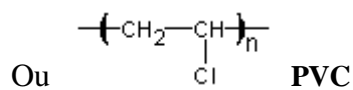
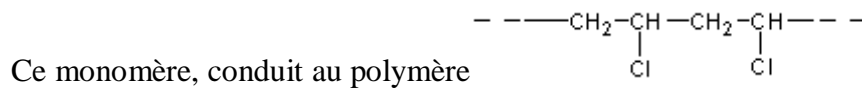
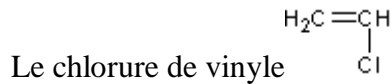


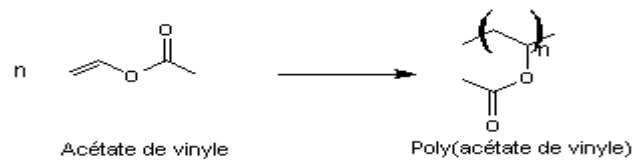
IV. Produits Polymères

1) **Polymérisation par addition.** Réaction d'addition d'un grand nombre de molécules identiques pour donner un composé à masse molaire élevée.

Exemple 1 : Le poly(chlorure de vinyle), **PVC**

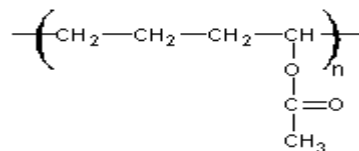
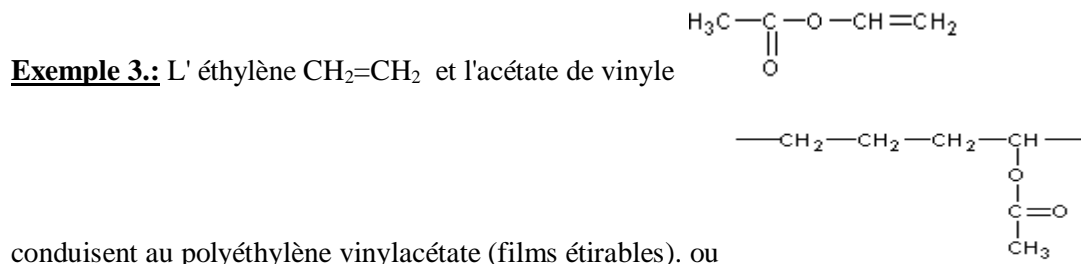


appelé poly(chlorure de vinyle) ; n est l'indice de polymérisation. La partie entre parenthèses dans la formule étant le motif du polymère.



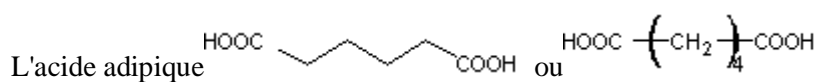
Exemple 2 : Le poly(acétate de vinyle)

Remarque : S'il y a 2 monomères différents (très exceptionnellement 3), c'est une copolymérisation :

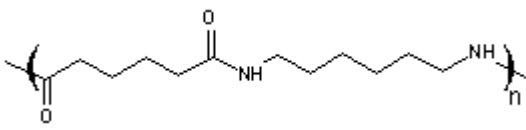


2) **Polymérisation par condensation.** Réaction entre 2 molécules, avec élimination d'une petite molécule (H_2O , HCl ,...) qui se répète un grand nombre de fois pour donner un composé de masse molaire élevée.

Exemple : Le nylon



et l'hexaméthylène diamine $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ou $\text{H}_2\text{N}-\left(\text{CH}_2\right)_6-\text{NH}_2$

donnent  **NYLON**

Dans une **polymérisation par addition**, il y a addition grâce à des liaisons multiples (composés insaturés).

Dans une **polycondensation**, il y a réaction entre 2 groupements fonctionnels (ou 2 atomes) : OH, NH₂, -COOH, Cl., . Les substances obtenues portent le nom de polymères. Ce sont des substances macromoléculaires.

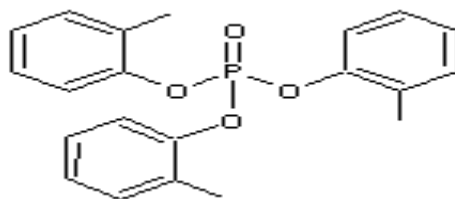
3) matières plastiques : matériaux artificiels qui, au moins au moment de leur mise en oeuvre, sont suffisamment modelables sous l'effet de contraintes extérieures (température, pression,...) relativement faibles, pour être mis en forme avant de se solidifier. On distingue :

a) les thermoplastiques: déformables à chaud; se solidifient au refroidissement en conservant la forme qui leur a été imposée; la déformation ultérieure est possible sous l'influence d'une force ou d'une élévation de température. La plasticité à chaud correspond à l'existence de macromolécules linéaires. Lors de la formation, les molécules s'accrochent pour donner un composé n'ayant plus aucune fonction pour réagir avec les molécules voisines: **exemple** : polyéthylène -CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-

b) les thermodurcissables : La mise en forme se fait à chaud par pulvérisation dans un moule et c'est alors que les liaisons avec les molécules voisines s'établissent. La matière se durcit et toute modification ultérieure devient impossible. La rigidité à chaud correspond à un édifice tridimensionnel dans lequel les chaînes sont enchevêtrées.

Exemple: résine glycérophtalique (polycondensation glycérol + acide o.phtalique) Les thermodurcissables ne sont donc plus plastiques dès l'instant où ils sont constitués. Mais l'addition de plastifiant supprime leur rigidité. D'une façon générale la plasticité peut être augmentée par adjonction de plastifiant; **exemple** : le PVC dur et cassant (canalisations pour l'eau, le téléphone,...) par adjonction de plastifiant, devient souple (tuyau d'arrosage).

Exemple de plastifiant : Le phosphate de triorthocrésyle (TOCP).



Il relie les chaînes macromoléculaires du polymère par des liaisons moins rigides que celles initialement présentes.

A) Polymérisations par addition : Mécanisme général de ces polymérisations :

Ce sont des réactions en chaîne qui comportent plusieurs étapes:

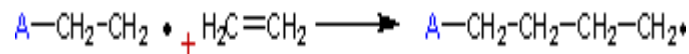
- initiation
- propagation
- arrêt

Il y a plusieurs types de mécanismes :

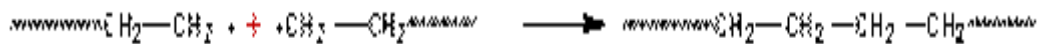
****radicalaire :** La première étape s'appelle **l'initiation**, elle nécessite un radical A, que l'on obtient grâce à un initiateur (**par exemple le peroxyde de benzoyle**) :



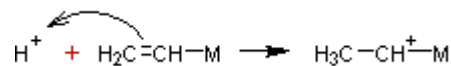
La deuxième étape s'appelle la **propagation**.



