Matières plastiques

par

PAUL ROSENSTIEL

Professeur au Lycée de Garçons
à Luxembourg

Matières plastiques

Tout le monde se sert aujourd'hui de ce terme: on écrit ses lettres avec des stylos plastiques; on nettoie ses dents avec des brosses à dents en plastique; on se sert de pâtes dentifrices contenues dans des tubes en plastique; on porte des bracelets à montre en plastique; les dames achètent des sacs à main, des brosses à cheveux, des peignes, des boutons, des boucles en plastique; elles portent des bas plastiques en Nylon.

On confond généralement les termes: matières plastiques, résines synthétiques, bakélite, sans savoir au juste de quoi il s'agit.

Si la substance en question rappelle le caoutchouc, on dit que c'est une matière plastique; si elle n'est pas déformable et opaque, on l'appelle bakélite; si elle est indéformable et transparente, on la nomme résine synthétique.

Nous tâcherons donc de donner d'abord quelques définitions:

On appelle matières plastiques, des substances *organiques,* amorphes, déformables dans certaines conditions de température et de pression. On les fabrique généralement à température peu élevée et à faible pression (on voit donc que l'argile, si plastique, si déformable qu'elle soit, le verre, les mortiers, le béton sont à exclure des matières plastiques, vu que ce sont des substances minérales).

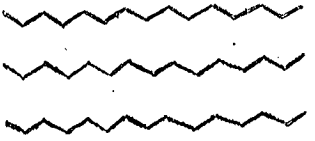
Quant aux résines synthétiques, ce sont des substances organiques, amorphes, insolubles dans l'eau, plastiques, c'est-à-dire, déformables pendant au moins une des phases de leur formation, et rappelant dans ce stade, par leur aspect physique, les résines naturelles.

Les résines synthétiques sont donc des matières plastiques. Mais beaucoup de plastiques ne sont pas de résines synthétiques.

On peut diviser les matières plastiques en deux grands groupes:

1) les matières thermoplastiques;
2) les matières thermodurcissables.

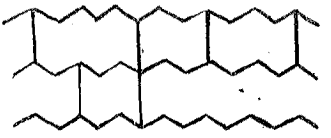
Les *matières thermoplastiques* se ramollissent à chaud pour redevenir dures à froid, et cela d'une façon infinie (comparer à de la cire à cacheter). Du point de vue chimique, on admet que dans les corps thermoplastiques, les longues chaînes de molécules ne sont pas reliées les unes aux autres. On pourrait les représenter d'une façon schématisée ainsi:



Quant aux *matières thermodurcissables,* elles sont assez déformables pendant une des phases de leur production pour pouvoir être moulées. Mais une fois durcies par la chaleur, elles ne peuvent plus être ramollies (comparer à de l'argile qui cuite, ne se laisse plus ramollir).

Quant à la structure chimique, les longues chaînes de molécules semblent être reliées solidement par des chaînes latérales.

Ainsi, on aurait la représentation schématisée suivante:



Nous étudierons d'abord les matières plastiques résineuses dites résines synthétiques; puis les matières plastiques non résineuses dérivées de la cellulose et de la caséine. Ensuite les caoutchoucs synthétiques, et finalement les fibres synthétiques.

Les résines synthétiques

Il existe deux grands groupes: Les résines de condensation; les résines de polymérisation.

Les premières résultent de la condensation, c.-à-d. de l'union de molécules de différentes espèces avec élimination d'un corps à poids moléculaire petit, généralement de l'eau; parfois de l'ammoniac ou encore de l'hydrogène sulfuré.

Les résines de polymérisation résultent de l'union de composés à molécules très petites non saturées avec formation de molécules très grandes et saturées. On a pu préparer des résines de polymérisation ayant des poids moléculaires de 850.000!

Nous passerons d'abord en revue les *résines de condensation*. Les plus importantes en sont:

les phénoplastes;
les aminoplastes;
les phtaloplastes ou résines alkydiques.

Les phénoplastes.

Ce sont des résines dont l'un des corps réagissants est un phénol, p. ex. le phénol ordinaire (C^6H^5OH).

Les plus connus sont les phénoplastes formo-phénoliques, c.-à-d. produits de condensation du formol (HCHO) avec un phénol.

Selon le milieu où l'on opère: milieu neutre, milieu acide, milieu basique ou avec sel métallique comme catalyseur, on distingue:

les Novolaques;
les Résols, résitols et résites.

Les Novolaques.

Ce sont des résines de condensation formo-phénoliques *solubles* dans les solvants organiques usuels. Elles sont *fusibles* et le restent sous l'action de la chaleur.

Elles peuvent être transformées en résines insolubles et infusibles par voie chimique sous l'action de composés méthyléniques (c.-à-d. des composés renfermant dans la molécule un groupe CH^2).

Les novolaques sont obtenues en milieu neutre ou en milieu légèrement acide dans les proportions suivantes: n moléc. — gr de formol et n + 1 moléc. — gr de phénol.

On les emploie dans l'industrie des laques et des vernis comme succédanés de la gomme-laque. — Elles sont utilisées dans l'isolement électrique. — Elles sont la matière première en vue de la transformation en résols, résitols et résites.

Résols, résitols et résites.

Ces produits sont communément nommés BAKELITES, d'après le chimiste belge L. H. Baekeland, né à Gand en 1863. Baekeland quitta son pays pour l'Amérique en 1889; il y étudia et mit au point en 1909 la production industrielle des bakélites. Baekeland mourut en 1944.

Ces produits sont obtenus par condensation formo-phénolique en milieu fortement acide et avec proportions de formol

et de phénol autres que dans le cas des novolaques, ou bien en milieu basique ou encore avec sels métalliques comme catalyseurs.

Baekeland a eu le grand mérite de découvrir que la bakélisation se fait en 3 phases nettement définissables:

1) formation d'un produit de condensation initial: bakélite A;
2) formation d'un produit de condensation intermédiaire: bakélite B;
3) formation d'un produit final de condensation: bakélite C.

Comme le nom bakélite est un terme commercial plutôt que scientifique, on a introduit la nomenclature suivante:

pour bakélite A: on dit résol;
» » B: résitol;
» » C: résite.

Ces 3 groupes de résines se différencient entre autres par leur comportement vis-à-vis de l'acétone:

les résols y sont solubles,
les résitols gonflent au contact de l'acétone,
les résites ne sont ni solubles ni gonflables dans cette substance.

Par action prolongée de la chaleur on peut transformer les résols en résitols et les résitols en résites.

