

MONOMERES ET POLYMERES

- Différencier polyaddition et polycondensation.
- Identifier le motif élémentaire d'un polymère.
- Définir l'indice de polymérisation comme le nombre de répétitions du motif élémentaire et le relier aux propriétés physiques du polymère.

I Les polymères

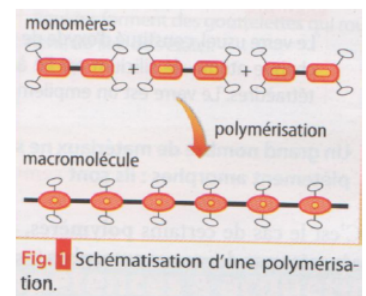
1. Présentation

BD Polymères

Les polymères sont des matériaux constitués de **macromolécules** obtenues à partir d'une molécule de base, le **monomère**. Les monomères sont assemblés en **longues chaînes** au cours de transformations chimiques appelées **polymérisations**.

A l'issue de la polymérisation, on forme une macromolécule. Cette macromolécule a une structure périodique : on y trouve un **motif** qui se répète.

Exemple : à partir de l'éthène C_2H_4 , on peut produire le polythène, aussi appelé polyéthylène. La réaction de polymérisation s'écrit : $n CH_2=CH_2 \rightarrow -(CH_2-CH_2)_n-$



Art et science : *Le Chant du styrène* (Poème de Raymond Queneau)

CHIMIE & LITTÉRATURE Le Chant du Styrène



Raymond Queneau.

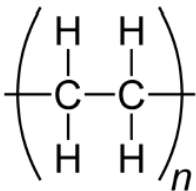
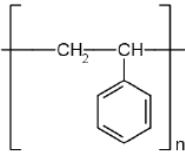
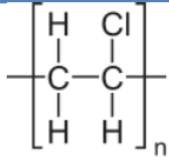
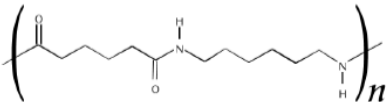
Raymond Queneau (1903-1976) est très connu pour ses poèmes, ses pièces de théâtre et ses romans comme *Zazie dans le métro*. En revanche, son bagage scientifique est souvent oublié : il fut pourtant membre de la Société Mathématique de France. En 1958, le groupe Pechiney commande *Le Chant du Styrène*, un documentaire dont les commentaires sont écrits en alexandrins par Raymond Queneau. À partir d'un bol en polystyrène, le documentaire remonte toute la filière de fabrication jusqu'au pétrole et au charbon.

Ô temps, suspends ton bol, ô matière plastique
D'où viens-tu ? Qui es-tu ? et qu'est-ce qui explique
Tes rares qualités ? De quoi donc es-tu fait ?
D'où donc es-tu parti ? Remontons de l'objet
À ses aïeux lointains ! Qu'à l'envers se déroule
Son histoire exemplaire. En premier lieu, le moule.
Incluant la matrice, être mystérieux,
Il engendre le bol ou bien tout ce qu'on veut.
Mais le moule est lui-même inclus dans une presse
Qui injecte la pâte et conforme la pièce,
Ce qui présente donc le très grand avantage
D'avoir l'objet fini sans autre façonnage.

Le moule coûte cher ; c'est un inconvénient.
On le loue il est vrai, même à ses concurrents.
Le fromage sous vide est une autre façon
D'obtenir des objets : par simple aspiration.
À l'étape antérieure, soigneusement rangé,
Le matériau tiédi est en plaque extrudé.
Pour entrer dans la buse il fallait un piston
Et le manchon chauffant — ou le chauffant manchon
Auquel on fournissait — Quoi ? Le polystyrène
Vivace et turbulent qui se hâte et s'égrène.

Le Chant du Styrène, Raymond Queneau,
© Éditions Gallimard, 1969

2. Quelques polymères d'usage courant

	Nom	Formule	Motif	Exemple d'utilisation
PE	Polyéthylène			Tubes, bouteilles, isolation électrique, emballage
PS	Polystyrène			Pot de yaourt, vaisselle en plastique, pince à linge, cintres
PVC	Polychlorure de vinyle			Il en existe deux types : -PVC rigide : tuyauterie, huisseries, mobilier, bouteilles pour eau non gazeuse et autres liquides non corrosifs -PVC souple : tuyau d'arrosage, gaines isolantes en électricité, film pour emballage
Nylon 6,6	Polyamide-6,6			Textile, cordage, ...

II Le degré de polymérisation

Le **degré de polymérisation** n est le nombre moyen de motifs présents dans la macromolécule. Il peut atteindre plusieurs millions.

