Zeitschrift: Revue économique franco-suisse
Herausgeber: Chambre de commerce suisse en France
Band: 51 (1971)
Heft: 1: Les plastiques

Artikel: La genèse des plastiques
Autor: Vène, Jean
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-887636

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LA GENÈSE DES PLASTIQUES

par Jean VÈNE

On peut définir pratiquement un plastique comme étant une matière organique facilement déformable sous l'influence de la pression, de la température, ou de ces deux facteurs réunis, à un certain stade de son élaboration.

Chimiquement parlant, un plastique a toujours comme constituant essentiel un composé *macromoléculaire*, c'est-à-dire une substance formée par un agrégat de molécules organiques de poids moléculaires extrêmement élevés.

Nous nous proposons ici d'esquisser les grandes lignes de l'élaboration des plastiques en nous limitant aux principaux et en les classant à la fois suivant leurs processus d'obtention et leur principale caractéristique technologique.

***

Dès l'abord, pour la clarté de notre exposé, il nous faut rappeler, de façon précise, ce que les chimistes désignent par les deux termes suivants : polymérisation et polycondensation.

On dit qu'il y a *polymérisation* lorsque l'on obtient, à partir d'une molécule de base dite *monomère*, un corps à plus grosse molécule, ou *polymère*, qui résulte de la juxtaposition convenable des molécules de ce monomère, sans qu'aucun tiers produit ait été éliminé. Si l'on désigne par M la molécule monomère, le schéma représentatif d'une polymérisation sera donc :

$$n\,M \longrightarrow M_n$$

Par exemple, par action de la chaleur sur l'acétylène, il est possible de transformer celui-ci, au moins partiellement, en benzène ; on réalise ainsi la polymérisation :

$$3\,C_2H_2 \longrightarrow (C_2H_2)_3 \text{ ou } C_6H_6$$

Nous avons là, formation simplement d'un trimère. Mais, pour d'autres molécules, il est possible d'obtenir des polymérisations dans lesquelles n est très élevé, de l'ordre de plusieurs centaines ou de plusieurs milliers ; on obtient alors des composés macromoléculaires. Remarquons d'ailleurs qu'un phénomène analogue peut intervenir, dans certains cas particuliers, lorsque deux molécules se polymérisent simultanément ; il peut y avoir alors production d'une macromolécule, mixte en quelque sorte :

$$n\,M + n\,M' \longrightarrow (MM')_n$$

(en considérant le cas simple où le même nombre de molécules M et M′ participent à la constitution de la macromolécule) ; on a alors une *copolymérisation*.

On dit qu'il y a *polycondensation* lorsque le produit obtenu résulte de la réaction généralisée des molécules de départ, mais cette fois avec élimination d'un tiers corps, dont la molécule est toujours très simple : c'est le plus souvent de l'eau, ce peut être aussi un acide, un sel, un alcool, par exemple ; les éléments constitutifs de ce corps sont empruntés à l'une et à l'autre des deux molécules dont les parties principales se trouvent ainsi soudées.

En élaborant, par exemple, les molécules de cellulose à partir de molécules de glucose, la nature provoque l'élimination d'une molécule d'eau pour deux molécules de glucose qui se soudent : elle réalise une polycondensation.

***

Nous trouvons un premier type de genèse d'un plastique dans la mise en œuvre, dans des conditions convenables,

d'une *polymérisation*. Prenons par exemple, l'éthylène $CH_2 = CH_2$; imaginons que nous puissions le transformer, au moins transitoirement, en une entité chimique correspondant à la formule $—CH_2—CH_2—$, avec disparition de la double liaison centrale et apparition d'une liaison libre à chaque extrémité. On conçoit alors que deux groupements $—CH_2—CH_2—$ puissent s'unir l'un à l'autre par leurs liaisons libres pour donner une chaîne à quatre chaînons :

$$—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$$

qui puisse elle-même se développer en agissant par un mécanisme analogue sur de nouvelles molécules de $CH_2 = CH_2$. C'est effectivement ce qui a été réalisé en chauffant l'éthylène vers 200° sous des pressions très élevées, de l'ordre de 1 000 atmosphères; on a pu réaliser ainsi la synthèse des *polyéthylènes* ou *polythènes* $(CH_2)_n$, dont la macromolécule, se développant dans une seule direction de l'espace, comprend de 200 à 3 000 chaînons CH_2.