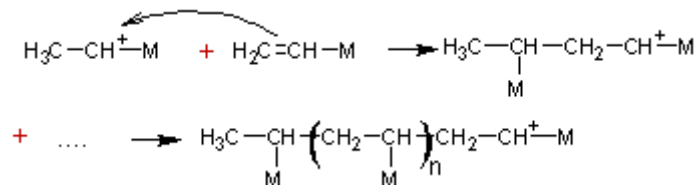
La troisième étape est la **terminaison ou arrêt**.



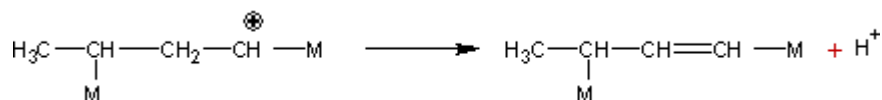
**** cationique :** **L'initiation** nécessite soit un acide fort (acide sulfurique) ou un acide de Lewis en présence d'eau. C'est H^+ qui se forme :



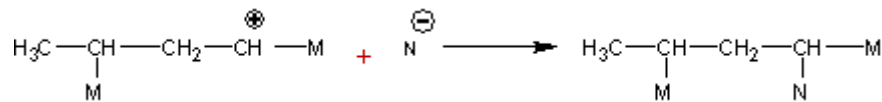
L'étape suivante est la **propagation** :



L'arrêt ou terminaison:

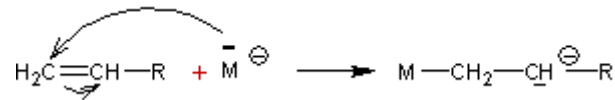


ou

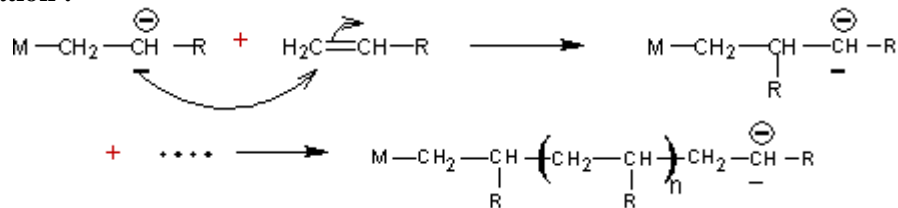


** **anionique** : L'initiation nécessite une base : ion hydroxyde HO^- , ion alcoolate RO^- , ion amidure NH_2^- : on le désignera par M^- .

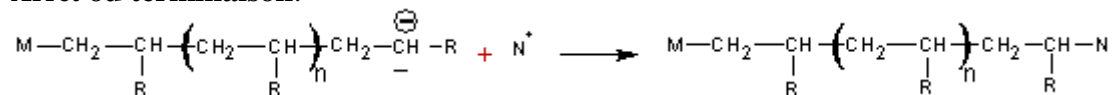
Initiation :



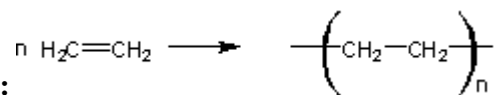
Propagation :



Arrêt ou terminaison:

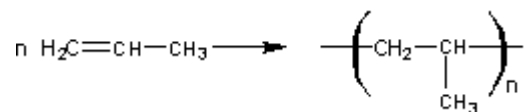


D) Polyoléfines :



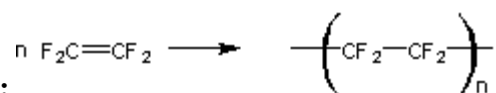
1) Polyéthylène :

Inertie chimique remarquable (structure d'alcane) ; application: flacons pour produits très divers. Facilité de mise en forme: feuilles d'emballage, cuvettes moulées. Excellent isolant électrique; application: gaines pour lignes électriques.



2) Polypropylène (= polypropène):

Ressemble au polyéthylène haute densité ; tissu (Méraklon), cuves d'accumulateurs, rubans pour cercler les colis.



3) Téflon :

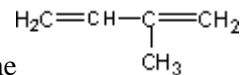
C'est le polytétrafluoroéthylène (PTFE) Résistance chimique remarquable ; peut supporter 200°C ; anti-adhérent.

Applications:

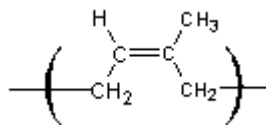
- Revêtement de poêle à frire, de cuves de réacteurs dans l'industrie chimique.
- En chirurgie, clips vasculaires ; utilisé aussi en orthopédie.
- On peut aussi citer un tissu à base de PTFE, le Gore-Tex® :

II) Caoutchoucs artificiels:

Les élastomères: Ce sont des substances qui sous l'effet de la traction subissent un allongement important (seules sont intéressantes celles dont les dimensions peuvent tripler) qui cesse quand l'action mécanique cesse. Le caoutchouc naturel extrait du latex de l'hévéa est



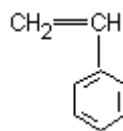
le **polyisoprène**, l'isoprène étant le 2-méthylbutadiène



Le motif du caoutchouc naturel:

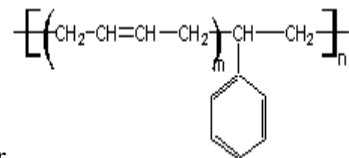
La polymérisation du 2-méthylbutadiène peut aussi se faire par enchaînement (Z) 1,4 en utilisant du lithium métal finement divisé ou des catalyseurs de type Ziegler (tétrachlorure de titane et trialkylaluminium). Le (E) 1,4-polyisoprène appelé gutta-percha a des propriétés différentes du caoutchouc naturel (plus dur et cassant). Contrairement à celui-ci qui a une structure amorphe, le gutta-percha, du fait de son enchaînement (E), a une structure semi-cristalline.

1) A partir du butadiène : $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$



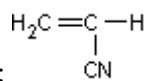
* **copolymérisation avec le styrène :**

donne le SBR (Styrène Butadiène Rubber) utilisé pour la fabrication des pneus de tourisme.



Gomme styrène-butadiène (SBR), styrène butadiène rubber

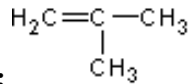
Suivant le nombre d'unités butadiène et styrène on aura un caractère **élastomère** plus marqué (avec une grande majorité de **butadiènes**) ou **thermoplastique** plus marqué (avec une grande majorité de **styrènes**).



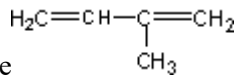
* **copolymérisation** avec l'acrylonitrile :

donne le caoutchouc nitrile particulièrement résistant à l'essence et à l'huile ; application : tuyaux de distribution d'essence.

