

Audrey Bussens

Section PCB

Julie Blocry

Mélissa Duray

Maxime Corbisier

Printemps des sciences 2009

La révolution des plastiques

Table des matières

| | | |
|-------|--|----|
| 1.1 | Avant propos / introduction | 3 |
| 1.1.1 | Les polymères : généralités | 3 |
| 1.1.2 | Qu'est-ce que le plastique ? | 4 |
| 1.1.3 | Petit historique | 5 |
| 1.2 | Technique de synthèse des plastiques | 5 |
| 1.2.1 | Fabrication du nylon | 6 |
| 1.2.2 | La galalithe : | 8 |
| 1.2.3 | Cas particulier : le SLIME. | 9 |
| 1.3 | Principaux types de plastiques qui nous entourent | 11 |
| 1.4 | Les principales propriétés des plastiques | 21 |
| 1.4.1 | Comportement à la chaleur | 21 |
| 1.4.2 | Comportements mécaniques | 21 |
| 1.4.3 | Masse volumique | 21 |
| 1.4.4 | Elasticité | 21 |
| 1.4.5 | Capacité à absorber un liquide | 22 |
| 1.5 | Problématique de la gestion des déchets plastiques | 23 |
| 1.5.1 | Si on ne fait rien | 23 |
| 1.5.2 | Incinération | 24 |
| 1.5.3 | Le recyclage | 25 |
| 1.5.4 | Polymères biodégradables et bio-fragmentables | 26 |
| 1.6 | Bibliographie | 28 |

Printemps des sciences

La révolution des plastiques

1.1 Avant propos / introduction

Dans le cadre du printemps des sciences se déroulant sous forme d'ateliers encadrés du 23 au 29 mars 2009 à l'Université Libre de Bruxelles, nos professeurs nous ont proposé divers sujets dont un portant sur les plastiques. C'est celui que nous avons décidé de développer dans le but de sensibiliser la jeunesse à l'importance des plastiques dans la vie de tous les jours ainsi que son recyclage pour la sauvegarde de l'environnement.

Dans ce dossier, nous commencerons par exposer brièvement ce que sont les polymères, les plastiques ; comment se fabriquent ses plastiques, leurs avantages et inconvénients.

A l'ULB, nous comptons séparer la classe en deux groupes après avoir parlé de généralités sur les plastiques ; les activités proprement dites dureront à peu près une heure pendant laquelle nous allons réaliser avec les élèves différentes expériences de fabrication et de caractérisation de plastiques. Nous terminerons par sensibiliser les élèves sur le recyclage.

1.1.1 Les polymères : généralités

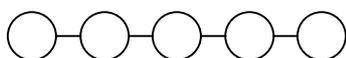
.....Tout d'abord, qu'est ce qu'un polymère ?

C'est une macromolécule, une chaîne d'unités répétitives appelées monomères et liées entre eux par des liaisons covalentes. Les monomères ont souvent de faibles masses moléculaires relatives tandis que les macromolécules ont des masses moléculaires élevées.

Nous pouvons par analogie imaginer qu'un train est un polymère, chaque wagon (monomère) se rattache à un autre pour former le train.

Il existe des polymères naturels tels que :

- protéines □ ensemble d'acides aminés (monomères) formant une chaîne polypeptidique.



| | |
|---|-------------------|
|  | Acide Aminé |
|  | Liaison covalente |

- L'amidon : c'est une chaîne composée de molécules de glucose liées entre elles.
- L'ADN : c'est une double chaîne en hélice formée de nucléotides (= sucre + groupement phosphate + base azotée).

Pour une meilleure compréhension des élèves, nous leur parlerons uniquement de la chaîne d'acides aminés et pas de l'ADN, ni de l'amidon car les élèves ne l'auront sans doute pas encore vu.

1.1.2 Qu'est-ce que le plastique ?

Le petit Larousse illustré 2000 nous dit qu'un plastique (ou une matière plastique) est une matière synthétique constituée essentiellement de macromolécules et susceptible d'être modelée ou moulée à chaud ou sous pression.

Pour résumer, le plastique est une matière synthétique et macromoléculaire.

Le plastique est composé de macromolécules, autrement dit un grand nombre d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes.

Il est aussi synthétique car le plastique est, contrairement aux polymères naturels vus précédemment, issu de manipulations laboratoires, les matières plastiques n'existent pas dans la nature, elles sont toutes créées par l'homme.

Nous pouvons aussi dire que le plastique est aussi une matière organique, tout comme le corps humain ou encore comme le bois. Qui dit organique dit carbone : les plastiques sont articulés par une chaîne de carbone sur laquelle sont liés d'autres éléments (essentiellement de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote).

De manière générale, n'importe quelle matière qui peut être chauffée ou moulée et qui conserve sa forme une fois refroidie est un plastique.

Dans la pratique, nous lirons la définition aux élèves et nous leur demanderons d'expliquer les termes « synthétique » et « macromolécule ». Nous expliquerons ensuite la troisième caractéristique qui est « organique ».

Que ferions-nous sans le plastique ? Pourrions-nous vivre sans lui ?

Nous ne pourrions pas imaginer vivre au XXI^e siècle sans les plastiques. Vous ne pourriez, par exemple, pas lire ce texte car il a été écrit au moyen d'un ordinateur qui est majoritairement composé de plastique sous une ou l'autre de ses formes. Vous ne pourriez pas non plus vous brosser les dents, car votre brosse à dent est, elle aussi, faite de plastique. Vous devriez sans doute changer plus souvent de vêtements si ceux-ci ne renfermaient plus de fibres plastiques.

Dans quel état serait votre journal déposé sur le pas de votre porte, s'il n'était pas protégé des intempéries par une pochette plastique ?