Quant à la fabrication industrielle de ces résines, les produits de condensation utilisés sont:

le phénol ordinaire; ses homologues; des polyphénols; des naphtols, etc.

le formol; la paraformaldéhyde; le trioxyméthylène; l'hexaméthylènetétramine, etc.

Les catalyseurs basiques qu'on emploie sont: NaOH; KOH; $Ca(OH)^2$; $Ba(OH)^2$; $Sr(OH)^2$; NH^3; l'hydroxylamine, des amines, des amides, la pyridine, la quinoléine.

Les catalyseurs acides: ClH; SO^4H^2; ac. oxalique; ac. borique, etc.

Les catalyseurs salins: cyanures, sulfures, sulfites, acétates, tétraborates, triphosphates, chromates alcalins, sels ammoniacaux, etc.

La production des phénoplastes se fait dans un appareil spécial, sorte d'autoclave, nommé bakéliseur, et le procédé est nommé procédé Baekeland.

Les applications industrielles des résines du genre bakélite sont nombreuses:

Avec les *résols,* on prépare des vernis pour bois, carton, métaux, isolement.

On les utilise pour la confection des matières résineuses comprimées (Kunstharzpressmassen): des bandes de papier, d'amiante, de toiles sont imprégnées d'une solution alcoolique de résol; elles sont collées les unes sur les autres, puis elles sont comprimées dans une presse hydraulique et bakélisées.

On obtient des produits extrêmement durs: roues dentées, carrosseries d'autos, carlingues d'avions.

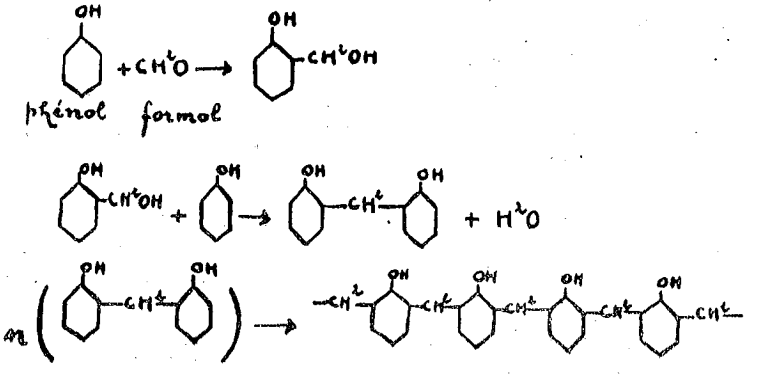
Les *résitols* servent au moulage (on ajoute des charges: sciure de bois, poudre d'amiante, mica, fibres végétales, pour augmenter la résistance).

Les *résites* (nommées couramment bakélites, quoiqu'il existe plus de 200 noms fantaisistes différents) sont employées en électrotechnique pour la confection de pièces de téléphonie et de T. S. F., de magnétos, de bacs d'accumulateurs, de tableaux de distribution, d'isolateurs, de commutateurs, de douilles de lampes, etc.

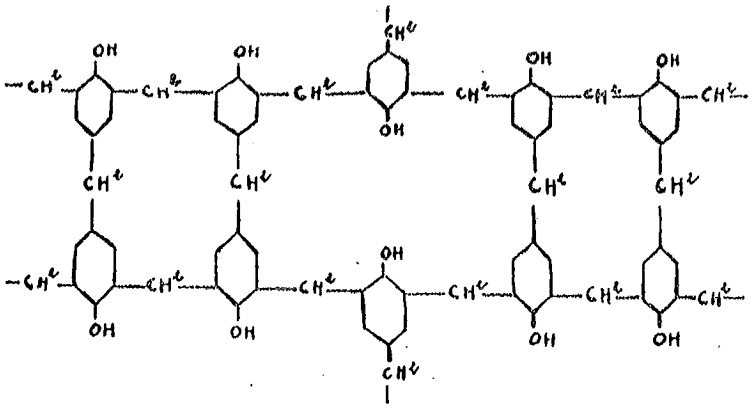
On les emploie dans l'industrie chimique comme récipients d'acides, d'essence, de pétrole.

On en fabrique des objets de fantaisie et d'articles de ménage. —

Voici les équations relatives à la formation d'une résine du genre «Bakélite»:



Des substitutions se faisant aussi en para par rapport à OH, on aurait finalement:



Les aminoplastes.

Il s'agit de produits de condensation d'amides ou d'amines avec le formol.

Les plus importants sont les résines d'urée obtenues par condensation de l'urée avec le formol.

Ces résines présentent l'avantage d'avoir l'aspect du verre cristal. Leur indice de réfraction est de 1,54—1,90, analogue à celui du Flint-Glass.

Dans le commerce on les désigne par les noms suivants: Prystal (en France) — Pollopas (en Allemagne) — Plass (en Angleterre) — Bakélite-Uréa, Beetle, Cibanoïd, Plaskon (en Amérique).

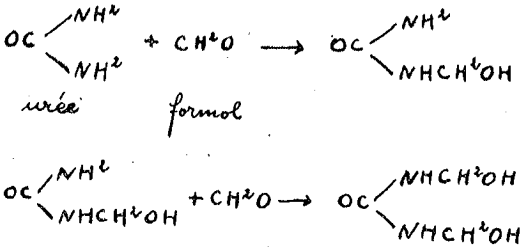
En voici les applications:

Elles servent dans la préparation de laques; de colles pour bois; d'apprêt pour chapeaux de feutre et de paille; d'apprêt de qualité supérieure pour rendre infroissables les soies artificielles.

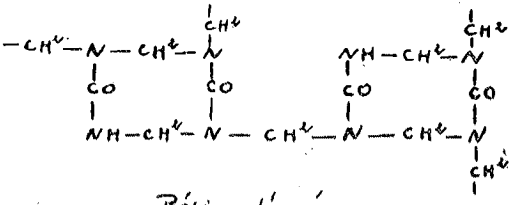
On en fabrique des articles de ménage, de parure, des verres de montre incassables, des glaces de sécurité pour automobiles et avions (le prystal ne s'écaille pas en se brisant).

Des résines assez voisines du point de vue chimique sont *les mélamines* développées en 1939 seulement. Ce sont des résines thermodurcissables possédant de bonnes propriétés électriques et une grande résistance chimique. Elles servent en tabletterie, dans l'industrie électrique, et on en prépare des adhésifs pour contre-plaqués.