Remarque : seul, le polybutadiène n'est pas très intéressant, mais mélangé à du caoutchouc naturel, à du polyisoprène de synthèse ou à du SBR, il sert à faire des pneus très résistants pour gros engins.

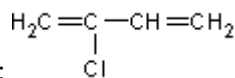


2) A partir de l'isobutène :



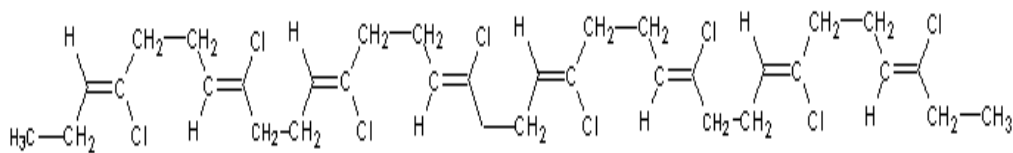
copolymérisé avec quelques % d'isoprène

donne le Butyl, particulièrement imperméable aux gaz ; application : chambres à air.



3) A partir du chloroprène :

On obtient le néoprène....

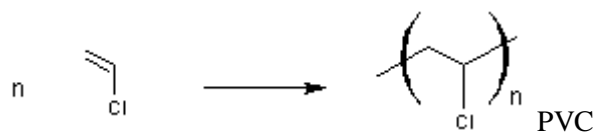


résistant aux frottements, au soleil, aux solvants ; ne propage pas la flamme. Application: gaines électriques, courroies, combinaisons de plongée, pâtes élastiques pour l'étanchéité, colle (colle au néoprène). A cause de ces nombreuses doubles liaisons, la qualité des caoutchoucs se perd au fil du temps.

III) Polymères vinyliques : Le groupement vinylique est $\text{CH}_2=\text{CH}-$

1) Polychlorure de vinyle : (ou chlorure de polyvinyle ou PVC)

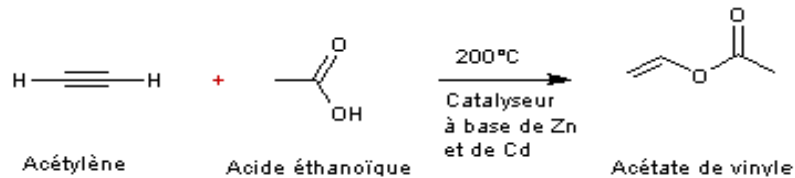
Le chlorure de vinyle est un gaz qui se polymérise spontanément



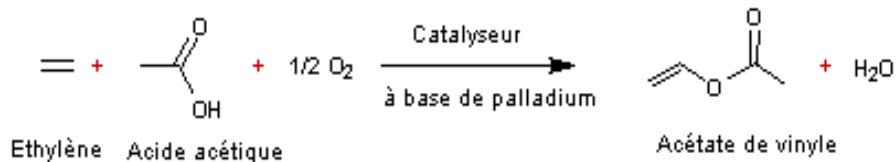
Rigide mais facile à plastifier, ses applications sont nombreuses: on utilise surtout son aptitude à donner des profilés : fils (tissu Rhovyl), tuyaux pour l'écoulement des eaux. Utilisé aussi en médecine (poches de sang, cathéters). C'est un bon isolant électrique (gaines de fils électriques) ; on l'utilise aussi pour des revêtements de sol (gerflex), pour imiter le cuir (skaï), en peinture (peinture vinylique).

2) **Poly(acétate de vinyle)**. Le poly(acétate de vinyle) s'obtient par polymérisation d'un monomère, l'acétate de vinyle. L'acétate de vinyle s'obtient, lui, industriellement de deux façons:

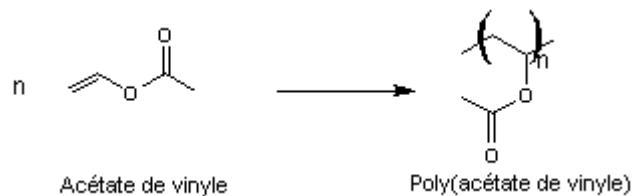
* soit par action de l'acétylène en excès sur l'acide acétique à 200°C avec des catalyseurs à base de zinc ou de cadmium.



*Soit par acétoxydation catalytique de l'éthylène en présence d'acide acétique et d'oxygène ; le catalyseur est du palladium (Pd) déposé sur de l'alumine et dopé par l'acétate de potassium.



La polymérisation de l'acétate de vinyle



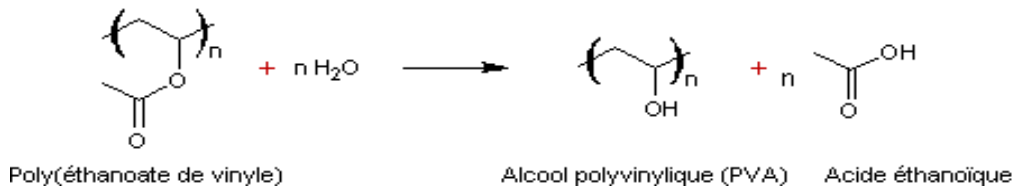
Application : colle blanche ; spécialement efficace sur les matériaux poreux.

Remarque : L'hydrolyse du polyacétate de vinyle fournit le poly(alcool vinylique) ou alcool polyvinylique (PVA), intermédiaire dans la fabrication d'autres matières plastiques : les

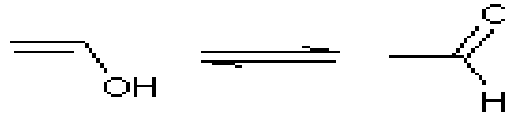
polyacétals.

$$\left(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH}) \right)_n$$

Ce polymère n'est pas obtenu par polymérisation d'un monomère insaturé, mais par hydrolyse d'un autre polymère, le poly (acétate de vinyle) :



Ceci tient au fait que l'alcool vinylique n'est pas stable ; c'est sa forme tautomère l'éthanal qui

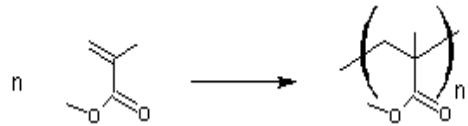


l'est :

Alcool vinylique **Ethanal**

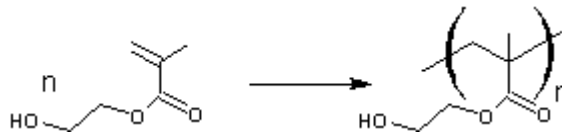
IV) Polymères acryliques : Ce sont des polymères dérivant de l'acide acrylique CH₂=CH-COOH.