Pour en revenir à l'exposé, nous demanderons aux élèves s'ils portent des objets ou des vêtements comportant du plastique sur eux et s'ils ont l'habitude d'utiliser du plastique quand ils sont aux cours. Les élèves seront alors sensibilisés sur l'importance de l'utilisation du plastique dans la vie de tous les jours.

1.1.3 Petit historique

L'histoire du plastique a commencé en 1838 lorsqu'Henri Regnault a synthétisé pour la première fois du PVC, mais cette découverte resta sans suite.

C'est en 1869 que les frères Hyatt ont mis au point le celluloïd qui est d'ailleurs considéré comme la toute première matière plastique artificielle.

En 1889, Jean-Jacques Trillat obtient la galalithe en durcissant la caséine du lait. Cette matière sera utilisée pour fabriquer les boules de billards ainsi que d'autres objets comme des bijoux.

Leo H. Baekeland découvrit la bakélite en 1907 et le cellophane en 1908.

Et il faut attendre 1930 pour voir apparaître le polystyrène qui fut le premier plastique à haute performance.

Les découvertes s'enchaînèrent à un rythme très élevé, et en 1938 le commerce de matières plastiques commença. (Téflon)

C'est depuis 1938, date de leur commercialisation, que les matières plastiques ont occupé une place qui n'a cessé de grandir au sein de nos usines, de nos ménages, nos voitures, ...

À l'aide d'une ligne du temps qui se trouvera sur une affiche, nous retracerons rapidement l'histoire du plastique. Le but étant de montrer aux élèves que la découverte du plastique n'est pas si vieille que cela.

1.2 Technique de synthèse des plastiques

A) Une première technique de synthèse des plastiques est la **polycondensation** :

C'est une réaction au cours de laquelle des monomères de deux types différents vont se lier alternativement et former des polymères ou macromolécules.

X et Y sont les deux monomères de types différents, ils vont se lier alternativement et donner :

... - X' - Y' - X' - Y' - X' - Y' - ...

X' et Y' résultent de la perte par Y ou X d'un atome/groupe d'atomes (exemples : H₂O, HCl...)

La polycondensation est un procédé de synthèse très utilisé au plan industriel

Exemples :

1.2.1 Fabrication du nylon

Objectif de la manipulation :

L'objectif est de réaliser une réaction de polycondensation avec l'élimination de HCl entre une diamine et un dichlorure d'acide.

Diamine : H₂N-(CH₂)_n-NH₂

Dichlorure : ClOC-(CH₂)_{n'}-COCl

Le nylon 6-10 étant formé à partir d'une diamine à 6 atomes de carbone, l'hexaméthylène diamine ou 1,6- diaminohexane : H₂N-(CH₂)₆-NH₂ ainsi que d'un dichlorure d'acide à 10 atomes de carbone, le chlorure de sébacyle ou chlorure de décanedioyle

Matériel :

- Bécher de 50 mL
- Tubes à essai
- Trombones métalliques
- Hexaméthylènediamine
- Hydroxyde de sodium
- Chlorure de sébacyle
- n-heptane

Préparation de la solution basique d'hexaméthylènediamine :

Dans 250 ml d'eau désionisée, dissoudre 2 g de NaOH et 6 g d' hexaméthylène diamine. On obtient une solution à environ 2,5 % en masse et une concentration de 0,2 mol/L.

Préparation de la solution de chlorure de sébacyle dans le n-heptane

Dissoudre 5 mL de chlorure de sébacyle dans 250 mL de n-heptane pour obtenir une solution pour laquelle c = 0,1 mol/L

Remarque :

Réaliser cette expérience sous hotte ou en milieu ventilé car le chlorure de sébacyle

et l'hexaméthylènediamine sont irritants pour la peau, les yeux et le système respiratoire et l'heptane est inflammable, il faut donc éliminer toute source de chaleur se trouvant à proximité !

Mode opératoire :

- Verser 10 mL de solution basique d' hexaméthylène diamine dans un bécher de 50 mL
- Ajoutez-y, en évitant de mélanger les deux phases, environ 10 mL de la solution organique de chlorure de sébacyle

- Observez soigneusement l'interface entre les deux solutions

- A l'aide d'un crochet, saisissez le film de polymère qui se forme à l'interface des deux solutions

- Tirez sur le fil de polymère qui s'allonge spontanément et bobinez-le autour d'un tube à essai

- Lavez abondamment le fil à l'eau et faites le sécher à chaleur douce

Pour nettoyer le bécher, il suffit à la fin de la manipulation, de mélanger le contenu du bécher de manière à obtenir le plus de nylon possible, de le jeter à la poubelle et de laisser évaporer l'heptane.

Pour obtenir un fil coloré, on peut ajouter un indicateur coloré dans la solution basique. Si le colorant employé est de la phénolphtaléine, la coloration disparaît lors du lavage.

Une fois sec, le fil obtenu est élastique !

Un peu d'histoire

La première fibre entièrement synthétique est un polyamide, le nylon tirant son nom d'une déformation de ' no run', car les bas tissés à partir de cette matière ne filaient pas.

Le premier nylon fut découvert en 1935 par Wallace Hume Carothers qui déposa pour la firme Du Pont de Nemours un brevet stipulant que cette soie artificielle était plus solide que la soie naturelle et que la soie rayonne, en outre elle était plus élastique et elle retrouvait plus facilement ses dimensions initiales après avoir été étirée.

Les parachutes en nylon, plus solides et plus résistants que ceux en soie, ont joué un rôle important durant la deuxième guerre mondiale. Ne pouvant plus s'approvisionner en soie au Japon, les Alliés adoptèrent le nouveau tissu synthétique qui contribua également à l'effort de guerre sous forme de toile à pneus.

