

HISTOIRE DES MATIERES PLASTIQUES

revue par Yves Mouton et Michel de Longcamp

Reprise de leur intervention aux Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau le 15 Octobre 2007

Matériaux plastiques, matériaux de construction ?

Nous allons commencer par faire appel à l'Histoire. Prenons d'abord l'aspect mécanique : construire, c'est faire une oeuvre « qui tient » et « qui dure ». On peut alors diviser l'histoire de la construction dans notre civilisation méditerranéenne en 3 époques :

1ère époque : on considère le matériau de construction comme un solide indéformable, « euclidien » disent les mécaniciens, et qui fonctionne exclusivement en compression, sous son propre poids. C'est ainsi qu'ont été construits les pyramides, les temples grecs, les cathédrales. C'est un peu « l'âge de la pierre » mais qui permet aussi bien des architectures massives que des réalisations légères et pleines de lumière.



Le dolmen, la pyramide...solides, indéformables...
"euclidien"!

2ème époque : avec le perfectionnement de la fabrication du fer et de ses alliages, apparaît la possibilité de construire en utilisant leur élasticité (qui suppose alors leur déformabilité) et leur résistance en traction. La théorie de l'élasticité et la résistance des matériaux font leur entrée dans les écoles. On entre dans « l'âge du métal » qui voit des réalisations grandioses dont l'emblème est évidemment pour nous la Tour Eiffel de Paris.



L'âge du métal... Eiffel, gare de l'Ouest à Pest en Hongrie

3ème époque : la prise en compte du facteur temps dans les lois de comportement des matériaux s'est traduite par le développement de la rhéologie et l'apparition dans le domaine de la construction de matériaux à comportement visqueux (visco-élastique, visco-plastique, élasto-visco-plastique, etc...). **C'est ici qu'interviennent essentiellement les matériaux organiques et donc les matières plastiques.**



Matériaux organiques, matières plastiques, quelle différence ?

Les pierres sont constituées principalement d'oxydes, de silicates et de carbonates métalliques qui leur donnent généralement une forte compacité. Les métaux et leurs alliages ont des structures moins compactes mais très ordonnées qui expliquent leurs bonnes performances en traction, notamment. Les matériaux organiques sont constitués essentiellement de chaînes hydrocarbonées qui dotent le matériau des propriétés de souplesse et de déformabilité beaucoup plus importantes que les deux catégories précédentes, en introduisant la composante visqueuse dans leur comportement qui se traduit aussi par une moindre résistance, en général. On compte parmi ces matériaux organiques, outre les matières plastiques, le bois industriel et le bitume... deux matériaux qui n'ont pas attendu le XXIème siècle pour exister!

La construction en bois est effectivement ancienne. Ce matériau possède des performances intéressantes en traction, en compression et inclut une composante visqueuse. On peut dire qu'on le retrouve un peu dans les 3 types de matériaux...

On peut dire également que le bitume apparaît dans les temps les plus anciens de notre civilisation comme prototype des colles et matériaux agglomérants. Ses qualités hydrophobes et son pouvoir "collant" permettraient d'étancher et calfater les bateaux.

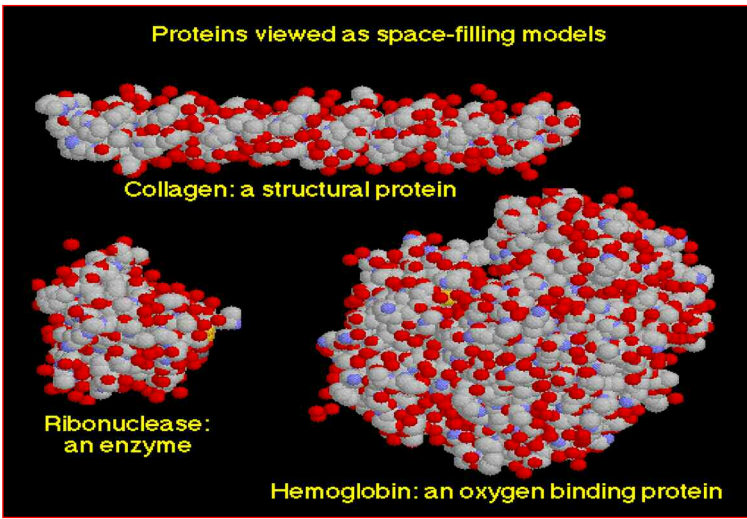


Le bois industriel...