1) Polyméthacrylates : - de méthyle : ou PMMA



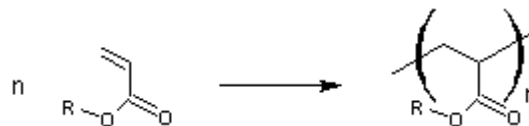
On obtient facilement un produit très transparent. C'est un **verre organique (plexiglas)**; pour cette raison, on l'utilise en optique (**verre de lunettes, lentilles de contact rigides, cristallins artificiels**). On obtient le PMMA par polymérisation radicalaire du méthacrylate de méthyle ou MMA.

- de 2-hydroxyéthyle :



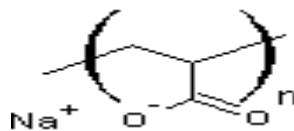
Utilisé pour faire des **lentilles de contact souples**.

2) Polyacrylates :



Application : peinture acrylique

Le polyacrylate de sodium :



absorbe **800 fois** sa masse en eau distillée, **300 fois** sa masse en eau du robinet et **60 fois** sa masse en sérum physiologique (0,9% NaCl) ; c'est ce qu'on appelle un **polymère super absorbant** et qu'on désigne par le sigle **SAP** (Super Absorbent Polymer).



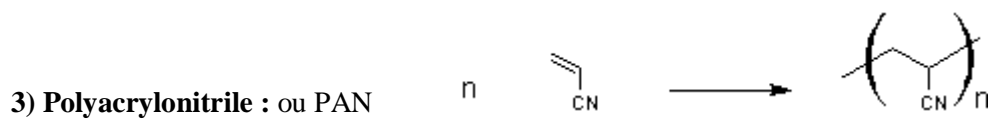
Avant absorption de l'eau



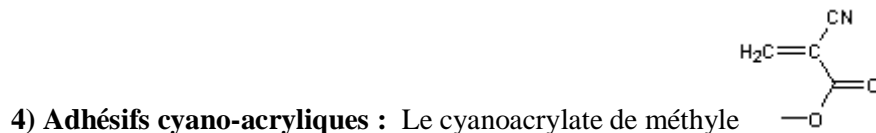
Après absorption de l'eau

Il est utilisé comme absorbant dans les **couches jetables** qui en contiennent environ 15g (soit un pouvoir absorbant de **900g d'urine environ**).

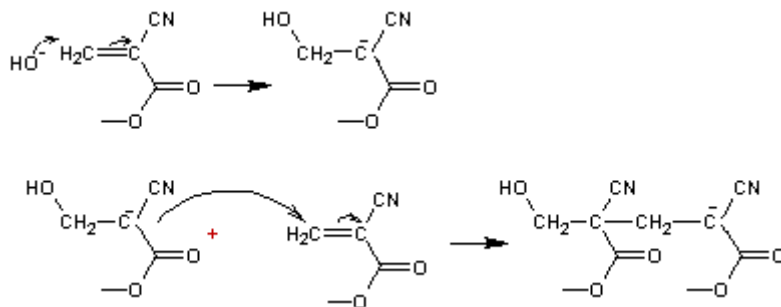
Le polyacrylate de sodium enserre les molécules d'eau qui sont retenues par attraction électrostatique comme indiqué ci-dessous et forme un gel :



Applications : Fibres textiles (Crylor...). **Fibres de carbone:** Le polyacrylonitrile est un précurseur pour l'obtention de fibres de carbone. Les utilisations soit directement sous forme de fibres soit sous forme de matériau composite fibre de carbone-carbone sont nombreuses : raquettes de tennis, cannes à pêche, bâtons de ski, clubs de golf, vélos, pales d'éoliennes, renforcement du béton, pièces d'avions (freins, empennages, volets), pièces de voitures (freins de voitures de formule 1) ; on l'utilise en chirurgie (prothèse de hanche par exemple)....



est un monomère qui se polymérise très rapidement en présence d'un nucléophile (souvent HO⁻) pour donner une colle très résistante :



- **Utilisation de ces adhésifs** : Superglue est une dénomination très connue de ce type d'adhésif. Ils sont très résistants et à prise très rapide ; ils ont des usages industriels et

domestiques. Les colles cyanoacryliques sont susceptibles de convenir à tous les matériaux sauf le téflon.

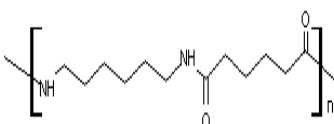
D) Polymérisations par condensation :

I) Polyamides :

Caractérisés par la répétition du groupement peptidique -CO-NH- qui résulte de la condensation, d'un acide carboxylique et d'une amine :



1) Nylon : 1-1) Le nylon 6-6. **L'acide adipique** $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ et **l'hexaméthylènediamine** $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ condensés à 270°C et 10 atm donnent un

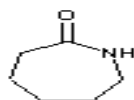
polymère :  dont le motif (entre crochets dans la formule ci-dessus) est : $-\text{HN}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{OC}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$. Cette structure rappelle celle de la kératine des poils (laine) et celle de la fibroïne de la soie. On peut faire des fils de nylon remarquablement tenaces (~ acier), résistants à l'usure, au froissement et qui prennent la teinture----> tissus.

On les utilise aussi en chirurgie; Les fils de suture en polyamides sont des monofils non résorbables, mais une hydrolyse progressive peut se produire qui diminue leur résistance dans le temps.

Ils sont utilisés pour des fermetures cutanées mais aussi en **neurochirurgie** en **microchirurgie** et en **ophtalmologie**.

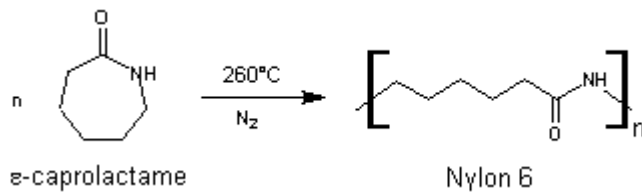
NB: ce nylon est le polyamide **6-6 (amine à 6C et acide à 6C)**; le mot " nylon " qui est une marque, remplace souvent polyamide.

1-2) Le nylon 6 : On fabrique couramment un autre nylon, le polyamide 6 dont le motif est $-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-\text{NH}-$



ϵ -caprolactame

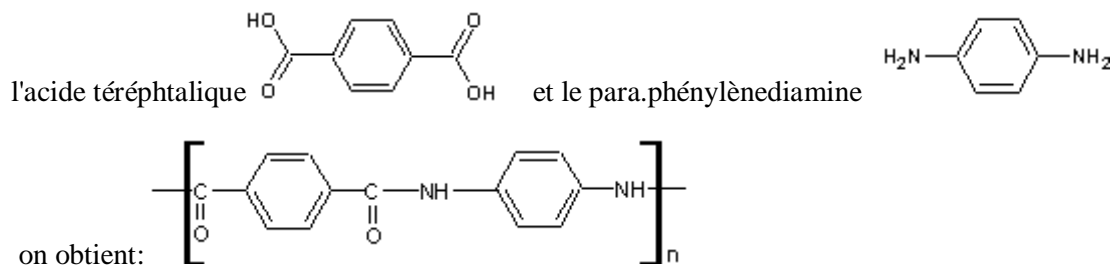
Le caprolactame est un lactame (amide cyclique) à 7 atomes dans le cycle. Il peut se polymériser par ouverture de cycle (POC) et conduit à un polymère le nylon 6



Très utilisé à la sortie de la guerre comme fibre synthétique (Perlon ®) pour fabriquer notamment des bas, le nylon 6 est aussi utilisé en chirurgie pour des fils de suture en association avec le nylon 6-6 ou seul ; les domaines d'application étant les mêmes que ceux du nylon 6-6.