1.2.2 La galalithe :

Nous demanderons aux élèves s'ils savent ce que l'on peut faire avec du lait. Le but étant d'en arriver à leur demander si un plastique pourrait être obtenu à partir du lait (ce serait une supposition de leur part, faite d'après ce qu'ils connaîtront à ce moment de l'exposé).

Mode opératoire :

- Verser 500 mL de lait dans une casserole et le faire chauffer.
- Quand le lait est chaud, ajouter quatre cuillerées à thé de vinaigre et une matière blanche apparaîtra.
- Laissez refroidir le tout.
- Pendant, le temps que le tout refroidi, préparer un morceau de coton de 20 cm par 20 cm.
- Déposer le morceau de coton sur l'ouverture d'un bocal.- Verser lentement le lait avec le vinaigre sur le morceau de coton.
La matière blanche restera sur le morceau de coton.
- Rincer la matière blanche doucement à l'eau, puis la presser pour en retirer le maximum de liquide.
- Après l'avoir pressée, l'absorber avec du papier essuie-tout pour en retirer le plus d'eau possible.

Voilà, tu as fabriqué ta première matière plastique !!

Maintenant, tu peux créer ce qu'il te plaît.

Mets du colorant alimentaire sur ta matière plastique.

Fais la forme que tu veux et laisse-là sécher.

La matière non utilisée sera placée dans un sac, au réfrigérateur.

Constater le résultat : Oui, réellement le lait donne du plastique.

Expliquer le résultat : Le fait que le lait soit mélangé au vinaigre, crée une réaction chimique (=polycondensation) qui donne une substance qui est le plastique.

Etant donné que n'avons pas assez de temps pour cette manipulation devant les élèves, nous illustrerons celle-ci à l'aide de formes réalisées préalablement

B) Il existe une autre manière pour fabriquer du plastique : **la polyaddition**, c'est cette méthode qui est la plus utilisée.

Une réaction de polyaddition est une réaction au cours de laquelle un grand nombre de monomères, des alcènes (hydrocarbures contenant au moins une double liaison carbone-carbone), vont se lier les uns aux autres et former des polymères. Une des deux liaisons C-C du monomère va se rompre pour permettre aux monomères de se lier entre eux par simples liaisons C-C.

Exemples de plastiques obtenus par polyaddition : le polyéthylène, le polystyrène, le PVC.

Pour faire comprendre ce phénomène aux enfants, nous allons procéder de la manière suivante :

a) *Prenons 4 enfants qui vont se ranger par deux*

b) *Chaque enfant tient les deux mains de son voisin □ nous avons donc formé des monomères (double liaison)*

O=O O=O

c) *Chaque enfant lâche une main pour aller la donner à son autre voisin ayant une main libre pour former une chaîne de monomères (simple liaison)*

O-O-O-O

(O représente un élève // = deux bras // - un bras)

1.2.3 Cas particulier : le SLIME.

C'est une pâte visqueuse et gluante. *(Nous ferons sans doute l'analogie avec Flubber, le film)*

Pourquoi est-ce un cas particulier ?

Ici, au lieu de partir de monomères pour arriver à des polymères, nous allons partir d'un polymère (PVA) et on va créer des connections entre chaînes polymères grâce au tétraborate de sodium.

Nous expliquerons cela aux élèves en prenant par exemple une assiette de spaghettis. Les spaghettis représenteront le PVA. Les connexions seront représentées par le gruyère que l'on ajoute sur les pâtes et qui les fait tenir ensemble.

Mode opératoire :

Matériel et produits :

- Gobelets en plastique transparent
- Éprouvettes graduées
- Pipettes compte-gouttes de 1mL
- Tiges en verre
- Solution aqueuse d'alcool polyvinylique à 7,5%
- Colorant alimentaire
- Solution aqueuse de tétraborate de sodium à 2%

1. Préparation de la solution aqueuse d'alcool polyvinylique à 7,5%

- Ajouter environ 75 g d'alcool polyvinylique dans un litre d'eau désionisée froide et disperser la poudre en agitant.
- Chauffer la solution pratiquement jusqu'à ébullition et continuer à agiter à cette température jusqu'à dissolution complète de l'alcool.
- Laisser refroidir la solution ; cette dernière est alors prête à l'emploi.
- Conserver la solution dans un flacon bouché.

2. Préparation de la solution aqueuse de tétraborate de sodium à 2%

- Dissoudre à chaud (pratiquement à l'ébullition) 5 g de tétraborate de sodium anhydre ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) dans 250 mL d'eau désionisée.

SECURITE

- **L'alcool polyvinylique** ne présente aucun risque particulier.
- **Le tétraborate de sodium** est toxique par ingestion ; ne placez pas le produit préparé en bouche ; lavez-vous soigneusement les mains après avoir touché le produit.
- Evitez de répandre du **slime** sur les vêtements ou sur le mobilier.
- Lorsque le slime perd ses propriétés, jetez-le à la poubelle.

3. Préparation du slime

- Versez dans un gobelet en plastique 20 mL de la solution aqueuse d'alcool polyvinylique.
- Ajoutez éventuellement quelques gouttes de colorant alimentaire.
- Ajoutez 5 mL de la solution de tétraborate de sodium et mélangez le contenu du gobelet avec une tige en verre.
- Enlevez le produit et pétrissez-le en mains ; le matériau devient ferme et peut être utilisé pour mettre en évidence ses propriétés particulières, dites viscoélastiques.
- Etirez lentement ou brusquement le slime ; faites-en une boule et lancez-la sur une surface dure... !)

Pour éviter les mauvaises surprises : si vous avez utilisé une éprouvette graduée pour prélever une solution, rincez-la directement à l'eau très soigneusement.