Que sont donc les « matières plastiques » matériaux de synthèse issus de l'industrie chimique pour intéresser les constructeurs ?
 Les matières plastiques sont constituées de polymères organiques formulés spécialement pour l'usage visé. Arrêtons-nous donc sur le terme de « polymère » et appelons encore l'Histoire à notre secours.

Un premier constat : les polymères organiques ont toujours existé !

Les polymères sont omniprésents dans la nature. Les protéines par exemple jouent un rôle clef dans les organismes vivants, qu'il s'agisse du règne végétal, animal ou humain. Or les protéines sont des polymères construits à partir des monomères que sont les 20 amino-acides présents dans la nature. Depuis toujours l'homme s'est efforcé d'utiliser les matériaux fournis par les animaux et les plantes : la laine, la soie, les cuirs et peaux (constitués principalement de protéines) ou encore le lin, le coton, le bois (comportant de la cellulose, un autre polymère naturel). La fabrication de textiles à partir de fibres végétales (lin, coton...) ou animales (soie, laine...) a atteint un stade "industriel" à la fin du moyen-âge. L'idée de modifier la matière première par des traitements physiques ou chimiques spécifiques (coloration des fibres, tannage du cuir...) est pratiquement aussi ancienne que les applications. Certains matériaux rares, furent pendant longtemps réservés à des usages précieux :



L'ambre résine de pins fossilisés il y a plus de 4 millions d'années, est exploitée depuis l'antiquité pour fabriquer des colliers et des objets précieux.



La laque résine d'un arbre, utilisée par les chinois depuis mille ans avant notre ère, se polymérise au contact de l'oxygène de l'air.

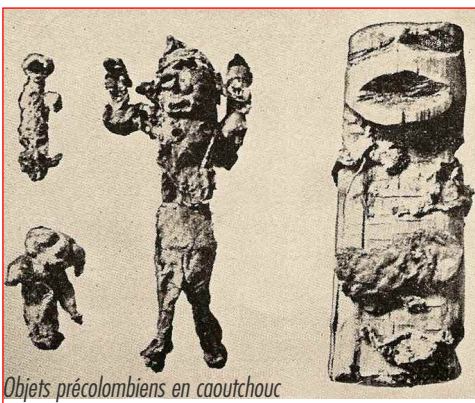
L'arbre URUSHI n'est autre qu'un **sumac**, *rhus vernacifera*, dit aussi "arbre à laque" ou "verniss du Japon", arbuste de la famille des *anacardiacees* (*cotinus*, faux poivrier, manguiier, pistachier, sumac, des *térébinthacées*) poussant surtout au Japon et en Chine. La laque japonaise s'applique plus à des objets : récipients traditionnels, boîtes et autres qu'à des meubles.



La come se ramollit à la chaleur. Au XIXème siècle on la moule pour en faire des boîtes à priser ou des bonbonnières. Coulée en plaques, elle devient jaune et transparente et est utilisée pour faire des peignes.



La gomme laque est un plastique obtenu par la sécrétion d'un insecte qui vit dans les acacias tropicaux. Utilisé pour faire des objets entre 1850 et 1880, elle permettra, grâce à sa texture très fine, de fabriquer les premiers cylindres de musique puis les disques 78 tours de nos grands pères. Ultérieurement, grâce à sa texture très fine, elle deviendra une charge dans les PVC pour la fabrication des premiers microsillons.



La vulcanisation : ouverture sur une grande variété de produits

Tous ces matériaux sont à base de polymères organiques.