Quant au mécanisme de la formation des aminoplastes, on admet ceci:



Finalement:



Résine d'urée

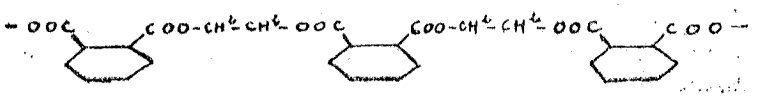
Les phtaloplastes ou résines alkydiques.

On connaît ces résines importantes depuis 1926. On les trouve dans le commerce sous les noms de Glyptal, Glycène, Pentalyne, Amberlac, Teglac, Aquaplex, Beckosol, Dulux, etc.

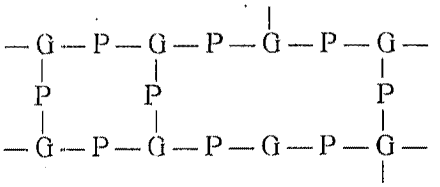
Elles sont obtenues par action de polyacides organiques ou de leurs anhydrides sur des polyalcools, en particulier, la glycérine et le glycol. L'acide le plus utilisé est l'acide phtalique ou son anhydride, l'anhydride phtalique.

La condensation de ces résines se fait en 3 phases, tout comme dans le cas des résines formo-phénoliques, avec lesquelles elles ont d'ailleurs beaucoup d'analogie.

Le produit final aurait la formule suivante:



ou bien une formule à chaînes fermées telle que:



G = reste de glycérine;
P = reste d'anhydride phtalique.

Souvent on incorpore aux résines alkydiques des résines naturelles, des acides gras et des huiles.

Les phtaloplastes sont utilisés en quantités énormes dans l'industrie des laques et vernis pour les peintures émaillées des autos. Elles servent également dans les constructions navales, vu qu'elles résistent admirablement à l'eau de mer.

Passons maintenant au deuxième grand groupe de résines: les *résines de polymérisation.* On les divise en résines vinyliques et résines coumaroniques.

Les résines vinyliques.

La plupart de ces résines s'obtiennent à partir de l'acétylène et de l'éthylène.

Comme l'acétylène s'obtient synthétiquement à partir du charbon, de la chaux et de l'eau, et comme l'éthylène peut être obtenu entre autres par cracking du pétrole, on comprend que c'est dans un sens très large que l'on puisse dire: «les matières plastiques sont obtenues à partir du charbon, de la chaux, de l'eau et du pétrole.»

Une résine vinylique importante est le *Mipolam* (appelée en Amérique Vinylite A et Koroseal).

C'est une résine thermoplastique obtenue par polymérisation du chlorure de vinyle $CH^2 = CHCl$.

Le Mipolam est une matière plastique, genre caoutchouc, servant surtout à la confection de tuyaux de conduite. Ces tuyaux offrent une très grande résistance aux pressions élevées et à la plupart des bases et des acides même concentrés.

Les alcools, les huiles et la benzine ne l'altèrent pas.

Le Mipolam est inflammable.

Comme il est plastique, il se déforme sous l'action de l'eau se transformant en glace en hiver, ce qui évite la rupture des tuyaux.

Une résine vinylique américaine très moderne, utilisée seulement depuis quelques années est le *Saran*. C'est un polymère du chlorure de vinylidène $CH^2 = CCl^2$.

Elle sert aux mêmes usages que le Mipolam. Elle est encore utilisée à la confection de sacs-à-main, de bracelets de montre, de ceintures; de plus elle se laisse étirer par passage à travers une filière et donne ainsi des fibres synthétiques.

La *Movilite*. Cest une résine de polymérisation de l'éther monochloro-vinylacétique $CH^2 = CH - OCOCH^2Cl$

C'est une résine thermoplastique transparente, utilisée comme verre de sécurité (genre Triplex), vernis, peintures anti-rouille, adhésifs, chewing-gum, etc.

Le *Plexiglas* (appelé en Amérique Crystalite, Lucite, Acryloïd) Il s'agit de résines acryliques obtenues à partir de l'éther méthylique de l'acide acrylique $CH^2 = CH - CO^2CH^3$ ou de l'éther méthylméthylique du même acide

$$CH^2 = C(CH^3) - CO^2CH^3$$

Les matières premières pour la fabrication de ces résines sont: le pétrole, le charbon, l'air et l'eau.

Les résines acryliques sont obtenues à l'état liquide aussi bien qu'à l'état solide.

Comme liquides, elles servent comme adhésifs pour bois, caoutchouc, verre, métaux, fibres textiles. Ces adhésifs ne sont attaqués ni par les bactéries ni par les moisissures.

On utilise les résines acryliques solides en dentisterie pour faire des dents artificielles d'une beauté frappante.

La propriété la plus remarquable des résines acryliques solides est la faculté de *conduire la lumière* (to pipe light):

En effet, si on place une source lumineuse à un des bouts d'un tube en lucite, la lumière est transmise directement au bout opposé avec presque pas de perte. La lumière transmise est froide.

On peut imaginer les applications extraordinaires en médecine, en chirurgie, en médecine dentaire et dans la construction de tableaux de commande pour autos et avions et de cadrans lumineux pour appareils de T. S. F. D'autres applications consistent dans la confection de lentilles, de lunettes invisibles appliquées directement sur le globe oculaire, d'objets pour appareils photographiques, d'objets d'ornementation, de gemmes artificielles.

De plus, on utilise les résines acryliques comme verres de sécurité et pour la confection d'articles de ménage les plus variés.

Le Polythène. C'est une résine anglaise nommée aussi Alkathène. Il s'agit d'un produit de polymérisation de l'éthylène. Le polythène est thermoplastique et rappelle un peu par son aspect la gutta-percha. Il sert surtout à l'isolement électrique.

Le Trolitul (appelé en Amérique Styron, Lustron, Loalin, Bakélite-Polystyrène).

Ce sont des résines thermoplastiques obtenues par polymérisation du polystyrène $C^6H^5 - CH = CH^2$.

Elles sont transparentes comme le verre cristal, dures, résistantes aux basses températures et possèdent également la propriété de conduire la lumière.

On les utilise dans les appareils frigorifiques, en T. S. F. et en télévision. On en fabrique aussi des instruments chirurgicaux lumineux ainsi que des articles de ménage et de fantaisie.

On admet que la polymérisation se fait ainsi:

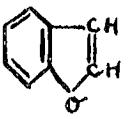
$$n\,R{-}CH = CH^2 \longrightarrow -CH(R){-}CH^2{-}CH(R){-}CH^2{-}CH(R){-}CH^2-$$

$$R = \begin{cases} Cl & \text{dans les chlorures polyvinyliques} \\ OCOCH^3 & \text{dans les acétates polyvinyliques} \\ OH & \text{dans les alcools polyvinyliques} \\ C^6H^5 & \text{dans les polystyrènes} \end{cases}$$

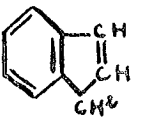
Les résines coumaroniques.