Considérons maintenant les composés de formule générale : $CH_2 = \underset{\underset{R}{|}}{CH}$, dérivés monosubstitués de l'éthylène, dans lesquels R peut être notamment un reste hydrocarboné tel que $—CH_3$ ou $—C_6H_5$, par exemple : il a été possible de mettre en œuvre des techniques permettant la réalisation de chaînes macromoléculaires dont la structure peut être ainsi schématisée :

$$\ldots—CH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{R}{|}}{CH}—\ldots$$

C'est ainsi qu'en polymérisant le propylène (ou propène) $(R = CH_3)$: $CH_2 = CH—CH_3$ ou le styrolène (ou styrène) $CH_2 = CH—C_6H_5$ $(R = C_6H_5)$ on obtient respectivement les *polypropylènes* ;

$$\ldots CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\ldots$$

et les *polystyrènes* :

$$\ldots CH_2—\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}\ldots$$

Les plastiques précédents forment le groupe des *polycarbures* dans la macromolécule desquels ne figurent, en définitive, que des groupements hydrocarbonés.

Mais R peut être également un atome de chlore ou un groupement acétyle $—O—CO—CH_3$; les monomères : $CH_2 = CHCl$, chlorure de vinyle, et $CH_2 = CH—O—CO.CH_3$, acétate de vinyle ($CH_2 = CH$ s'appelle le radical vinyle), sont susceptibles d'être polymérisés pour donner respectivement les *chlorures de polyvinyle* et les *acétates de polyvinyle* :

$$\ldots—CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—\ldots$$

$$\ldots CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—\ldots$$

formant le groupe des plastiques *polyvinyliques*.

Signalons au passage que la polymérisation simultanée du chlorure et de l'acétate conduit à des copolymères du type :

$$\ldots CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{COCH_3}{\underset{|}{O}}}{CH}—\ldots$$

D'autre part, sous l'action des alcools, le plus simple des acides présentant une double liaison, l'acide acrylique $CH_2 = CH—COOH$, donne des esters $CH_2 = CH—COOR$, R étant un radical hydrocarboné. La polymérisation de ces esters acryliques conduit à des composés de structure :

$$CH_2—\underset{\underset{O=C—OR}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{O=C—OR}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{O=C—OR}{|}}{CH}—CH_2—\underset{\underset{O=C—OR}{|}}{CH}\ldots$$

qui sont les *polyesters acryliques*, surtout utilisés, à vrai dire, sous forme d'émulsions. Mais si nous prenons le dérivé monométhylé ramifié de l'acide acrylique :

$$CH_2 = \underset{\underset{CH_3}{|}}{C}—COOH,$$

acide méthylacrylique ou *méthacrylique* et que nous l'estérifiions par un alcool R—OH, nous obtiendrons un ester méthacrylique :

$$CH_2 = \underset{\underset{CH_3}{|}}{C}—COOR.$$

La polymérisation de celui-ci aboutira à des composés macromoléculaires approximativement linéaires :

$$\ldots CH_2—\underset{\underset{COOR}{\underset{|}{C}}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}—CH_2—\underset{\underset{COOR}{\underset{|}{C}}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}—CH_2—\underset{\underset{COOR}{\underset{|}{C}}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}—CH_2—\underset{\underset{COOR}{\underset{|}{C}}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}—\ldots$$

constituant les *polyesters méthacryliques*, dont le plus utilisé est le polyméthacrylate de méthyle $(R = CH_3)$, plus connu sous le nom commercial de Plexiglas.

Enfin, on a pu réaliser des composés macromoléculaires de type analogue aux précédents, mais dans lesquelles une partie du carbone se trouve remplacé, atome par atome, soit par le silicium, soit par l'oxygène; leur longue chaîne a pour maillon élémentaire, par exemple, dans le cas le plus simple :

$$—CH_2—\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{Si}}—O—CH_2—$$

Ce sont les *silicones*, plastiques un peu particuliers, principalement caractérisés par la stabilité de leurs propriétés dans un grand intervalle de température.

Tous les plastiques dont nous avons parlé jusqu'ici sont donc formés de macromolécules dont la chaîne se développe dans une seule direction de l'espace ou macromolécules *linéaires*. Du point de vue pratique et technologique, ils ont en commun la propriété suivante, essentielle pour leur mise en œuvre : soumis à l'action simultanée de la chaleur et de la pression, ils peuvent changer de forme et cela, un nombre indéfini de fois; on dit que ce sont des substances *thermoplastiques*.