Le degré de polymérisation n peut varier de quelques milliers à plusieurs dizaine de milliers. Il dépend des conditions opératoires (température, pression, ...)

Il se calcule selon la formule : $n = \frac{M_{\text{polymère}}}{M_{\text{motif}}}$ n est toujours un nombre entier

Exemple :

a) Calculer le degré de polymérisation n du polymère nommé polyéthylène de masse molaire $15 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Le motif du polyéthylène a pour formule brute C_2H_4 .

Données : Masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{N}) = 14$; $M(\text{O}) = 16$

Résolution

1. Calcul de la masse molaire du motif :

$$M(\text{motif}) = 2 M(\text{C}) + 4 M(\text{H}) = \dots\dots\dots$$

2. Calcul du degré de polymérisation n du polyéthylène :

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

b) Même question pour le polymère nommé nylon 6-6 dont la masse molaire est de $300 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ et dont le motif est $[-\text{CO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CO} - \text{NH} - (\text{CH}_2)_6 - \text{NH}-]$.

c) Calculer la masse molaire du polymère nommé polystyrène sachant que son motif a pour formule brute C_8H_8 et que l'indice de polymérisation est de 2100.

III Les deux grandes voies d'obtention des polymères

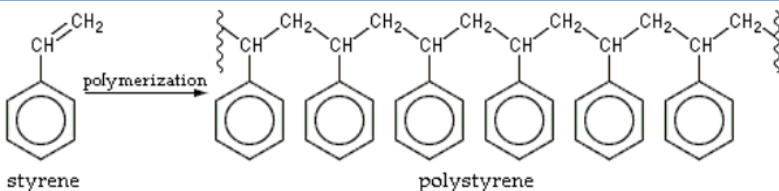
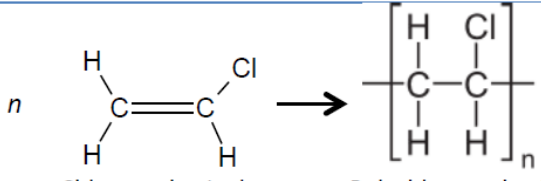
Animations : <http://lyc-renaudeau-49.ac-nantes.fr/physap/IMG/swf/polymerisation.swf>

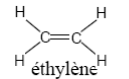
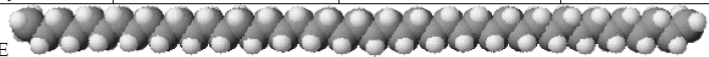
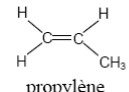
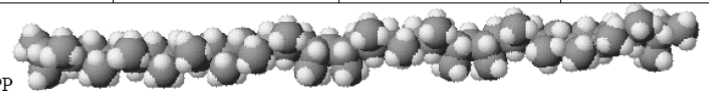
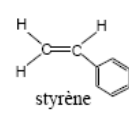
1. Polymérisation par addition

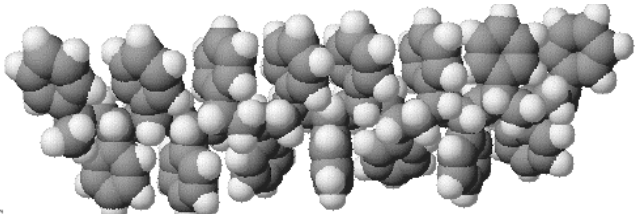
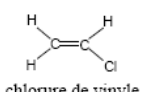
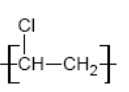
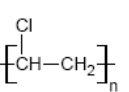
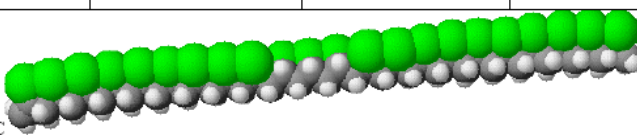
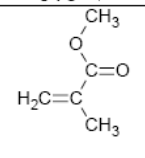
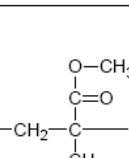
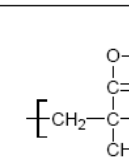
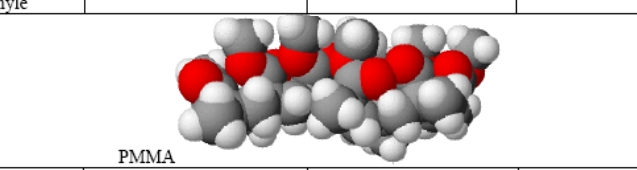
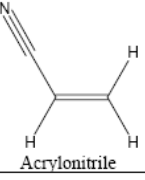
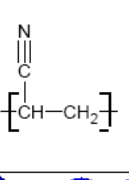
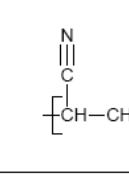
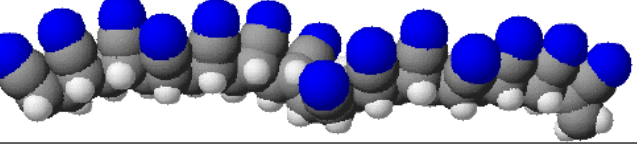
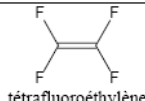
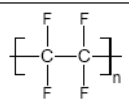
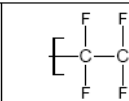
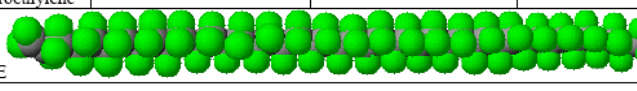
Lors d'une **polyaddition**, un grand nombre de molécules du monomère se lient les unes aux autres.