Les plus importantes sont les résines

coumarone



indène



Il existe une trentaine de variétés, liquides, visqueuses et dures, connues sous les noms de Cumar, Nevillac, Paradène, Piccoumarone, etc.

Ces résines servent dans l'industrie des laques et vernis; on les utilise pour imperméabiliser les étoffes, pour isoler les câbles électriques, pour fabriquer de la cire à cacheter et du chewing-gum.

Les résines molles sont utilisées comme plastifiants dans l'industrie des caoutchoucs naturel et synthétique.

Les variétés liquides servent comme adhésifs et comme succédanés de l'huile de lin dans la fabrication d'imitations de linoléum.

Résines synthétiques diverses.

Il s'agit de résines qu'on ne peut pas bien classer dans les 2 grands groupes que nous venons d'étudier.

A les énumérer toutes, serait la mer à boire; en effet, il ne passe guère de jour qu'on ne découvre une substance résineuse nouvelle.

Ainsi, on obtient des résines à partir
du saccharose
de la bagasse (résidu de l'industrie de la canne à sucre)
de la lignine du bois
du pétrole
de l'essence de térébenthine
du café (la cafélite obtenue au Brésil)
de l'acroléine
du furfurol (extrait du maïs et d'autres céréales)
de l'acétone
du naphtalène
de l'aniline
de l'aldéhyde éthylique
de matières bitumineuses
de silice (silicones)
etc., etc.

Matières plastiques non résineuses.

I) Plastiques de cellulose.

On distingue des éthers-sels cellulosiques
et des éthers-oxydes cellulosiques.

Ethers-sels cellulosiques.

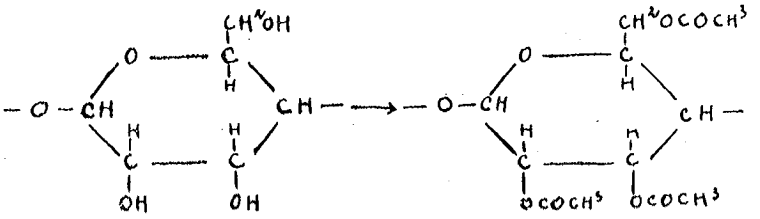
En 1869, deux imprimeurs de Newark (New-Jersey), les frères Hyatt, découvrirent le *celluloïd* en dissolvant de la nitrocellulose dans de l'alcool camphré. Le celluloïd est d'ailleurs la toute première matière plastique utilisée par l'industrie. Le camphre qui joue le rôle de plastifiant a été remplacé dans la suite par un grand nombre d'autres substances, en particuler, par des éthers-sels de l'acide phtalique, des dérivés de l'urée, de la glycérine, etc.

Malgré ses 2 principaux défauts: une trop grande inflammabilité et un changement lent de couleur, le celluloïd trouve

toujours de nombreuses applications: films, enveloppes, étuis, articles de tabletterie, bimbeloterie, etc.

(Variétés commerciales américaines: Acéloïd, Amérith, Cellucraft, Fiberlac, Herculoïd, Hycoloïd, Kodaloïd, Macoïd, Monsanto C. N., Nitron, Nixonoïd, Pyralin, etc.)

D'une importance beaucoup plus grande cependant sont les matières plastiques en acétate de cellulose obtenues par action d'un mélange d'acide acétique et d'anhydride acétique sur la cellulose, en présence d'un catalyseur. Comme tel on utilise généralement l'acide sulfurique, parfois aussi du chlorure de zinc et des oxychlorures de soufre et de phosphore. Les groupements alcooliques OH de la cellulose réagissant avec l'anhydride acétique donnent des groupements —OCOCH^3



Ininflammables, résistantes, transparentes, susceptibles d'un beau coloris, ces matières plastiques ont trouvé les applications les plus variées: pare-brise pour avions, étuis, coffrets, verres incassables pour horlogerie, montures de lunettes, lunettes de sûreté, réservoirs d'huile, éprouvettes graduées, stylos, volants d'automobiles, peignes, boutons, brosses à dents, etc.

De plus, on peut obtenir des fibres artificielles par passage à la filière. On trouve les plastiques à l'acétate de cellulose dans le commerce sous les noms de Cellite, Acéloïd, Sicoïd, Rhodoïd, Plastine des fabricants français; Texoïd, Célastoïd,, des producteurs anglais, et Bakélite C. A., Lumarith, Nixonite, Plastocèle, Ténite I des usines américaines.

Depuis quelques années on emploie des éthers-sels cellulosiques mixtes tels que: l'acétate-propionate de cellulose et l'acétate-butyrate de cellulose.

Ces plastiques sont obtenus par action de mélanges d'acide acétique et d'acide propionique resp. d'acide butyrique sur la cellulose.

L'acétate-butyrate de cellulose, en particulier, a trouvé d'amples applications à cause de sa grande résistance à l'humidité, à l'eau et aux chocs. On le vend en Amérique sous les

noms de Ténite II, Bakélite C. A. II, Rexénite, Rextrude, Hercose C.

L'acétate aussi bien que l'acétate-butyrate de cellulose sont susceptibles d'être étirés en fils, d'où leur application dans l'industrie textile.

Ethers-oxydes cellulosiques.

Il s'agit de l'éthylcellulose et de la méthylcellulose dans lesquelles H des groupements OH de la cellulose a été remplacé par C^2H^5 resp. CH^3. Cette opération a lieu, si la cellulose est traitée par du chlorure d'éthyle resp. du chlorure de méthyle, en présence d'une lessive de soude.

$$C^6H^{10}O^5 + 3NaOH + 3C^2H^5Cl \longrightarrow C^6H^7O^2(OC^2H^5)^3 + 3ClNa + 3H^2O$$

L'éthylcellulose, connu depuis 1912 déjà, fut produite industriellement en Amérique à partir de 1935 sous les noms de Ethocel, Lumarith E. C., etc. C'est une substance thermoplastique très employée dans les industries aéronautique, automobilière et électrique et dans l'industrie des laques et vernis.

Traitée par des huiles et d'autres plastifiants, l'éthylcellulose se transforme en éthylcaoutchouc, succédané du caoutchouc naturel.

Quant à la méthylcellulose, utilisée industriellement depuis 1939 seulement, elle sert surtout comme adhésif dans l'industrie du papier et des textiles.