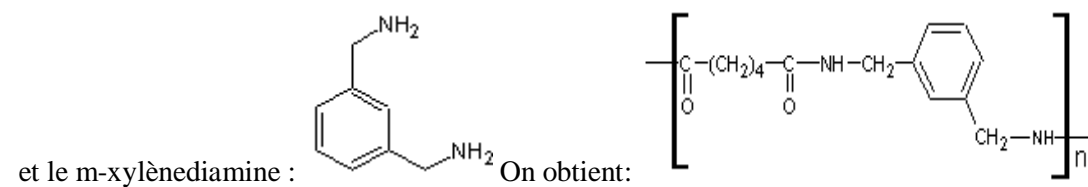
3) Polyaramides :

Couramment appelés "aramides"; ce sont des polyamides comportant des noyaux aromatiques. L'aramide le plus connu est le Kevlar ® obtenu en 1973 en condensant



Sa résistance mécanique et à la chaleur est supérieure à celle du nylon ; la résistance mécanique est même supérieure à celle de l'acier, mais inférieure tout de même à celle des fibres de carbone. Cela est dû au fait qu'il possède une structure cristalline ; en effet, il existe de **nombreuses liaisons hydrogène** entre les chaînes polymères, elles sont bien alignées, régulières et orientées. C'est aussi un très bon **isolant électrique**.

On connaît aussi des méta- aramides ; par exemple avec l'acide

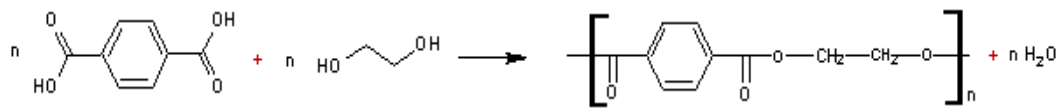


Elles constituent des **fibres textiles légères** et résistantes.

II) Polyesters : Ils comportent la répétition de la fonction ester.

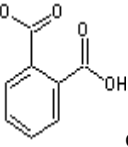
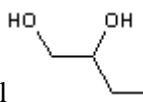
1) Polytéréphtalate d'éthylène glycol : ou PET

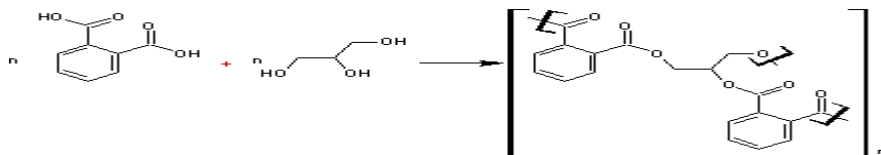
L'acide téréphtalique et le glycol conduisent à un polymère, le poly(téréphtalate d'éthylène glycol).



Les applications de ce polymère sont nombreuses: textile (Tergal); **ruban** support d'enregistrement audio et vidéo (**cassettes**), feuilles d'emballage conservant l'arôme (café), bouteilles de boissons gazeuses. Il est aussi utilisé en chirurgie sous forme de fils enduits de silicone ou de **téflon**.

2) Résines glycérophtaliques : Exemple :

L'acide orthophtalique  et le glycérol  ou HO-CH₂-CHOH-CH₂-OH

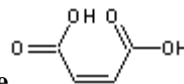


donnent:

On obtient un réseau réticulé tridimensionnel. L'état de ces substances les rend particulièrement aptes à être utilisées dans des vernis et des peintures.

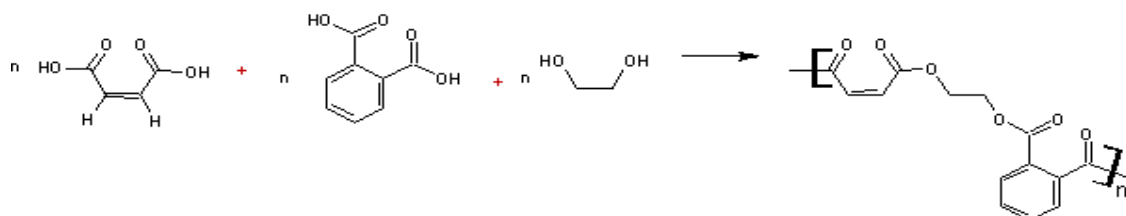
Remarque : On a donné à de telles macromolécules le nom de glyptals (glycérophtalique) et plus généralement, avec d'autres alcools (alkohol en allemand) et d'autres acides (acid) le nom d'alkydes.

3) Polyesters insaturés : Exemple: L'acide maléique



et l'acide ortho phtalique 

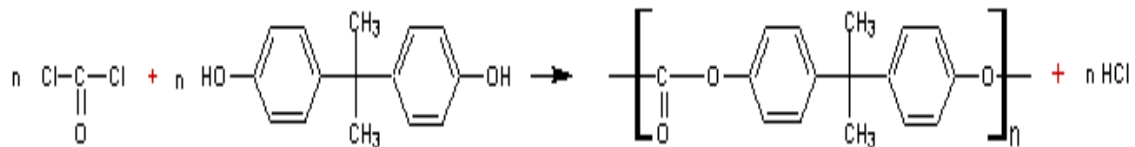
avec le glycol HOCH₂-CH₂-OH donnent :



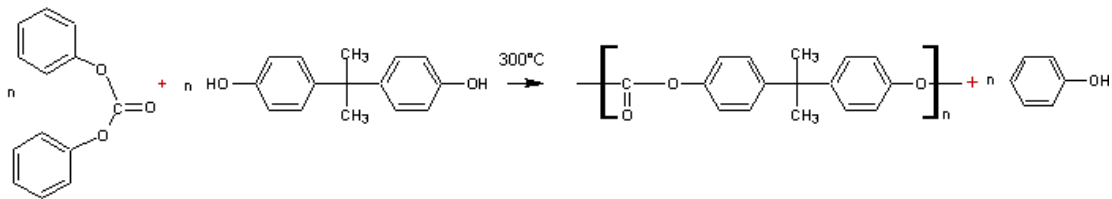
le polymaléophtalate d'éthylèneglycol. Le plus souvent on leur incorpore de la fibre de verre.