4. Effets du tétraborate

Lors de l'addition de faibles quantités de tétraborate de sodium à des solutions aqueuses d'alcool polyvinylique, on constate une augmentation de viscosité et, par suite, du collage humide.

5. Application

Le slime est surtout utilisé dans des jeux que les enfants lancent sur les murs.

1.3 Principaux types de plastiques qui nous entourent

Les plastiques font partie intégrante de notre vie, en existe-t-il plusieurs sortes où sont ils tous les mêmes ?

Il existe une multitude de plastiques différents, en voici quelques uns :

Pour l'exposé, nous ne montrerons que les plastiques dits « d'emballages » aux élèves (a,b,c,d,e), car c'est ceux là que nous utiliserons par après pour un petit jeu d'identification. Les autres seront cités.

a) Le Polyéthylène (PE)

- Polyéthylène basse densité (PE BD) : C'est un plastique qui peut être déchiré, moulé, étiré. Il peut servir de joint étanche, de sacs, de boites, ...
Formule : $-(CH_2-CH_2)_n-$



http://www.edqb2b.com/images/produit/produit_la_90667.jpg

- Polyéthylène haute densité (PE HD) : C'est un plastique qui peut être moulé, il est rigide, résistant aux chocs, opaque et apte à la congélation (jusqu'à -40°C). Il est notamment utilisé pour fabriquer des bouteilles, des tubes, des caisses réutilisables, ...
Formule : $-(CH_2-CH_2)_n-$



<http://www.sclassin.com/documents/produits/64-zoom.jpg>

b) Polypropylène (PP)

Ce plastique est rigide, résiste à la stérilisation et au froid, peut être congelé, convient aux micro-ondes, qui ont une faible densité. Il est utilisé pour fabriquer des sachets transparents, des plats destinés à être réchauffés, des pots, des seaux,...

Formule : $-(CH_2-CH-CH_3)_n-$



http://www.exacompta.com/images_catalogues/5977e.jpg

c) Polychlorure de vinyle (PVC) :

Il est transparent, peut être étiré. Il est utilisé pour fabriquer des bouteilles, des flacons, des boîtes alimentaires,...

Formule : $-(\text{CH}_2-\text{CHCl})_n-$



http://pvc.menuiserie-pose.com/imagesArticle/254_menuiserie%20pvc.jpg

d) Le Polystyrène (PS) :

Plastique dur et cassant, il peut être coloré ou transparent.

Formule : $-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Ph}))_n-$ Ph = groupement phényle C_6H_5



IL existe 3 sortes de PS:

Polystyrène cristal : N'a pas une structure cristalline mais porte ce nom en raison de son aspect transparent. C'est un plastique dur et cassant utilisé pour de nombreux types de boîtes, les boîtiers cd notamment.



<http://www.comopsmedia.com/img/boitier.jpg>

□ Polystyrène choc : c'est le plus commun de la famille des plastiques styréniques car il est résistant, capable de supporter des impacts plus forts que le polystyrène. Il est employé par l'industrie pour des produits rigides, légers et moulés.



http://www.touslesprix.com/ph_tar/2/3/5/2/2352580.jpg

□ Polystyrène expansé (PSE) : C'est un plastique léger, isotherme, étanche et il peut être moulé. Il est utilisé pour fabriquer des caisses de transport, des cales de protection, des boîtes alimentaires, frigolite,...



<http://www.iscabags.co.uk/pictures/871.jpg>

Le **polystyrène expansé** ou **frigolite** (PSE) se caractérise par des propriétés remarquables : faible conductivité thermique, résistance à la compression élevée et excellent amortissement des chocs. Il est très sensible aux solvants organiques mais insensible à l'eau, ainsi qu'aux solutions aqueuses salines, acides ou basiques.

Il s'utilise essentiellement pour l'isolation thermique des bâtiments et pour un conditionnement protecteur et une présentation incitant à l'achat lorsqu'il s'agit des emballages, notamment des denrées alimentaires, étant donné son inertie chimique.

Il est possible de fabriquer facilement du PSE dans un moule à partir de billes de polystyrène expansible contenant un agent porogène permet de réaliser des objets aux formes particulières, ici des balles.

Matériel et produits

- Grand béciers (600 à 800 ml) avec de l'eau
- Sources de chaleur (bec bunsen ou plaques chauffantes)
- Cuillères à café
- Boules à thé (pour la variante)
- Billes de polystyrène expansible contenant un agent porogène (pentane)

SECURITE

Les vapeurs de **pentane** peuvent former avec l'air un mélange explosif.

Éliminez tout risque d'inflammation : pas de flamme nue, d'étincelle électrique, d'étincelle de soudure, ni de formation d'électricité statique.

Défense absolue de fumer.

Mode opératoire :

- Faites bouillir de l'eau dans un grand bécier.
- Lorsque l'eau bout, versez deux cuillères à café de billes de polystyrène expansible contenant de l'agent porogène.

VARIANTE :

- Faites bouillir de l'eau dans un grand bécier.
- Dans une boule à thé, versez une petite cuillère de billes de polystyrène.
- Plongez la boule dans l'eau bouillante pendant quelques minutes.
- Retirez la boule, et refroidissez la boule et son contenu dans l'eau courante.
- Ouvrez la boule et récupérez l'objet préparé.

Observations

Lorsqu'on plonge les billes de polystyrène imprégnées de pentane dans de l'eau bouillante, le plastique se ramollit et le pentane se volatilise en faisant gonfler les grains qui occupent plusieurs fois leur volume initial. Pour récupérer facilement les grains de polystyrène après la manipulation, verser le mélange au travers d'un tamis ou d'une passoire.

e) Polyéthylène téréphtalate (PET)

Il est transparent, brillant, résiste aux chocs et constitue une barrière pour les gaz. Il sert de barquettes, de flacons, de bouteilles, de boîtes pour aliments.