Deuxième constat : les matières plastiques modernes sont l'oeuvre des chimistes.

Le XIXème siècle va être marqué par les tentatives de la chimie moderne de traiter certaines matières naturelles pour leur conférer des qualités nouvelles. Dès cette époque, des polymères synthétiques ont été obtenus, mais par hasard ou par accident, sans que les pionniers de ces découvertes en soupçonnent les possibilités d'utilisation pratique.

Prenons un exemple : **la première production de styrène a été réalisée en 1831** à partir d'un arbuste, le styrax, dont on tirait le benjoin pour des usages médicaux ou en parfumerie. C'est de là que vient le nom de cette molécule. Très rapidement, on s'est aperçu que le styrène, même à température ordinaire, ne restait pas sous forme liquide et se transformait en quelques jours en une masse compacte, plus ou moins collante, dont on ne savait que faire et qu'on jetait. Or cette masse c'était du polystyrène. Il a fallu attendre les années 1930 pour que ce polymère trouve son créneau d'utilisation et se développe. Il manquait alors à la communauté scientifique les bases nécessaires pour exploiter l'idée de polymère de synthèse. Cette idée ne s'est développée qu'au XXème siècle alors que l'homme a su créer dès l'antiquité des matériaux comme les métaux et le verre, dont la nature ne fournissait pourtant pratiquement pas d'exemple.

On peut prendre d'autres exemples.

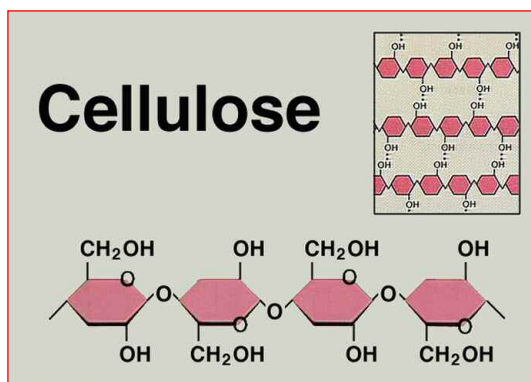
Ainsi **en 1839 Charles Goodyear découvre la vulcanisation du caoutchouc**. A cette époque, on ajoutait du soufre au latex séché pour améliorer l'aspect « sec du caoutchouc ». Pour accélérer ce phénomène, Charles Goodyear a mis un morceau de feuille de caoutchouc additionné de soufre dans sa cuisinière. Sous l'effet de la chaleur il a obtenu un produit élastique et irréversible. Il avait inventé la « Vulcanisation du Caoutchouc ». La vulcanisation du caoutchouc ouvre une grande variété d'applications, par exemple les chambres à air (Dunlop 1888) et les pneumatiques (Michelin 1891) et par la suite toutes les applications récentes dans la construction : étanchéité, isolation phonique, géotextiles, plaques d'appuis de pont, joints de dilatation...

Plus on ajoute du soufre au latex séché, plus la matière obtenue devient dure. De ce principe naîtra **l'ébonite** avec laquelle on fabriquera des pipes et des récepteurs téléphoniques ainsi qu'un grand nombre de pièces qui ont remplacé la fragile céramique ancienne.



L'ébonite...

Le celluloid est découvert aux Etats Unis en 1869 par les frères Hyatt, lauréats d'un concours dont l'objectif était de trouver une matière de substitution à l'ivoire pour fabriquer les boules de billard. A partir de la dissolution de sciures de bois (donc de cellulose) dans de l'acide (nitrique et sulfurique) ils obtiennent un matériau proche de l'ivoire. On utilise ce même celluloid pour réaliser d'autres objets comme des miroirs et des boîtes à poudre mais surtout pour réaliser des feuilles dont il sera fait un large usage dans l'industrie de la photo et des films.