Application : éléments de **carrosserie, coque de bateaux**.

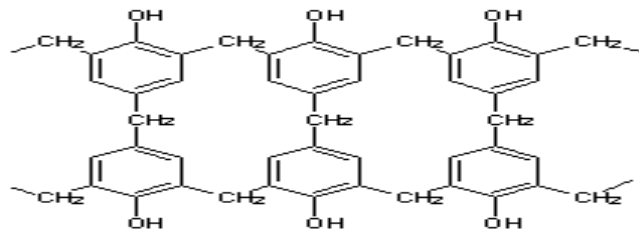
III) Polycarbonates(ou PC). Le chlorure de carbonyle (COCl_2) avec un diphénol (le bisphénol A) conduit à un polymère transparent, résistant aux chocs. Applications: panneaux de balcons:



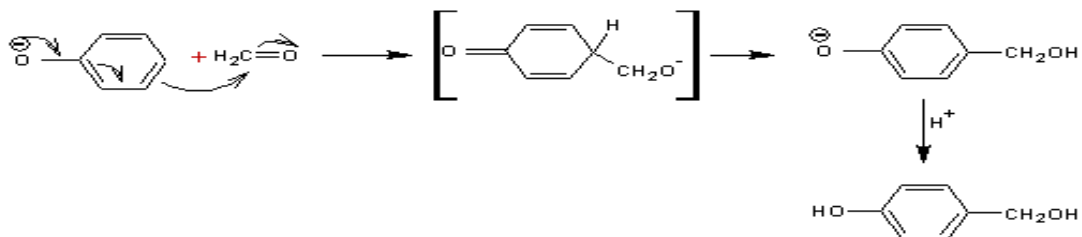
Ce même polymère (le **poly(carbonate de bisphénol A)**) peut aussi s'obtenir en faisant réagir le bisphénol A sur le carbonate de diphényle selon l'équation :



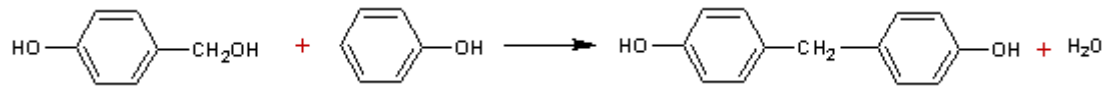
IV) Phénoplastes : Ils résultent de la polycondensation d'un phénol et d'un aldéhyde. Exemple : résine Phénol-Formol (méthanal) = bakélite ; ce nom vient de son inventeur : L.H. Baekeland (1863-1944), chimiste belge puis américain.



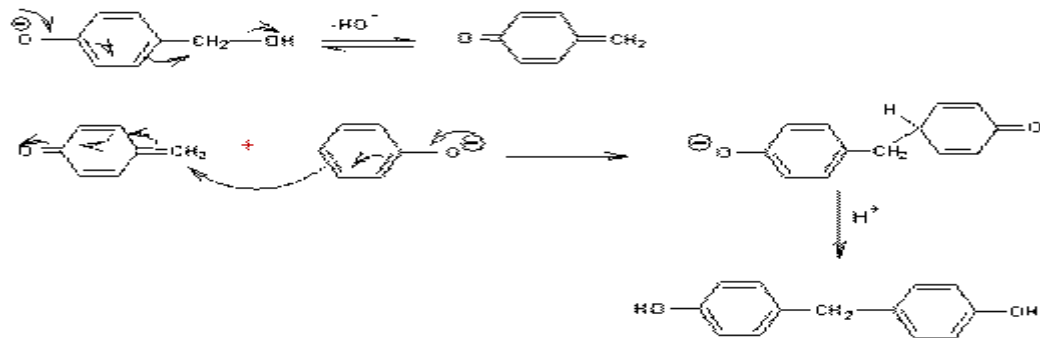
On obtient des matières dures (plastiques thermodurcissables), de couleur sombre, à propriétés isolantes avec lesquelles on fait des objets moulés (**queues de casseroles**), des supports de circuits imprimés, des résines échangeuses de cations (type phénoplaste sulfoné). Globalement on peut considérer qu'il s'agit d'une élimination d'eau entre deux cycles benzéniques et une molécule d'aldéhyde ; l'existence de trois endroits réactifs sur la molécule de phénol (en ortho et en para par rapport au OH) permet la formation d'un réseau complexe tridimensionnel (résine) dont la représentation ci-dessus n'est que partielle. Le mécanisme implique tout d'abord, la formation d'un alcool hydroxybenzylique :



La seconde étape est la **condensation** de cet alcool avec une molécule de **phénol**, en para ou en ortho du OH phénolique :



par le mécanisme suivant :



VI) Polyéthers (-R-O-R-O-). Ils résultent de la polycondensation de diols ou de la polymérisation d'aldéhydes.

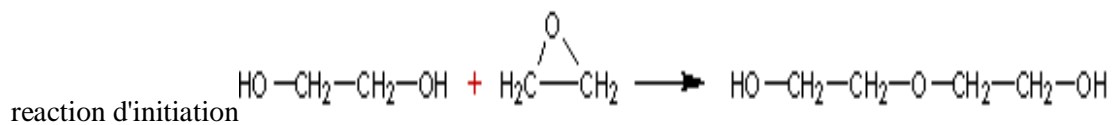
Exemples : - le polyoxyméthylène $-\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-O-} \dots$ (ou POM) . Il est obtenu par polymérisation du **formol (méthanal)**. C'est un auto-lubrifiant; il **atténue les bruits**.

Application : galets anti-bruit. Il est résistant au dépôt de microorganismes. Application : hachoirs à viandes, raccords d'adoucisseurs d'eau.

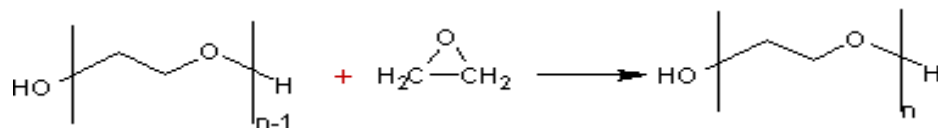
- le polyéthylèneglycol $-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-} \dots$ (**PEG**)

En théorie $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \longrightarrow \text{-(O-CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n\text{-O-}$

En pratique, on réalise l'addition de l'oxyde d'éthylène en utilisant de l'éthylène glycol pour la



puis chaque addition d'une molécule d'oxyde d'éthylène allonge la chaîne :



Applications diverses : Le PEG est utilisé comme gélifiant, mais aussi comme hydratant dans les produits cosmétiques (crèmes, shampooings..).