Formule : $(C_{10}H_{10}O_4)_n$



http://www.futura-sciences.com/uploads/tx_oxcsfutura/img/plastiques-avant.jpg

f) Polyamide (PA) :

Il résiste aux chocs, aux huiles et graisses ayant une température élevée. Il est utilisé dans les films alimentaires.

Formule : $-(R'-CO-NH-R)-$



http://media.laredoute.fr/product/picture/40980414o_aix.jpg

Nylon : Le nylon est le nom d'une matière plastique de type polyamide utilisée comme fibre textile.

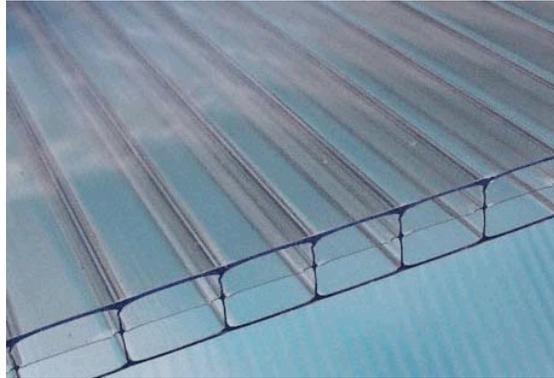
Formule : $(C_{12}H_{22}N_2O_2)$

Ses utilisations :

Dans les textiles : vêtements anti pluie, ...

- *Dans les articles de sport, l'aéronautique, l'industrie navale : le Kevlar.*
 - *Dans les applications médicales : transfusions, seringues, ...*
- g) Polycarbonate (PC) :

Il possède d'excellentes propriétés mécaniques et une bonne résistance thermique jusqu'à 120°C. On l'utilise pour la fabrication des casques de moto ou des boucliers de police. Comme il est très transparent, il sert aussi à la fabrication des CD et des DVD, des vitrages des guichets à l'épreuve des balles et des phares, feux arrière et clignotants de voitures. Il résiste mal aux contacts prolongés avec l'eau, aux agents chimiques et aux rayons ultraviolets.



http://www.cap-sciences.net/upload/differents_plastiques.pdf

h) Polyuréthanes (PUR) :

Ce sont des matériaux dont les caractéristiques sont très variées et avec une grande diversité de textures et de duretés. Ils sont utilisés pour faire les mousses. En fonction des associations chimiques réalisées avec différents monomères on peut obtenir des colles, des élastomères, des fibres (Licra) des mousses souples ou rigides grâce à des agents d'expansion, des polyuréthanes solides et compacts que l'on peut renforcer par de la fibre de verre. On les utilise pour fabriquer des matelas, des sièges de voiture, des tableaux de bord, des roues de patins à roulettes ou des chaussures de ski.



<http://spot.literie.free.fr/images/polyurethane.jpg>

i) Polyesters insaturés :

Ils servent surtout à fabriquer des fibres textiles artificielles, Les tissus produits sont brevetés sous les noms de Dacron, de Tergal ou de Térylène. La fibre polyester est la plus produite dans le monde car son utilisation très répandue dans l'habillement. Ses applications se sont aussi diversifiées dans l'industrie, notamment sous forme de films destinés à l'agriculture, aux travaux publics, aux coques et cabines de bateaux, aux carrosseries d'automobiles, aux piscines.



<http://www.piscines-carriere16.com/piscine3.jpg>

j) Phénoplastes (PF) :

Dans ce groupe, une on retrouve la Bakélite. Ce matériau providentiel a d'innombrables applications dans les domaines scientifiques et dans la réalisation d'objets: téléphones, postes de radio, plan de travail des cuisines. Ils résistent très bien aux produits chimiques et à la chaleur. Elles sont également électriquement isolante.



http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/9/mac/polymere_werkstoff/duroplaste/phenoplast/telefon.jpg