Dans les cas de polyaddition, les monomères comportent toujours au moins une double liaison C=C. Lors de la polyaddition, il y a ouverture des doubles liaisons C=C et formation de liaisons simples C-C. La polyaddition se fait dans élimination de petite molécule.

Exemples

Nom	Equation chimique
PE	$n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow -(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-$ éthylène (ou éthène) polyéthylène
PS	 styrene polystyrene
PVC	 Chlorure de vinyle Polychlorure de vinyle

Monomère M	Motif	Polymère P	nom
 éthylène	$[\text{CH}_2-\text{CH}_2-]$	$[\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$	Polyéthylène PE
 PE			
 propylène	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}-\text{CH}_2- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}-\text{CH}_2- \end{array}_n$	Polypropylène PP
 PP			
 styrène	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}_n$	Polystyrène PS

 PS			
 chlorure de vinyle			Polychlorure de vinyle PVC
 PVC			
 Métacrylate de méthyle			Polymétacrylate de méthyle (PMMA) (Plexiglas®)
 PMMA			
 Acrylonitrile			Polyacrylonitrile (PAN)
 PAN			
 tétrafluoroéthylène			Polytétrafluoroéthylène (PTFE) (téflon®)
 PTFE			

Remarque : les polyadditions peuvent être initiées de deux façons :

- Par **un additif chimique** capable d'en donner des dérivés très réactifs, des radicaux. Cet additif est produit par chauffage ou par exposition à la lumière.

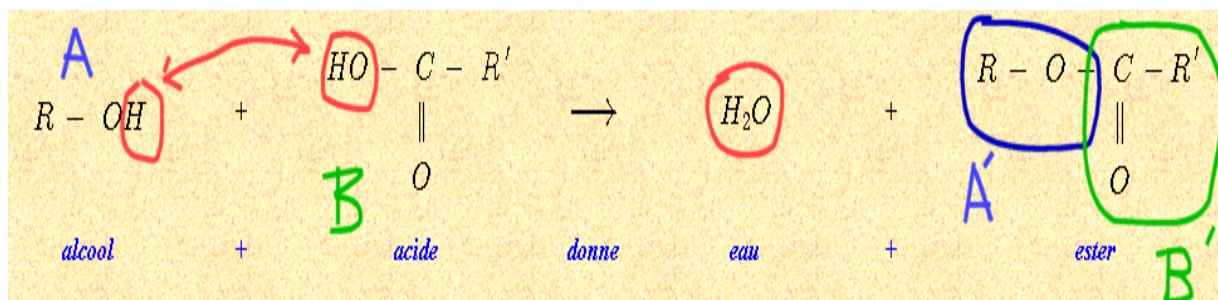
- Par irradiation : les irradiations (rayonnement gamma ou faisceau d'électrons) permettent de produire les radicaux libres nécessaires, sans aucun additifs précurseurs. Cette technique a été découverte par le Laboratoire de Physico-chimie d'Orsay. De nombreux industriels utilisent ce principe toujours très performant.