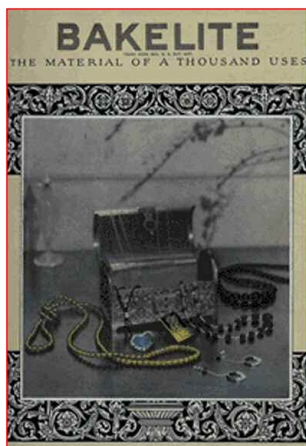
Structure du bois, préfiguration des plastiques
cellulose > celluloïde

Les développements scientifiques propres aux matériaux polymères connaissent environ un siècle de préhistoire (1830-1930) pendant lequel les chercheurs accumulent des observations, par exemple sur le caractère spécifique du comportement thermo-élastique du caoutchouc (Joule, 1857), la structure moléculaire en chaîne des polymères et la notion de macromolécule (Staudinger, 1930), etc..

Passons aux applications

Au début du XX^{ème} siècle, les choses s'accélérent, les industriels s'intéressent aux chimistes, les laboratoires fonctionnent à plein si bien qu'à la fin des années 30 on peut dire que les polymères ont été pratiquement tous découverts. Ce siècle voit véritablement l'invention des matières plastiques entièrement synthétiques.

En 1907 le chimiste belge Léo Baekeland, en cherchant à fabriquer une laque artificielle à partir du phénol et du formol, commet une erreur de génie : il fabrique le premier plastique synthétique, une résine qui, une fois chauffée, garde la forme qu'on lui a donnée auparavant. Cette résine formo-phénolique sera baptisée bakélite. Renforcée de fibres de bois ou de cellulose, elle a un aspect sombre et brillant. L'industrie s'en empare dès les années 1920 en raison de ses qualités d'isolant électrique pour fabriquer une multitude d'objets qui vont du téléphone aux appareils électroménagers.



Résine formo-phénolique de Léo Baekeland baptisée "bakélite".

La seconde moitié du XX^{ème} siècle est alors la période du développement industriel, avec une offre pléthorique et désordonnée de produits plus miraculeux les uns que les autres... et le cortège de déconvenues qui l'accompagnent. On peut parler alors des trente glorieuses des polymères nouveaux (1930 - 1960)

Polystyrène	1930
Polyméthacrylate de méthyle	1933
Polychlorure de vinyle	1938
Polyamides 6 et 6-6	
Polyesters saturés, dont le Polyéthylène téréphtalate	
Polyéthylène basse densité	1939
Polyuréthane	1940
Polytétrafluoro-éthylène	1941
Polyesters insaturés	
Silicones	1943
ABS (copolymère acrylonitrile-butadiène-styrène)	1946
Résines époxydes	
Polyamide 11	
Polyéthylène haute densité	1955
Polycarbonate	1956
Polypropylène	1957
Polycétyl	1958

L'Asie du sud-est, seule région de production d'hévéa, bloquée par le Japon durant la dernière guerre mondiale, a nécessité une recherche active de produits de remplacement pour l'approvisionnement des continents américains, européens, russes... Le caoutchouc naturel répondait à cette époque à 100% de la consommation. La recherche de substituts s'est alors révélée extrêmement fertile avec notamment l'avènement des caoutchoucs les plus utilisés aujourd'hui encore : le "styrène butadiène" et le "nitrile butadiène".

A partir du moment où le concept de polymère a été compris, les scientifiques et industriels du monde entier se sont efforcés d'explorer ce champ d'expérience, en essayant tous les monomères possibles. C'est à ce moment qu'est apparu également le concept de polymère thermoplastique, c'est à dire de polymère linéaire, non réticulé, pouvant donc être fondu et solidifié plusieurs fois.

Ce fut un vaste passage en revue, d'où sont sortis un grand nombre de polymères, surtout des thermoplastiques, parmi lesquels les contraintes technico-économiques ont sélectionné les plus intéressants. La grande vague de découvertes et de lancements à l'échelle industrielle s'est étalée approximativement de 1930 à 1960 avec, à nouveau, le hasard, notamment dans les cas bien connus du polyéthylène basse densité (PEBD) et du polytétrafluoroéthylène (plus connu sous le nom de Téflon).