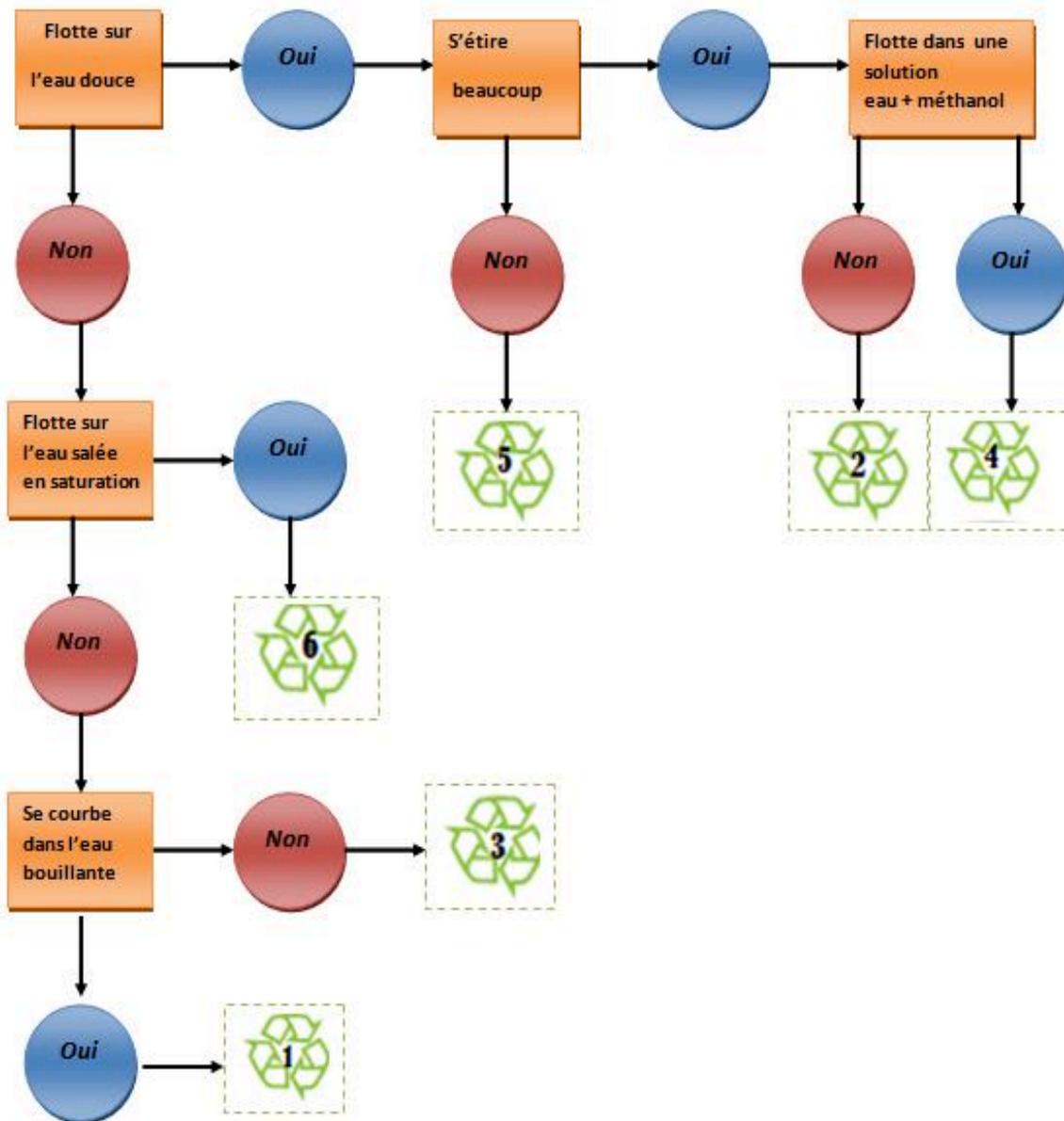
□ Afin que les élèves puissent identifier ces différents types de plastique, nous réaliserons un petit jeu en leur distribuant des petits morceaux de plastique qu'ils devront analyser à l'aide de l'organigramme suivant.

Il existe un code d'identification des plastiques, créé par la Société de l'Industrie Plastique du Canada, dans le but de faciliter le tri et le recyclage des matières plastiques.

Nous formerons quatre groupes d'élèves (donc un pour chaque étudiant) qui auront quelques échantillons à identifier, d'après les résultats expérimentaux qu'ils auront obtenus.

Les élèves auront en leur possession le tableau se trouvant sur la page suivante pour les aider à identifier les plastiques d'emballages.

| Symbole | Sigle | Résine |
|---|--------|---------------------------------|
|  | PET | polyéthylène |
|  | PEHD | polyéthylène haute densité |
|  | PVC | polychlorure de vynile |
|  | PEBD | polyéthylène basse densité |
|  | PP | polypropylène |
|  | PS | polystyrène |
|  | Divers | y compris les PEHD multicolores |



1.4 Les principales propriétés des plastiques

1.4.1 Comportement à la chaleur

Un polymère est thermoplastique si, soumis à une source de chaleur, il se déforme et fond. Cela permet leur mise en forme au moyen des techniques habituelles. L'opération peut se répéter plusieurs fois. La transformation d'un thermoplastique est donc réversible.

Exemples d'applications : le plastique entourant le goulot de la bouteille de vin, les jouets, les films alimentaires, sacs, ...

Un polymère est thermodurcissable lorsque, lors de sa formation, il devient de plus en plus dur au fur et à mesure qu'on le chauffe, l'augmentation de la température entraînant cette modification chimique irréversible conduit à la production d'un solide qui ne pourra plus être ramolli par la chaleur. Ces derniers doivent être moulés lors de leur formation. Sous de trop fortes températures, le thermodurcissable se dégrade (carbonisation).

Exemple d'application : les plats en plastique qui vont aux micro-ondes et au four, les coques de certains bateaux, des pièces de moteurs, ...

1.4.2 Comportements mécaniques

Par rapport aux métaux, les polymères et les plastiques ont un rapport résistance/masse plus élevé, c'est-à-dire qu'à masse égale, les plastiques sont plus résistants que les métaux. Les objets et structures en plastique ont des degrés de résistance aux chocs très variables, allant de très fragile à très tenace.

Exemple d'application : Résistant □ plexiglas

Cassant □ bac à documents

1.4.3 Masse volumique

La masse volumique de la plupart des plastiques est bien plus faible que celle des métaux par exemple : le fer a une masse volumique de $7,7 \text{ g/cm}^3$ tandis que celles des plastiques se situent entre $0,83$ et $2,50 \text{ g/cm}^3$.

1.4.4 Elasticité

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer.

Exemple : le PEHD peut atteindre huit fois sa taille, si on l'étire encore, il se brise.

1.4.5 Capacité à absorber un liquide

Les superabsorbants sont des polymères capables d'absorber, en quelques dizaines de secondes, jusqu'à 1000 fois leur masse d'eau.

Ils se présentent sous la forme d'une poudre blanche. Replié sur lui-même à l'état sec, le réseau se déploie en présence d'eau ou de solution aqueuse, le grain gonfle et forme un gel translucide, plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de fois plus volumineux que le grain sec d'origine.

Applications du superabsorbant : les langes, les « mégas cristaux » constituants des réserves d'eau pour les plantes, ...

Nous demanderons aux élèves s'ils savent comment « fonctionne » un linge. Nous leur montrerons ensuite ce qu'il se passe lorsqu'un superabsorbant entre en contact avec un liquide.