2. Polymérisation par condensation

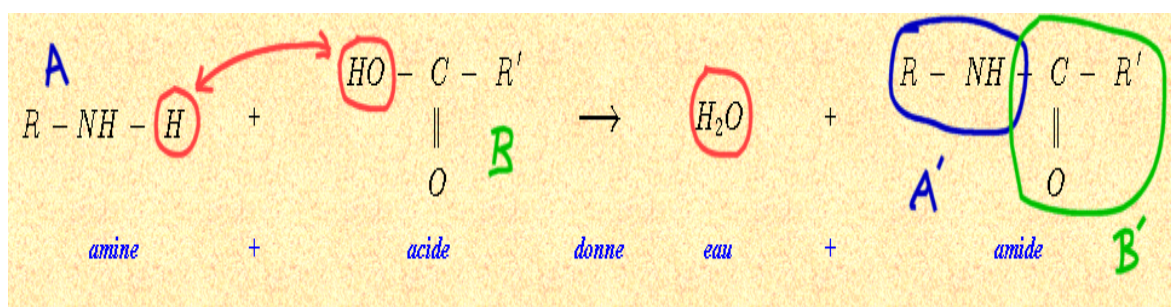
Une polycondensation est une réaction chimique au cours de laquelle des molécules portant deux ou plusieurs fonctions chimiques susceptibles de réagir entre elles vont s'associer en chaînes avec élimination de molécules simples (ex : H₂O, HCl,...)

Réactions de condensation:

a) Entre un alcool et un acide carboxylique:



b) Entre une amine et un acide carboxylique:



Le processus s'arrête comme si on assemblerait 2 wagons qui n'ont, chacun, qu'**un crochet**.

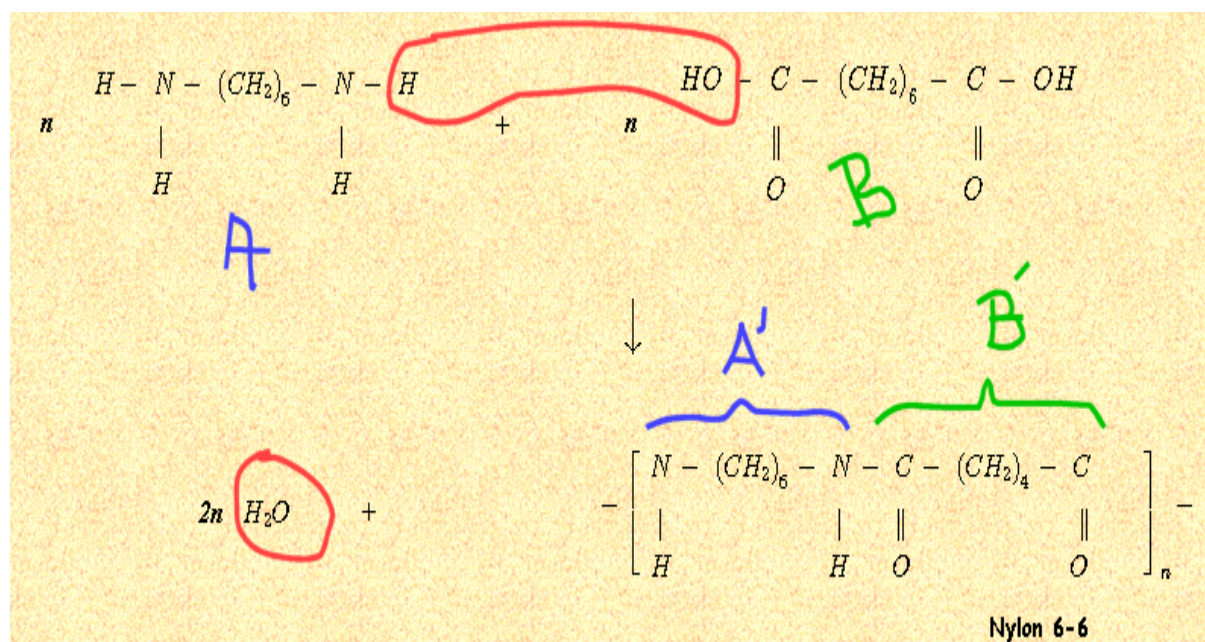
On imagine que les corps qui possèdent **2 fonctions** identiques pourront renouveler une autre fois le processus précédent et permettront d'obtenir un enchaînement très long, comme des wagons qui possèdent, chacun, **2 crochets**.