On peut dire que depuis 1960, il n'y a pratiquement pas eu de polymère tout à fait nouveau qui ait été développé commercialement à grande échelle. Le polyacrylate super absorbant, utilisé entre autres dans les changes complets pour bébés, dont la consommation mondiale est passée de 0 en 1980 à 1 Mt en 2000, apparaît comme une exception notable.

On assiste surtout au développement de nouvelles applications des polymères existants, avec tout de même des innovations significatives dans les structures (comme les copolymères styréniques, les polyéthylènes linéaires et/ou métallocènes, le PET pour bouteille, etc ...).

On peut citer, de manière non exhaustive, quelques cas remarquables d'utilisation des matières plastiques :

- le polypropylène dans l'automobile,
- le polyéthylène dans les films, et les canalisations dans la construction notamment,
- le PVC dans le bâtiment, avec ses fenêtres, ses canalisations, ses revêtements de sols et de murs,
- le PET dans les bouteilles,
- le polycarbonate dans les disques optiques, et les bardages,
- les polyamides dans les pièces techniques,
- le polyester insaturé dans les coques de bateaux, et les produits de surface (bâtiment),
- les époxydes dans les circuits électroniques...

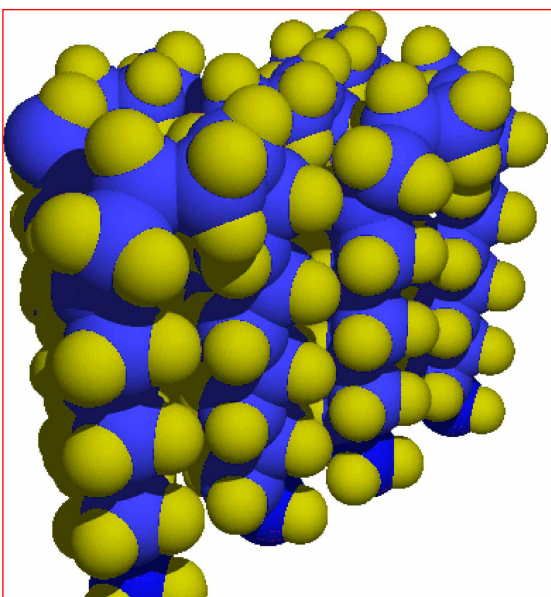
Si on se reporte aux seuls polymères utilisés dans le domaine de la construction, on remarque la grande diversité des applications et dans le même temps des applications très précises pour chaque polymère.

Autres cas remarquables de l'usage des matières plastiques dans la construction

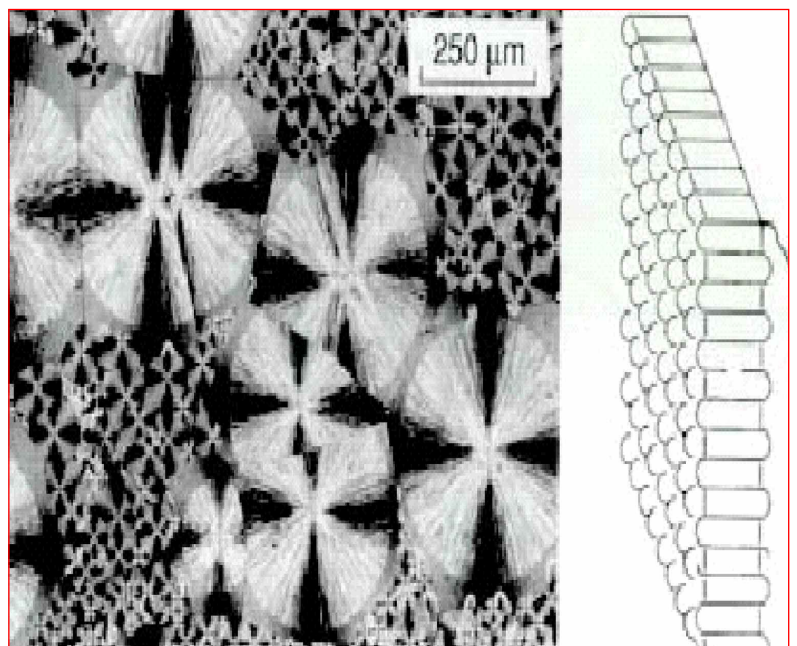
- le polypropylène dans les renforts géo-textile du BTP,
- le polyéthylène dans les films et les canalisations,
- le PVC dans le bâtiment, avec ses fenêtres, ses canalisations, ses revêtements de sols et de murs,
- le polycarbonate dans, et les bardages et la toiture,
- les polyamides dans les pièces techniques et l'anti corrosion,
- le polyester insaturé dans les bardage et les produits de surface
- les époxydes dans les produits de réparation et de structuration du bâtiment