***

Nous abordons maintenant le deuxième type de genèse d'un plastique par la mise en œuvre, dans des conditions adéquates, d'une *polycondensation*.

Si l'on fait réagir à chaud, en présence d'un catalyseur, de l'aldéhyde formique ou formol H—CHO et du phénol C_6H_5OH, en présence d'un catalyseur approprié, il se produit d'abord union de deux molécules de phénol par l'intermédiaire d'une molécule de formol avec élimination d'eau; en explicitant un H du noyau phénolique, on peut écrire :

$$\underset{\underset{OH}{|}}{C_6H_4}-\boxed{H+\underset{\underset{H-C-H}{\|}}{O}+H}-\underset{\underset{OH}{|}}{C_6H_4} \rightarrow H_2O + \underset{\underset{OH}{|}}{C_6H_4}-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{C_6H_4}$$

Le processus se poursuit, donnant d'abord des macromolécules linéaires, puis ensuite des macromolécules commençant à se développer dans les trois dimensions de l'espace pour aboutir à un réseau macromoléculaire *tridimensionnel*.

Dans cette réaction, la résine phénol-formol qui se forme passe successivement par les trois états suivants :

État A : il y a eu polycondensation du phénol et du formol, donnant une résine liquide.

État B : la résine liquide a poursuivi sa condensation et est devenue apte à être moulée et durcie par chauffage.

État C : c'est celui de la résine durcie, pratiquement infusible et insoluble dans les solvants organiques.

Ainsi, nous voyons apparaître là une matière plastique d'une nature différente de celle des précédentes : après avoir, à l'état B, moulé la résine pour lui donner une certaine forme, si nous la chauffons, cette résine, bien loin de se ramollir, durcit à tel point qu'il n'est plus possible de la faire changer de forme à nouveau, même par l'action de la chaleur et de la pression : on dit que la substance ainsi formée est *thermodurcissable*. Dans l'exemple choisi, cette substance appartenait à la famille des *phénoplastes*, qui englobe l'ensemble des plastiques thermo-durcissables obtenus à partir du formol (ou d'un autre aldéhyde) et d'un composé à fonction phénolique.

Si maintenant on fait réagir le formol, non plus sur un phénol, mais sur certains composés présentant dans leur molécule, au moins un groupement NH_2, on pourra obtenir des polycondensations analogues à la précédente conduisant à d'autres plastiques thermodurcissables; ceux-ci sont caractérisés par la présence dans leurs chaînes macromoléculaires d'atomes d'azote alternant avec des atomes de carbone : ce sont les *aminoplastes*. Les plus importants d'entre eux sont de beaucoup les résines *urée-formol;* nous citerons seulement à côté d'elles, les résines *mélamine-formol*.

Par réaction du glycérol, triacool :

$$CH_2OH-CHOH-CH_2OH,$$

et de l'anhydride phtalique $C_6H_4\begin{matrix}\diagup CO \diagdown \\ \\ \diagdown CO \diagup\end{matrix}O$, (anhydride du diacide qu'est l'acide phtalique), on peut obtenir, par estérification, des polycondensations; par une série d'étapes rappelant celles observées dans la fabrication des phénoplastes et des aminoplastes, on aboutit aussi à des plastiques thermodurcissables, les résines GLYcéro-PhTALiques ou GLYPTALS, appelées aussi *résines alkydes*. Si, au mélange de départ, on ajoute une certaine quantité d'un *monoacide* on obtient des composés dont le réseau tridimensionnel est moins développé : ce sont les *glyptals modifiés*.

***

Obligé de nous limiter, nous ne ferons que signaler l'existence d'un troisième type de genèse d'un plastique, la *polyaddition* beaucoup moins général que les deux premiers, et qui conduit notamment aux résines *époxydes*.

Nous nous devons en terminant de signaler que les travaux de nombreux chimistes, physico-chimistes et physiciens ont permis d'approfondir peu à peu la connaissance des processus de l'édification des macromolécules; grâce à eux, les techniques de fabrication des plastiques se sont perfectionnées et nous permettent de disposer aujourd'hui de toute une gamme de produits aux applications innombrables.