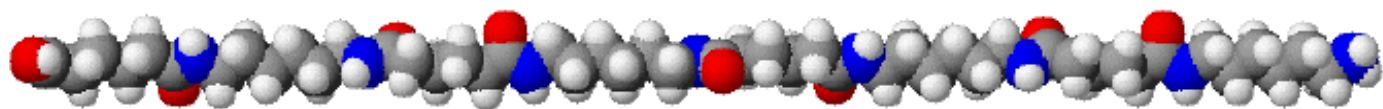
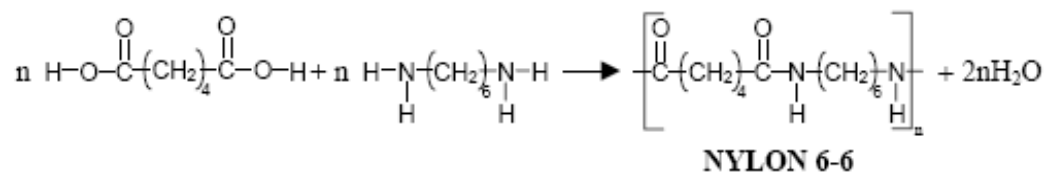
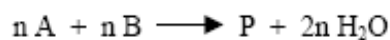
Avec des diols (ou di-alcools) et des diacides on pourra obtenir des **polyesters**.

Avec des diamines et des diacides, on pourra obtenir des **polyamides**.

Synthèse d'un polyamide, le nylon 6-6.

On le fabrique industriellement en faisant réagir une diamine (à 6 atomes de carbone) avec un diacide carboxylique (à 6 atomes de carbone).

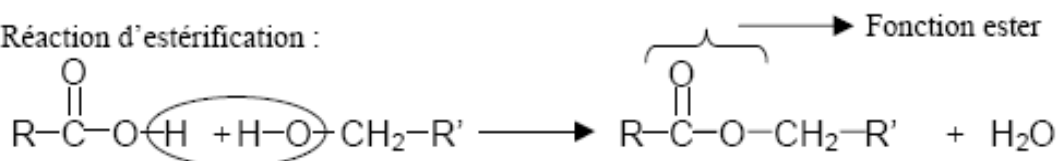




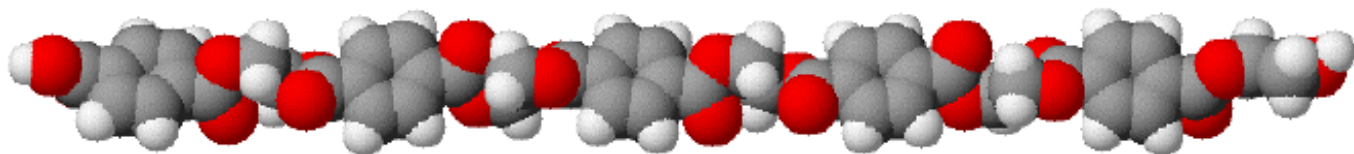
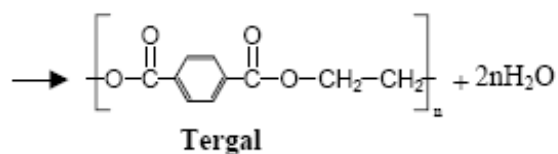
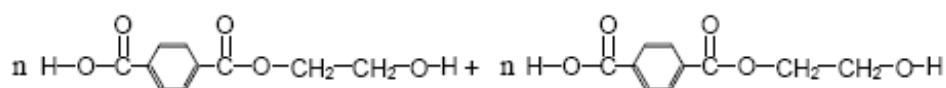
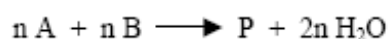
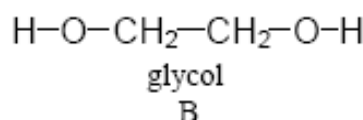
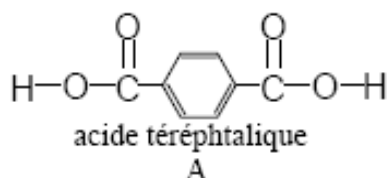
Synthèse d'un polyester : le polyéthylène téréphtalate (PET)

Pour former un polyester il faut réaliser une poly-estérification entre un diacide et un dialcool.

➤ Réaction d'estérification :



➤ Pour obtenir le tergal le diacide est l'acide téréphtalique (acide benzène-1,4-dicarboxylique) et le dialcool est le glycol (éthane-1,2-diol).



Cas du kevlar

Le kevlar ou Le **poly(p-phénylènetéréphtalamide) (PPD-T)** est un polymère constitué de composés aromatiques séparés par des groupements amide.

Ce matériau fut découvert en 1965. C'est une fibre synthétique très rigide (*grâce aux liaisons hydrogènes*). Le kevlar est utilisé pour le renforcement des pneumatiques, des câbles, pour remplacer l'amiante ou encore pour la fabrication des gilets par balles