II) Plastiques de caséine.

La caséine, retirée du lait écrémé, est traitée par le formol et donne une matière plastique connue généralement sous le nom de galalithe (découverte par l'Allemand Spitteler en 1897, le Français Trillat avait d'ailleurs obtenu déjà en 1891 une matière plastique analogue).

La galalithe sert surtout à la fabrication de boutons et de boucles. En France, on la vend également sous les noms de Lactolithe et de Sicalithe; en Angleterre, on l'appelle Erninoïd et en Amérique: Aladinite, Casolite, Lactite, Améroïd, Gala, Galorn, etc.

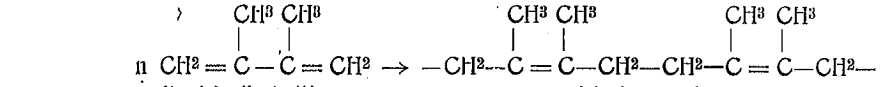
Les plastiques de caséine ont acquis une importance beaucoup plus grande depuis qu'on a réussi à les étirer en fils. On produit ainsi des laines artificielles (Lanital, Aralac).

Caoutchoucs synthétiques (élastomères)

Comme il s'agit de produits élastiques qui le plus souvent n'ont pas de parenté chimique avec le caoutchouc naturel, les Américains ont introduit le terme élastomère.

Déjà en 1879, un Français, Bouchardot, parvint à obtenir un produit assez analogue au caoutchouc naturel en chauffant de l'isoprène en tube scellé avec une trace d'hydracide comme catalyseur.

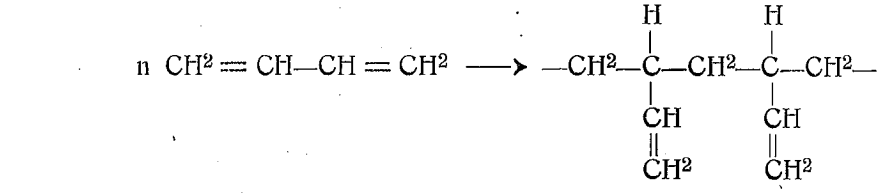
De nombreuses recherches ayant été faites depuis, les Allemands, pendant la première guerre mondiale, ont développé un caoutchouc synthétique à partir du diméthylbutadiène, polymérisé en présence de sodium. Ce produit a été nommé méthylcaoutchouc.



diméthylbutadiène — méthylcaoutchouc

Pendant l'époque hitlérienne, les chimistes allemands se sont mis à développer de nouveaux procédés d'obtention de caoutchouc synthétique et ils ont réussi à préparer un produit de très bonne qualité, nommé Buna. C'est un produit de polymérisation du butadiène $CH^2 = CH—CH = CH^2$, gaz obtenu par cracking du pétrole brut et surtout par voie synthétique.

Le butadiène se polymérise en présence de certains catalyseurs, comme le sodium (Natrium en allemand, d'où le nom Buna).



butadiène — Buna

D'autres catalyseurs, dont la nature est un secret de fabrique, ont remplacé le sodium.

Dans la suite, des caoutchoucs synthétiques de très bonne qualité ont été préparés par polymérisation mixte de butadiène et de styrolène (Buna-S) et de butadiène et de nitrile de l'acide acrylique, $CH^2 = CH — C \equiv N$ (Buna-N).

En Amérique, des chimistes de l'usine du Pont de Nemours développèrent en 1931, à partir d'acétylène et d'acide chlor-

hydrique une nouvelle substance qu'ils appelèrent chloroprène. Par polymérisation, ils obtinrent un caoutchouc synthétique, nommé Duprène, nom changé plus tard en Néoprène. Le prix en fut encore très élevé; plus d'un dollar, alors que le caoutchouc naturel se vendait à raison de quelques cents la livre.

A la même époque, des chimistes d'un laboratoire de Kansas City découvrirent le Thiokol, obtenu par action de polysulfure de sodium sur du dichlorure d'éthylène.

La production industrielle cependant fut peu développée, et en 1940, les U. S. A. produisaient seulement 4.000 tonnes de caoutchouc synthétique.

En France, on s'occupait peu de la question du caoutchouc synthétique.

Voici ce que disent à cette époque Lamirand et Pariselle, auteurs d'un cours de chimie très apprécié:

«L'industrie du caoutchouc synthétique n'est pas cependant entrée dans la pratique industrielle et son avenir semble incertain, car, outre que son prix de revient est encore actuellement prohibitif, la culture rationelle des plantes à caoutchouc a pris un développement tel que la production annuelle suffit largement à tous les besoins.»

Quelques années plus tard, la Russie installa des usines pour la production de caoutchouc synthétique, connu sous le nom de Sowprène.

Cet élastomère est un produit analogue au Buna. Le butadiène serait obtenu à partir de l'alcool ordinaire. Traité par un catalyseur spécial qui aurait pour but de déshydrogéner une molécule d'alcool à l'état d'aldéhyde éthylique, puis de déshydrater le produit de condensation de l'alcool avec l'aldéhyde:

$$CH^3CH^2OH + CH^3CHO \rightarrow \underbrace{CH^2=CH-CH=CH^2}_{\text{butadiène}} + 2\,H^2O$$

C'est seulement après l'entrée en guerre des U. S. A. et lors de l'avance-éclair des armées japonaises que la production industrielle du caoutchouc synthétique en Amérique prit son véritable essor.

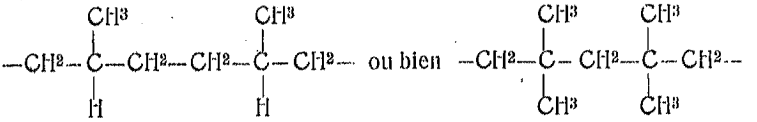
Voici quelques variétés de caoutchouc synthétique américain et leurs principaux usages:

Le Vistanex (fabriqué par la Standard Oil Company).

C'est un produit de polymérisation de l'isobutène (méthylpropène) $CH^2 = C(CH^3)^2$.

