ils pourront utiliser des polymères avec des propriétés différentes. Et comme nous l'avons vu avec quelques exemples ils sont très utilisés et on les retrouve dans notre vie quotidienne même. Or la plupart de la matière première des monomères provient de l'industrie pétrolière. Comme c'est une ressource fossile il convient de les recycler.

3.2 Recyclage

Premièrement seuls les thermoplastiques peuvent être recycler. Heureusement ils constituent plus de 80% des polymères utilisés à l'heure actuelle. Intéressons nous au cas du PET (un polyester). Les PET servent notamment à faire des bouteilles plastiques. En quelques chiffres en 2010 la production mondiale avoisinait les 200 milliards de bouteilles plastiques à base de PET. Et pour faire un kilo de PET il en faut le double en pétrole. On comprend bien l'enjeu de recycler les bouteilles plastiques depuis quelques années.

Pour voir le recyclage nous nous intéresserons au cycle de vie d'une bouteille. (Cf cycle sur transparent)

- On a dans un premier temps un tri sélectif fait par les citoyens. La fameuse poubelle jaune. Ces déchets sont ensuite collectés et amenés dans un centre de tri.

- Dans le centre de tri on nettoie et classe les différentes bouteilles suivant les polymères selon lesquelles elles sont faites. Dans notre cas nous ne nous intéresserons seulement au PET.

- Les bouteilles sont ensuite envoyées dans un centre de régénération ou celles-ci sont broyées, puis refondues (car le PET est évidemment thermoplastique sinon il ne serait pas recyclable) sous forme de petites billes/grains.

- Ces grains sont ensuite envoyés à des industriels qui vont pouvoir réutiliser ce PET pour en faire de nouveau produits comme des pulls ou encore d'autres bouteilles. Après utilisation par le consommateur le cycle recommence.

Pour donner une idée il faut environ 27 bouteilles de 1.5L pour faire un pull.

Conclusion

Nous avons donc vu au cours de cette leçon ce qu'était un polymère et surtout à quoi ils servaient. Nous avons vu qu'il y avait deux méthodes de synthèse, la polyaddition et polycondensation. Et enfin nous avons vu rapidement les propriétés des polymères ainsi que la façon de les recycler. Actuellement le recyclage et l'écologie deviennent des sujets de plus en plus important dans notre société et il est donc nécessaire de repenser l'usage des matières premières avant d'éviter le gaspillage. C'est la même chose en chimie, et depuis quelques années on voit l'émergence d'une nouvelle chimie dite verte plus respectueuse de l'environnement. C'est ce que nous verrons dans une prochaine leçon.

Questions, commentaires.