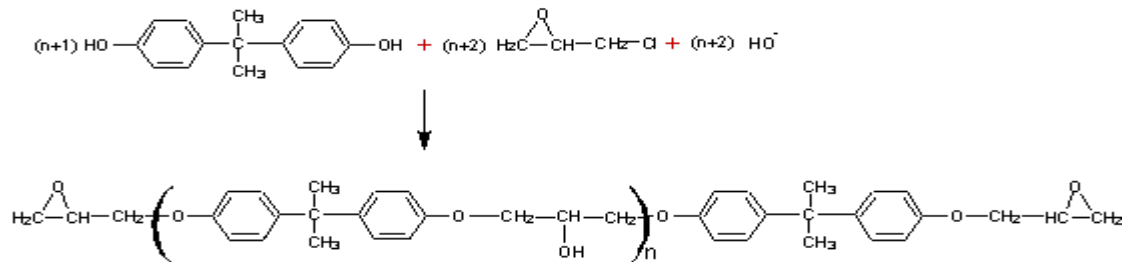
En pharmacologie, on rend les liposomes furtifs dans les nanomédicaments en les entourant de "filaments de PEG".

VII) Polymères époxydes : Résines dont l'obtention est basée sur la chimie des époxydes. Rappelons qu'un époxyde (ou oxirane) est une molécule contenant un "pont oxygène" entre

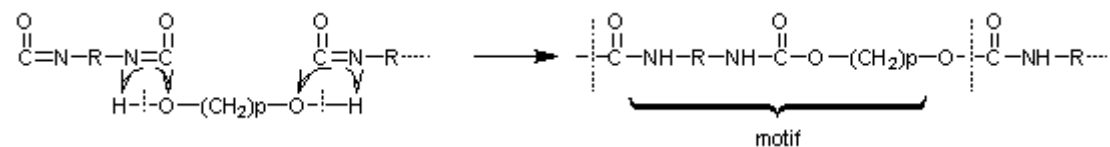
deux carbones adjacents d'une molécule :



La première étape est la formation d'un prépolymère par condensation polymérisation du sel de sodium du bisphénol A avec l'épichlorhydrine en présence de soude :



VIII) Polyuréthanes : Résultent de l'action d'un di-isocyanate sur un diol

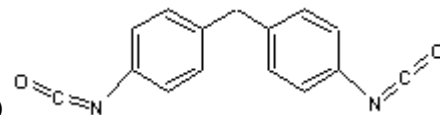


Remarque : c'est une polycondensation sans élimination.

On fabrique couramment le polyuréthane pour lequel $p=4$ et R est le toluène :



Le 4,4'-diphénylméthane diisocyanate (ou 4,4'-MDI)

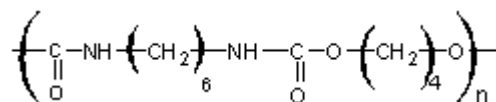


est aussi très utilisé.

Applications : En médecine: **cathéters, pompes cardiaques.**

Sous la forme expansée : **matelas mousse.**

Une application très connue est l'élasthanne :



Thermoplastique, très élastique, cette fibre a été introduite d'abord dans les **vêtements de sport** (maillots, justaucorps, collants...), puis dans l'ensemble des vêtements dès les années 1980.

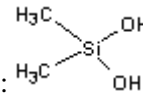
La surface des vêtements en élasthanne est très lisse et résiste au développement des champignons ; cette fibre ne perd pas son élasticité aux basses températures et n'entraîne pas d'allergie contrairement au latex. Elle se teint très facilement.

IX) Silicones : Les silicones découverts par Friedel, Crafts et Ladenburg, furent préparés à partir de 1904 par Frederic Stanley Kipping (1863-1949) Professeur à Nottingham (Angleterre) et Walther Dilthey Professeur à Bonn (Allemagne):

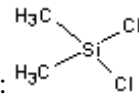
- Le Silicium, tétravalent comme C, peut remplacer celui-ci dans la constitution d'édifices



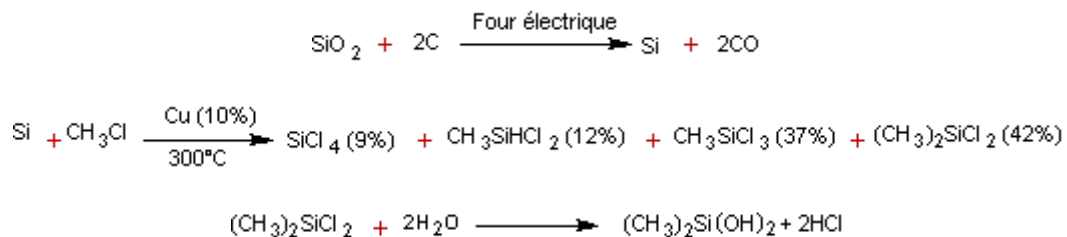
-Les silicones sont des polymères (polysiloxanes) obtenus par déshydratations intermoléculaires du diméthylsilanediol (ou dihydroxydiméthylsilane):



cette molécule dérivant elle-même du dichlorodiméthylsilane :

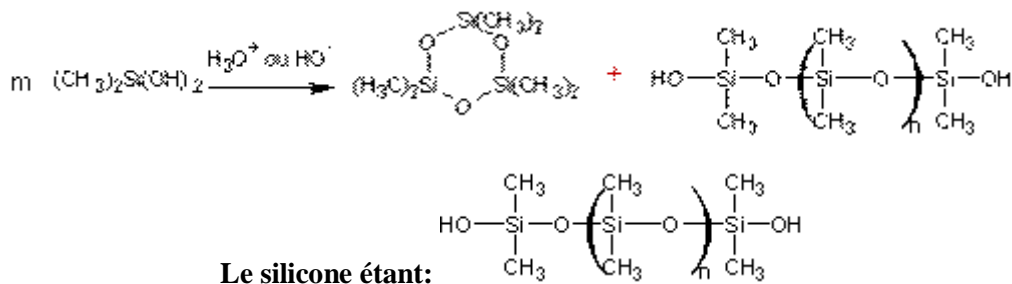


Le schéma de synthèse des silicones peut se résumer par la suite de réactions ci-dessous :



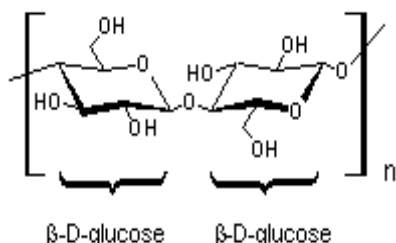
Si l'on veut isoler le diméthylsilanediol il faut opérer en **milieu neutre** et en **forte dilution**.