Traité, en solution dans un solvant volatil, par du fluorure de Bore (F^3B) comme catalyseur, l'isobutène se polymérise

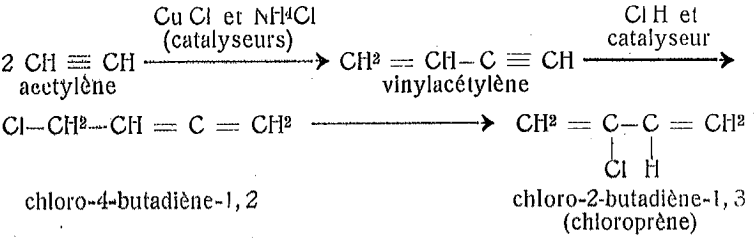
presque instantanément. On admet qu'il se forme un polymère ayant la structure suivante:



Comme le Vistanex est un polymère saturé ne présentant plus de doubles soudures, il ne peut plus fixer du soufre, c.-à-d. il ne se laisse pas vulcaniser. On l'emploie en solution pour préparer p. ex. du taffetas gommé.

Le Néoprène de duPont.

C'est du polychloroprène. Le chloroprène est du Chloro—2—butadiène—1,3 obtenu à partir de l'acétylène



Après une dizaine de jours le chloroprène se polymérise en polychloroprène.

La vulcanisation se fait par simple action de la chaleur sans qu'on ait besoin d'employer du soufre.

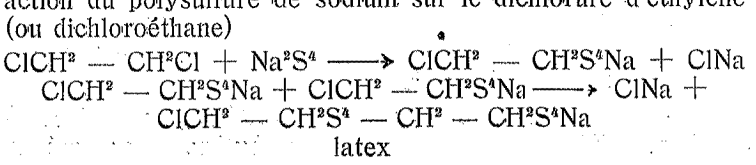
Des oxydes métalliques augmentent cependant les propriétés mécaniques de cet élastomère.

Le néoprène possède les propriétés élastiques et la résistance à l'abrasion du caoutchouc naturel. De plus, il conserve ces propriétés au contact prolongé d'huile, du soleil, de l'air et de la chaleur.

On en fait des tuyaux, des semelles, des gants, des revêtements pour fils et câbles électriques ainsi que des pneus pour camions.

Le Thiokol (fabriqué par la Thiokol Corporation).

Ce produit est obtenu comme nous l'avons déjà vu par action du polysulfure de sodium sur le dichlorure d'éthylène (ou dichloroéthane)



Il se forme un latex qui est coagulé par des acides. Cette «vulcanisation» n'exige donc pas de soufre.

Le Thiokol est plus résistant aux agents chimiques, au soleil et aux huiles et se laisse mieux travailler que le caoutchouc naturel.

On en fabrique, entre autres, des pneus de longue durée.

Le Résistoflex.

C'est un alcool polyvinylique, polymère de l'alcool vinylique ($CH^2 = CHOH$). Il trouve de nombreuses applications dans l'industrie des avions et des autos. On en fabrique également des tuyaux pour appareils frigorifiques et des gants extrêmement résistants aux agents chimiques.

Le Koroseal (nommé aussi Korogel et Korolac).

Il s'agit de chlorure polyvinylique, polymère du chlorure de vinyle ($CH^2 = CHCl$), préparé par la Société Goodrich.

D'autres usines fabriquent des produits analogues sous les noms de Vinylite, Flamenol, Tygon.

Ces élastomères se prêtent moins à la fabrication de pneus. Ils ont trouvé cependant toutes les autres applications du caoutchouc et servent entre autres à la fabrication d'imperméables. (Les imperméables des soldats américains, qui ont tant suscité notre admiration, étaient formés de plastiques vinyliques.)

Citons encore les différents produits obtenus par polymérisation du butadiène: l'Améripol de Goodrich, le Butaprène de la Firestone Company, le Chemigum de Goodyear. Les polymères mixtes: le Buna-S et le Buna-N (genres allemands), ainsi que le Butyl-rubber et le Perbunan de la Standard Oil Company.

Les fibres synthétiques

Il existe deux grands groupes:

Les soies artificielles ou rayonnes.
Les laines artificielles.

Les soies artificielles.

Déjà en 1646, le savant anglais Robert Hooke conçut l'idée de produire des fils à partir d'une masse visqueuse, et en 1734, le physicien français Réaumur fit également des essais à ce sujet.

Ce fut seulement en 1885 qu'un chimiste français, le comte Hilaire de Chardonnet, réussit à développer un procédé pouvant servir industriellement à la production de fils soyeux.

Quoiqu'un chimiste anglais, I. W. Swan, ait découvert le procédé en même temps, on cite généralement Chardonnet comme l'inventeur de la soie artificielle.

En 1913, la production mondiale de rayonne était déjà de 13 millions de kilogrammes. Aujourd'hui, elle aurait dépassé 500 millions par an. Le principe de tous les procédés de fabrication de fibres artificielles est analogue:

Il s'agit de mettre en solution une substance déterminée, puis de comprimer cette solution sous forte pression à travers une filière de sorte d'obtenir des fibres très fines qui seront réunies en fils. Les filières qu'on utilise aujourd'hui sont des chefs-d'œuvre de la technique moderne.

En effet, le fond des filières, en platine, platine iridié ou tantale, de la grandeur d'une de nos petites pièces de cinq sous, présente jusqu'à 200 ouvertures si fines qu'on a peine à les voir à l'œil nu. Chaque ouverture a un diamètre de 0,07—0,08 mm. Ces filières produisent jusqu'à 200 m de fils par minute.

La soie Chardonnet (1885).

Elle n'est plus utilisée. Je citerai cependant le procédé de fabrication à cause de sa valeur historique.

Du coton lavé et dégraissé est transformé en nitrocellulose (fulmi-coton) par action d'un mélange sulfonitrique. Par dissolution dans un mélange d'alcool et d'éther on obtient du collodion qui est comprimé à travers la filière. Pour enlever aux fils leur inflammabilité, on les dénitre par des agents réducteurs. Ainsi la cellulose est régénérée.

La soie viscose (1892).

C'est la rayonne actuellement la plus employée. 85 % de la production mondiale de soies artificielles, en effet, sont formées de viscose.

Elle est préparée de la façon suivante: De la pâte de bois de conifères est traitée pendant environ deux heures par une lessive de soude à 20 %. Il se forme de l'alcali-cellulose, de formule $C^6H^{10}O^5 \cdot 2\ NaOH$. On ajoute du sulfure de carbone, et il se forme du xanthate de cellulose

$$\begin{array}{l} O\,(ONa)\,OH\,C^6H^7 \\ \diagup \\ C = S \\ | \\ S - Na \end{array}$$

produit visqueux, couleur jaune de miel, nommé viscose.

La viscose est comprimée à travers la filière dans un bain d'acide sulfurique dilué et de sulfate de sodium. Le xanthate est hydrolysé, et la cellulose est régénérée.

Si, au lieu de comprimer la viscose par la filière, on la fait traverser une sorte de laminoir, on obtient une matière plastique très appréciée: la *cellophane* qui sert comme papier transparent d'emballage.