Objectif de la manipulation

Montrer que l'on peut piéger rapidement une grande quantité d'eau au moyen d'un polymère superabsorbant.

L'expérimentateur peut réaliser une sorte de tour de magie en versant le polymère et l'eau dans un gobelet en matière plastique opaque, puis recommencer l'expérience en utilisant un gobelet en polystyrène transparent pour expliciter ce qui se passe.

Les élèves feront, eux-mêmes, l'expérience dans un gobelet en plastique transparent de manière à bien voir l'absorption de l'eau par le polymère.

On peut utiliser deux polymères superabsorbants : HP100, S 35, ce dernier absorbe plus d'eau que le HP100.

Matériel et produits

- gobelets en matière plastique transparente
- cuillères à café
- tiges en verre
- polymères superabsorbants
- eau

Remarque :

Au contact de l'eau, les grains de polymère superabsorbants peuvent former un gel extrêmement volumineux. Il ne faut donc pas les ingérer !

Mode opératoire :

Dans un gobelet en matière plastique, versez une cuillère à café rase de polymère superabsorbant. Observez l'aspect et la grosseur des grains de polymère.

Ajoutez environ 125 mL d'eau dans le gobelet en versant l'eau d'une certaine hauteur pour brasser eau et polymère.

Retourner ensuite le gobelet.

Recommencez l'expérience en utilisant un gobelet en polystyrène transparent pour bien montrer ce qui se passe.

Notez le temps nécessaire pour que l'eau ne s'écoule plus. Observez l'aspect du système résultant.

Observations

Avec le S 35, lorsqu'on retourne le gobelet, l'eau semble avoir disparu en quelques secondes, l'eau forme un gel avec les grains (très fins) de polymère. Avec le HP100 il faut agiter le mélange pendant 1 à 2 minutes pour que toute l'eau soit absorbée par les grains de polymère qui restent distincts et ne s'attachent pas.

A ce stade de l'exposé, nous demanderons aux élèves ce qu'ils font de plastiques dont ils n'ont plus besoin.

Nous leur demanderons si le long des autoroutes, dans les rivières, dans les forêts, ils ne croisent pas souvent des plastiques.

Nous leur montrerons des images sur lesquelles la pollution engendrée par le plastique est visible pour en arriver au recyclage.

1.5 Problématique de la gestion des déchets plastiques

Les principaux avantages des matières plastiques (longue durée de vie, faible dégradabilité, faible densité et grande diversité d'utilisation) deviennent des inconvénients lorsque ces produits, ayant rempli leurs fonctions, deviennent des déchets. Légers, ils sont facilement emportés par le vent ou les rivières ; résistants, ils créent une pollution relativement durable ; très divers et dispersés, ils sont difficiles à collecter et à trier en vue d'un recyclage.

1.5.1 Si on ne fait rien

Les plastiques, à la différence des polymères naturels, sont peu dégradables. Certains de leurs additifs constitués de métaux lourds sont non biodégradables.

On a constaté que des milliards de petits fragments de plastiques étaient présents jusque dans l'océan austral. On en a depuis trouvé dans toutes les mers du globe. On ignore quel impact environnemental ils peuvent avoir à moyen et long terme.

Sur la rive nord de la Méditerranée, au large des grandes agglomérations, les déchets solides, constitués à 75 % de plastiques, infectent les fonds marins. La tortue marine, s'étouffe avec des sacs plastiques, qu'elle prend pour des méduses.

Du fait de leur imperméabilité, les matières plastiques mises en décharges favorisent la formation de poches de gaz, ce qui augmente le risque d'incendies et d'explosions dans les décharges non contrôlées.

En cas d'abandon d'un sac plastique dans la nature, au bout de 14 à 16 mois suivant les conditions climatiques, il devient fragmentable, fragile, il perd ses propriétés mécaniques et cesse d'être un polymère, il devient hydrophile et biodégradable. Même si au terme de 20 ou 30 ans, nous ne percevons pas le matériau dans notre environnement, il existe toujours sous forme de poussières (moins de 0,1 mm de diamètre) ou de particules trop petites (moins d'un mm) pour être identifiées.



Nous demanderons alors aux élèves ce que nous pouvons faire pour se débarrasser de ces plastiques. Nous leur demanderons aussi de critiquer leurs choix, donner les avantages et inconvénients.

1.5.2 Incinération

Inconvénient :

Les déchets sont brûlés dans un four alimenté en air.

La combustion des matières plastiques entraîne la pollution de l'air en produisant des produits toxiques car certains plastiques sont riches en métaux lourds qui peuvent être libérés dans l'environnement.

En effet, la combustion totale des matières plastiques ne produit, pour 80 % d'entre elles, que du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau, s'il y a suffisamment d'air.

Cependant, s'il n'y a pas assez d'air, il y a dégagement de grandes quantités de monoxyde de carbone et de fumée.

Certains plastiques peuvent donner des gaz polluants, azotés ou soufrés.

La plupart des usines d'incinération sont équipées d'installations de lavage des fumées destinées à capter l'essentiel de ces polluants.

Ainsi 90 % du chlorure d'hydrogène, les oxydes de soufre sont neutralisés par des lavages basiques.

Les fumées sont filtrées pour récupérer tous les produits polluants (chlorure d'hydrogène HCl, produits azotés, produits soufrés ...). Ceux-ci doivent être stockés dans des décharges spéciales.

Les combustibles fossiles (pétrole en particulier) utilisés pour la fabrication des matières plastiques sont des sources importantes de gaz à effet de serre.