Quels peuvent être alors les polymères du futur...

Il est évidemment impossible de représenter des matériaux qui n'existeront que demain... Il nous faut une vision scientifique des molécules qui elles existent bel et bien... Les applications des polymères ne cessent de se multiplier. Leur développement commence dans des domaines nouveaux tels l'électronique et l'optoélectronique. Ainsi, les diodes électroluminescentes organiques (dites OLED) ou les transistors plastiques sont des innovations récentes particulièrement remarquables.



Monocristal
Surface de polyethylene crystal sphérolites



Le thème du "papier électronique" fait actuellement l'objet de plusieurs annonces commerciales ou pré-commerciales dans le monde : l'objectif est de disposer de supports durables et manipulables comme du papier, sur lesquels l'information puisse être inscrite et effacée par un moyen électronique. On avait prédit que le développement de l'informatique diminuerait la consommation de papier. C'est exactement l'inverse qui s'est produit. L'apparition d'un "papier électronique" faisant largement appel aux polymères changerait réellement la situation.

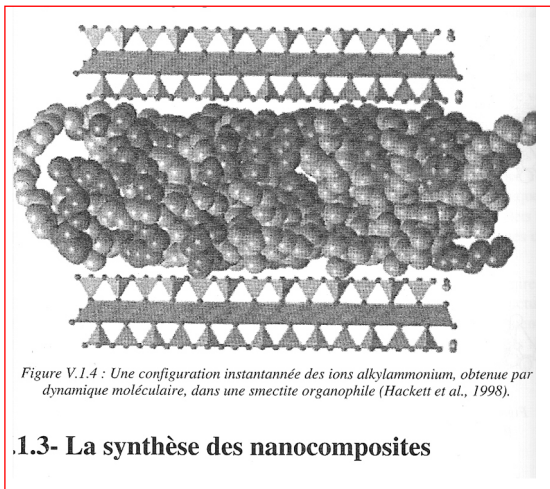
En ce qui concerne plus spécifiquement la construction une nouvelle voie s'ouvre vers les « Nanomatériaux »

La quasi totalité des plastiques sont des matériaux bi-phasiques, constitué d'une dispersion organique ou inorganique (la « charge ») dans une matrice polymère. Les charges couramment utilisées sont supérieures à une dimension micrométrique.

Le concept repose sur des charges nanométriques (1/1000ème de μ) dont la surface spécifique serait de 800 m²/g, ce qui est énorme.

10g de cette charge utilisée dans 100g de polymère générerait environ 1 hectare d'interface. On comprend que l'effet global soit considérable.

Les performances de ces nano composites sont spectaculaires et permette d'imaginer des nouveaux matériaux encore plus performant en résistance, en vieillissement, en tenu à la chaleur et en comportement aux feu, qui ouvrent une nouvelle voie de concepts architecturaux accessible maintenant aux éléments de structure de la construction.



Les "nanomatériaux" ou les prémices des nouveaux matériaux de structure