La soie cupro-ammoniacale (1897).

Elle est nommée également soie parisienne ou soie Bemberg. Elle présente environ 10 % de la production mondiale.

Pour obtenir cette rayonne, on dissout du coton ou de la cellulose de bois dans le réactif de Schweitzer (préparé par action de l'ammoniaque sur le carbonate de cuivre). Ensuite on comprime la solution visqueuse obtenue à travers la filière dans un bain acide; ainsi la cellulose est de nouveau régénérée.

La soie à l'acétate de cellulose (1901).

Elle est nommée souvent soie Célanèse ou Fortisan. Elle présente 5 % de la production mondiale.

Cette soie a des propriétés spéciales qui exigent des soins particuliers lors du lavage, du repassage et du détachage.

L'acétate de cellulose, dont la fabrication a été décrite plus haut, est dissous dans l'acétone; la solution visqueuse est comprimée à travers la filière dans une enceinte à air chaud, où l'acétone s'évapore. On obtient des fils d'acétate de cellulose.

On voit donc que dans le procédé ancien de la soie Chardonnet et dans les procédés de la soie viscose et de la soie cupro-ammoniacale les fils soyeux sont formés de cellulose modifiée dans son aspect physique, mais ayant conservé sa structure chimique. La soie à l'acétate, par contre, est de la cellulose modifiée et physiquement et chimiquement.

Ces quatre variétés de soies artificielles ont donc toutes pour point de départ une substance préformée par la nature: la cellulose. Ce sont des fibres semi-synthétiques.

Depuis quelques années, des chimistes américains ont développé des *fibres soyeuses entièrement synthétiques:*

le Nylon — le Vinyon — le Saran. (Des imitations de Nylon ont été fabriquées en Allemagne sous les noms de Perlon et de fibres Pé-Cé.)

Le Nylon.

Des chimistes de la société duPont de Nemours à Arlington (New-Jersey) ont développé, en 1938, cette fibre si appréciée. C'est une polyamide contenant dans ses longues chaînes, en dehors de C et de H, des groupements $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-$ qui reviennent à intervalles réguliers.

Comme la soie naturelle et la laine contiennent également le groupement CONH, on voit que le Nylon présente une certaine parenté chimique avec ces produits naturels.

Beaucoup de produits «nylonoïdes» ont été découverts dans la suite, mais le nylon le plus apprécié est celui de duPont. Il est fabriqué à partir de l'acide adipique $CO^2H(CH^2)^4CO^2H$ et d'hexaméthylènediamine $NH^2(CH^2)^6NH^2$.

L'acide adipique a été synthétisé également par les chimistes de duPont, comme tant d'autres produits, à partir de charbon, d'eau et d'air.

$$n\,CO^2H(CH^2)^4CO^2H + n\,NH^2(CH^2)^6NH^2 \longrightarrow \left[\,\overset{\overset{O}{\|}}{C}-(CH^2)^4-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-(CH^2)^6-\overset{\overset{H}{|}}{N}-\,\right]_n$$

ac. adipique — hexaméthylène-diamine — Nylon

Le Nylon possède une résistance et une élasticité dépassant de loin celles des soies rayonnes, et égales ou même supérieures à celles de la soie naturelle.

Les usages en sont très variés: lingerie, bas, cravates, gants, brosses à dents, brosses à cheveux, cat-gut chirurgical, parachutes, câbles pour planeurs, etc., etc.

Remarque: Comme le nombre des diacides et des diamines est extrêmement grand, on comprend qu'on peut obtenir des polyamides, genre Nylon, en variétés illimitées. Ces produits, tous thermoplastiques, ne servent pas seulement comme fibres, mais également comme matières plastiques proprement dites (objets laminés et coulés; poudres de moulage).

Le Vinyon.

C'est un polymère mixte de chlorure $CH^2 = CHCl$ et d'acétate de vinyle $CH^2 = CHOCOCH^3$. Il a trouvé des applications analogues à celles du Nylon.

Le Saran. (Velon; Permalon.)

C'est un polymère du chlorure de vinylidène
($CH^2 = CCl^2$)
Il forme des fibres flexibles, très résistantes à l'humidité, aux huiles et à la plupart des agents chimiques. Il sert à la fabrication de tissus pour rideaux, draperies, matelassures d'une beauté remarquable.

Les laines artificielles

Les premiers essais pour l'obtention d'une laine artificielle ont été faits en Allemagne en 1910 déjà. Ils ont été repris pendant les années 1916 et 1917. Mais c'est seulement en 1935 que la I. G. Farben-Industrie a développé sous le nom de Vistra une laine artificielle de valeur commerciale.

(Vistra est une contraction de deux proverbes latins: Si *vis* pacem, para bellum; et, per aspera ad *astra.)*

En 1936, les Italiens ont développé une laine de caséine, nommée Lanital.

Vers la même époque on a produit au Japon une laine artificielle analogue.

En 1937, les Américains ont également obtenu des laines de caséine et de fèves de Soja, et en Angleterre, peu avant la guerre, on a développé une laine artificielle nommée Ardil.

Laines à base de soie artificielle: la Zellwolle et *la laine Vistra.* Ces «laines» sont formées en réalité de soie artificielle. Des fils de rayonne sont coupés à la longueur de 4 à 10 cm. Ils sont légèrement frisés, puis filés et tissés.

Laines à base de matières albuminoïdes: Le *Lanital,* nommé en Amérique également Tiolan, Casolana, Lactofil, Aralac.

Cette laine est obtenue à partir de la caséine de lait écrémé. Celle-ci est dissoute dans un alcali; la solution est comprimée à travers une filière dans un bain acide; puis dans du formol qui durcit les fils. Le Lanital, renfermant dans ses molécules les éléments COHN, présente une parenté chimique avec la laine naturelle qui, en dehors du soufre, renferme les mêmes éléments.

La laine de Soja: des fèves de Soja finement pulvérisées sont mises en solution; celle-ci est comprimée par la filière dans un bain acide.

La laine de Soja est résistante et souple. Pratiquement, elle ne se différencie en rien de la laine naturelle. Les teignes cependant la distinguent très bien de cette dernière, car elles

attaquent la laine naturelle, mais n'attaquent pas la laine de Soja qui ne semble pas être de leur goût! On utilise la laine de Soja surtout en mélange avec de la laine naturelle.

L'ardil: Cette nouvelle laine artificielle est obtenue à partir des arachides. Les fibres sont frisées, molles et ne sont pas attaquées par les teignes.