De nombreux additifs toxiques (plomb, cadmium, chlore en particulier) sont utilisés pour fabriquer certaines matières plastiques courantes, dont le PVC

La combustion facile et très exothermique des plastiques facilite en outre la combustion des autres déchets auxquels ils sont mélangés, ce qui diminue la quantité de combustibles nécessaire au fonctionnement des usines d'incinération.

Avantage :

Ce recyclage permet de réduire le volume des déchets (plastiques et autres) et de récupérer l'énergie dégagée lors de la combustion. Cette énergie est ensuite transformée pour produire de la chaleur et de l'électricité.

1.5.3 Le recyclage

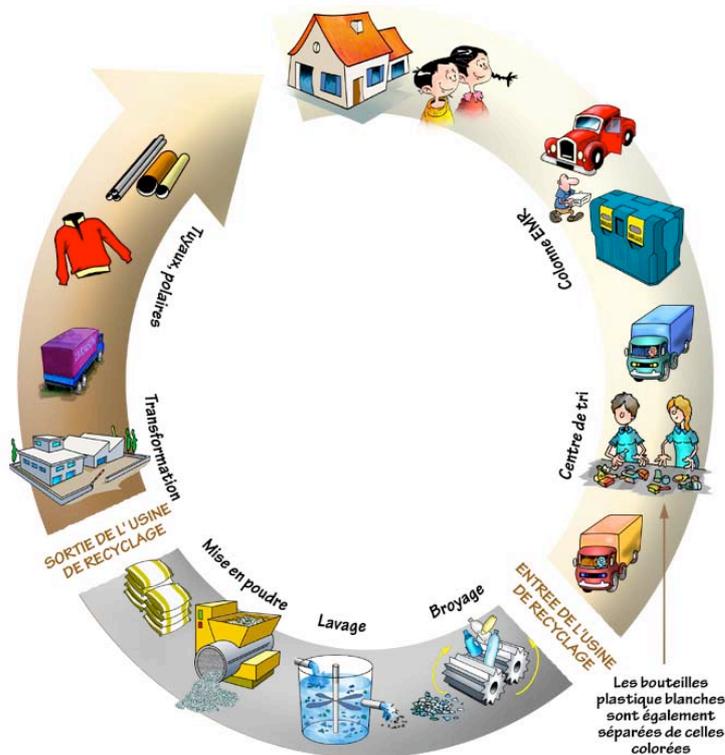
La plupart des matières plastiques synthétiques ne sont pas biodégradables et ne se décomposent pas avec le temps. Le recyclage semble être la méthode la plus efficace pour résoudre le problème de l'accumulation des déchets, mais il ne peut pas s'appliquer aux plastiques thermodurcissables, ni aux mélanges de plusieurs polymères.

Les matières plastiques représentent environ 8% de la masse totale des déchets ménagers. Soit environ 1 500 000 tonnes de déchets plastiques par an.

Ce recyclage permet de régénérer les matières plastiques et de les transformer.

Les déchets plastiques (bouteilles, emballages...) sont triés selon leur composition. Ils sont ensuite broyés grossièrement avant d'être lavés dans un bain spécial pour enlever toutes les impuretés (colle, papier, verre, aluminium...). Ils sont ensuite essorés puis séchés et broyés finement.

On obtient alors de la poudre de plastique qui peut être réutilisée pour la fabrication d'autres produits plastiques. On peut par exemple fabriquer des tuyaux (la poudre de plastiques est chauffée puis, une fois liquide, elle est versée dans des moules). Cette valorisation est coûteuse et ne peut pas être appliquée à tous les déchets. Ainsi, le recyclage d'un pot de yaourt de cette façon, coûte plus cher que la fabrication elle-même.



1.5.4 Polymères biodégradables et bio-fragmentables

Tandis qu'un polymère est bio-fragmentable à partir du moment où seulement une partie de l'objet disparaît. (bien souvent c'est l'amidon qui pourrit, la matière organique reste présente)

Il existe plusieurs procédés pour rendre les matières plastiques bio-fragmentables. On peut par exemple incorporer dans le plastique de l'amidon de maïs qui peut être photo-dégradé.

Les plastiques bio fragmentables ont plusieurs inconvénients :

- ils sont moins résistants que les plastiques classiques.
- ils ne se dégradent pas complètement.

Des plastiques rendus bio-fragmentables par incorporation d'une charge biodégradable (amidon de maïs) ont été mis au point pour la fabrication des sacs poubelles et des films de paillage agricole.

La dégradation des plastiques se produit en plusieurs étapes : tout d'abord, modification de l'aspect de la matière (transparence, coloration), puis fragilisation, et ensuite fragmentation et disparition visuelle.

Un plastique est dégradé quand il perd au moins 50% de sa résistance mécanique par photo-dégradation ou par biodégradation.

Photo-dégradation : résulte de l'action sur la matière du rayonnement solaire dont l'énergie lumineuse (surtout les rayons ultraviolets) est suffisante pour rompre certaines liaisons chimiques, mais pas pour obtenir de très petites molécules..

Certains plastiques dégradables contiennent des sensibilisateurs à la lumière et doivent, selon leur épaisseur, être exposés au soleil des mois durant avant de s'effriter en petits morceaux qui restent dans le sol.

On dit qu'un polymère est biodégradable à partir du moment où ce polymère peut être entièrement décomposé par des micro-organismes en substances telles que l'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, ...

1.6 Bibliographie

- <http://www.bls.fr/amatech/technologie/plastiques/partie%201-2.htm>
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8res_plastiques
- Le kit plastique
- + les sites en dessous de chaque image
- <http://www.planete-energies.com/contenu/dossier/plastiques/recyclage.html>
- Cours de secondaire de Audrey Bussens, Julie Blocry, Duray Mélissa et Maxime Corbisier
- Cours de biologie de Audrey Bussens (Mme Delbuscheche)