La dernière étape est une polymérisation par déshydratation en milieu acide ou basique du diméthylsilanediol :



E) Macromolécules naturelles :

I) Cellulose : Résulte de la polycondensation de glucose ($C_6H_{12}O_6$). $CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CHOH-C(H)=O$ Cette molécule peut prendre une forme cyclique : Pour la cellulose ce sera le β -D-glucopyranose



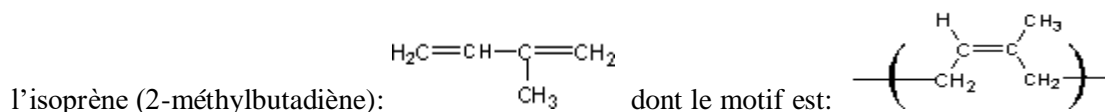
Les différentes chaînes linéaires placées côte à côte sont liées par de nombreuses liaisons hydrogène ce qui donne à ce matériau une très grande rigidité et qui explique qu'elle est la substance de soutien (parois) des cellules jeunes des végétaux.

La cellulose s'obtient également à partir du bois; le bois est essentiellement constitué de cellulose et de lignine; un traitement à l'hydrogénosulfite de calcium détruit la lignine; il reste la pâte de bois; on en fait le papier, le carton, ...

Elle n'est pas attaquable par les sucs digestifs de l'homme. C'est une matière première de tout premier ordre dans l'industrie chimique.

Elle est insoluble dans l'eau et la plupart des solvants organiques et n'est solubilisée que par une solution ammoniacale d'hydroxyde de cuivre (II) : la liqueur de Schweitzer. Son hydrolyse acide conduit au glucose.

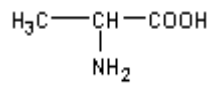
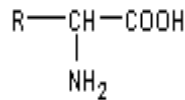
II) Caoutchouc naturel : Provient de la coagulation du suc laiteux (latex) de l'hévéa; la coagulation s'obtient par action de l'acide éthanóique CH_3COOH . C'est un polymère de



A l'état pur, c'est un solide blanc, un peu moins dense que l'eau, soluble dans le benzène (C_6H_6), le tétrachlorométhane (CCl_4).

Il se soude à lui-même, à froid, par simple pression (pour $5 < T < 35^\circ C$). A $T < 5^\circ C$, il est cassant; à $T > 35^\circ C$, il se ramollit. Pour lui conserver son élasticité à froid et à chaud, on lui incorpore environ 3% de soufre et diverses charges (magnésie, craie,...); on obtient alors du caoutchouc vulcanisé. En incorporant davantage de soufre (30%), on obtient un produit dur et cassant: l'ébonite. C'est un bon isolant électrique.

III) Protéines : Résultent de la polycondensation d'un grand nombre d'acides α -aminés :



Exemple : l'alanine

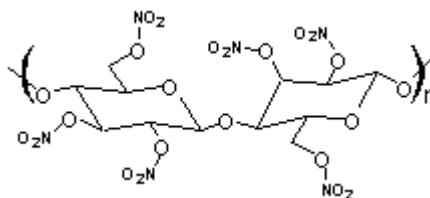
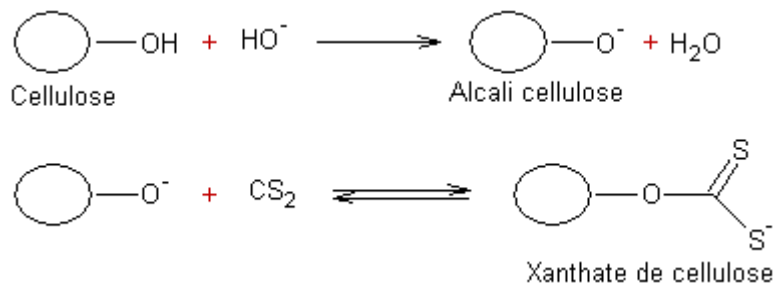
La polycondensation donne une succession de liaisons peptidiques :



Les acides α -aminés et les protéines sont des constituants essentiels de la matière vivante. La chair des animaux est essentiellement constituée de protéines. L'albumine des oeufs, les globulines du plasma, la kératine des poils, etc.... sont des protéines. La nature, le nombre et l'ordre d'enchaînement des divers acides aminés obéissent à des lois rigoureuses pour former chaque protéine.

F) Substances macromoléculaires artificielles, dérivées de macromolécules naturelles :

I) Viscose : Cellulose avec NaOH concentré -----> alcali-cellulose qui, avec CS₂ ----> xanthate de cellulose. Le xanthate de cellulose se dissout dans la soude en donnant un liquide sirupeux, la viscose, qui se coagule au contact des acides en donnant une substance transparente et brillante. On obtient ainsi les feuilles de cellophane et les fils de rayonne. Les tissus de rayonne ressemblent à ceux en soie.



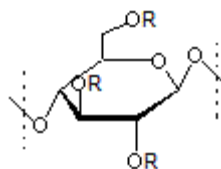
II) Nitrate de cellulose :

HNO₃ peut estérifier les -OH de la cellulose -----> " nitrocelluloses ". Le nitrate de cellulose à 12% d'azote (2 NO₂ par motif - attaque des OH secondaires) dissous dans un mélange alcool-éther, donne un liquide sirupeux (collodion) ; ce produit, mélangé à du

camphre en solution dans l'alcool donne une pâte qui, après évaporation de l'alcool, devient le celluloïd ; utilisation : balles de ping-pong. Une nitration plus poussée de la cellulose (~ 13% d'azote) fournit le coton-poudre, explosif sans fumée. Le coton, après traitement par le mélange sulfo-nitrique, a à peu près l'aspect d'origine, mais il est plus rugueux; on en fait une pâte par dissolution partielle dans un mélange alcool + éther; cette pâte est ensuite filée, séchée et réduite en granulés.

III) Acétate de cellulose : Une ou plusieurs molécules de CH_3COOH peuvent estérifier les -OH du motif de la cellulose. La cellulose moyennement acétylée, soluble dans l'acétone, peut donner une pâte qui, filée et séchée conduit aux fils d'acétate; les tissus d'acétate ressemblent à la soie; avec l'acétate de cellulose on fait encore les pellicules, support d'émulsions photographiques, des montures de lunettes, des stylos, des manches d'outils, du vernis,.....

IV) Autres composés cellulosiques : La famille des cellulosiques comporte un grand nombre de matières qui sont des dérivés de substitution des fonctions alcools.



- Avec $\text{R} = \text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (propionate), $\text{CO}-\text{CH}_3$ et $\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (acéto butyrate) on fait des articles de bureau, des boîtiers de protection,

- Avec $\text{R} = \text{CH}_3$ méthylcellulose, C_2H_5 éthylcellulose, $\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ hydroxyéthylcellulose, CH_2COOH carboxyméthylcellulose on obtient surtout des émulsifiants, des gélifiants, des cosmétiques, Certains de