Des tissus formés d'un mélange à parties égales de laine et d'Ardil ne se distinguent guère des tissus pure laine. Le prix de revient de l'Ardil est plus bas que celui de la laine.

Conclusion

Les matières plastiques auront un grand avenir. Déjà aujourd'hui elles ont remplacé les métaux, le bois, le verre et les fibres naturelles dans de nombreuses applications.

L'industrie automobilière les utilise de plus en plus. Avant la guerre déjà, on comptait dans les automobiles américaines plus de 120 pièces différentes en matières plastiques.

En 1942, Ford a construit une automobile d'essai dont la carrosserie fut entièrement en résine synthétique.

L'industrie aéronautique fait également un large usage de ces matières, vu qu'à résistance égale ou même supérieure, elles sont moins coûteuses que les métaux légers.

L'industrie de guerre américaine a consommé des quantités énormes de matières plastiques pour la fabrication de casques légers, de fourreaux de baïonnette, de masques respiratoires, d'uniformes, d'imperméables, de manches d'outils et de l'indispensable chewing-gum, en dehors du matériel plastique entrant dans la construction des avions, des autos et des vaisseaux.

La construction des maisons préfabriquées exige des quantités toujours croissantes de plastiques.

Les salles à manger, chambres à coucher, les salles de bains, les cuisines peuvent être complètement ameublées sans qu'on ait besoin de métaux, de bois, de verre et de fibres naturelles.

Voici quelques chiffres relatifs aux quantités de matières plastiques résineuses et cellulosiques produites en Amérique.

en 1927:	environ	6.000	tonnes
» 1937:	»	100.000	»
» 1940:	»	150.000	»
» 1941:	»	245.000	»

Production de caoutchoucs synthétiques en 1943: environ 935.000 tonnes.

Production de rayonnes en 1942: environ 310.000 tonnes.

Quant à notre pays, le fer qui alimente notre industrie nationale sera épuisé un jour. L'industrie touristique seule ne suffira peut-être pas à la remplacer.

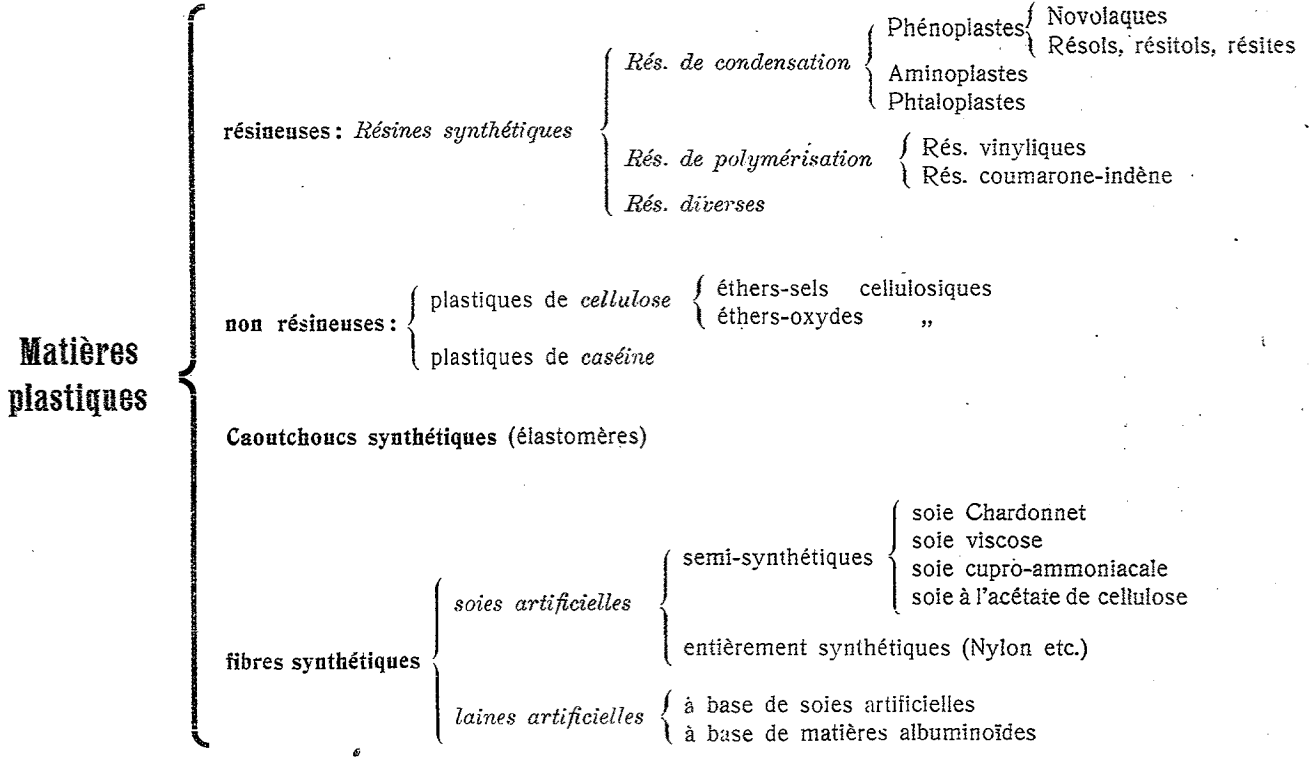
Ne pourrait-on pas songer déjà aujourd'hui à fonder des industries pour la production de matières plastiques?

En dehors du coke, les matières premières: chaux, air et eau, en effet, ne sont pas rares . . . . . .

Il existe dans l'histoire humaine un âge de la pierre, un âge du bronze, un âge du fer.

Nous vivons actuellement en pleine période de l'acier. Sera-t-elle supplantée un jour par l'âge des matières plastiques?

Ce serait peut-être préférable à celui de la bombe atomique . . . . . .


Matières plastiques
résineuses : Résines synthétiques
Rés. de condensation
Phénoplastes
Novolaques
Résols, résitols, résites
Aminoplastes
Phtaloplastes
Rés. de polymérisation
Rés. vinyliques
Rés. coumarone-indène
Rés. diverses
non résineuses :
plastiques de cellulose
éthers-sels cellulosiques
éthers-oxydes „
plastiques de caséine
Caoutchoucs synthétiques (élastomères)
fibres synthétiques
soies artificielles
semi-synthétiques
soie Chardonnet
soie viscose
soie cupro-ammoniacale
soie à l'acétate de cellulose
entièrement synthétiques (Nylon etc.)
laines artificielles
à base de soies artificielles
à base de matières albuminoïdes