

4. Classification des polymères

Il existe une très grande variété de polymères qui peuvent être classés selon des **critères** différents:

origine
composition chimique
mode de préparation
propriétés physiques (dureté, élasticité du composé, etc.)
comportement à la chaleur (thermoplastiques et thermodurcissables)

Nous nous contenterons, dans cette petite introduction documentaire aux T.P. (travaux pratiques), de présenter succinctement quelques familles chimiques (avec un exemple).

Famille

Exemple

Polyéthylènes (PE) et polypropylènes (PP)

papeterie : chemise en plastique

Polychlorures de vinyle (PVC)

toiles cirées, blousons imitation cuir

Polystyrènes (PS)

semelles en caoutchouc artificiel

Polymères fluorés

poêles en teflon

anti-adhésif

Dérivés phénoliques (phénoplastes)

boîtiers en bakélite

Polyamides

bas nylon, voiles de bateau en Kevlar

Polyuréthanes (carbamates)

matelas en mousse

Polyesters

fibres textiles

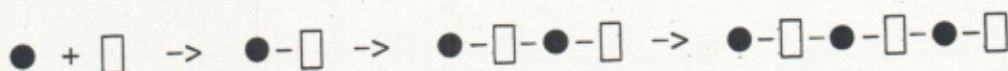
Polyacryliques

peinture acrylique

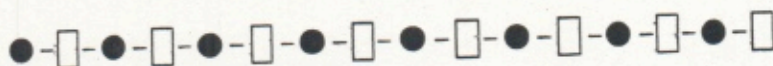
5. Mode de préparation

On distingue deux sortes de polymérisation, différant par leur cinétique

(a) **polyaddition** ou croissance *en chaîne* :

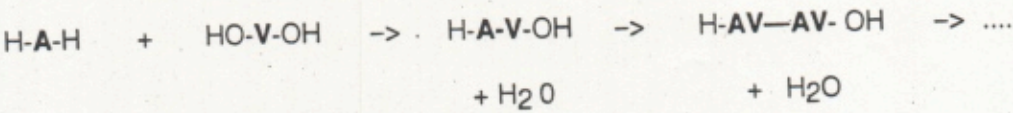


Polymère :



(b) **polycondensation** ou croissance *par étape*:

(au cours de la polycondensation, on observe souvent une perte de molécules d'eau).



Polymère : H-AV-AV-AV-AV-AV-AV-AV-AV-OH

Les modes de préparation (a) comme (b) nécessitent la présence de:

- un système de **chauffage** et
- une installation de **moulage**

qui peuvent fonctionner **sous pression** si nécessaire.

Exemples particuliers à développer :

	Polymère	Monomère
P. E.	polyéthylène	éthène
P. P.	polypropylène	propène
PET	polytéréphtalate d'éthylène	a.téréphtalique / éthène

Nylon, Kevlar et compagnie

Qui se souvient de Wallace Carothers, d'Otto Römh ou de Karl Ziegler? Trois chercheurs pris au hasard parmi des centaines d'autres, bricoleurs anonymes ou prix Nobel, tous à l'origine de cette révolution tranquille qui a

bouleversé notre vie quotidienne. Leurs noms sont oubliés, mais pas ceux des produits qu'ils ont fait naître: Nylon, Scotch, Téflon, Skaï, vinyle, silicone, Plexiglas, Kevlar..., désormais omniprésents. Ils traînent partout à portée de la main, à chaque instant de notre existence, depuis le biberon en polycarbonate jusqu'au cercueil verni polyester, du revêtement de la poêle à frire aux lentilles de contact, de la bouteille d'eau aux freins du TGV... Personne, nulle part, ne peut plus échapper à la marée des matériaux artificiels.

Pendant des milliers d'années, l'homme s'est contenté de fabriquer des objets à partir de ce que lui fournissait la nature: bois, métal, cuir, coton, laine, verre... Jusqu'à ce que les chimistes, au début du XXe siècle, commencent à faire sortir de leurs fioles, comme des lapins d'un chapeau, d'étranges molécules synthétiques à base de carbone. Le pionnier de cette saga: Leo Baekeland, ingénieur belge émigré aux Etats-Unis, où il invente d'abord un nouveau papier photographique, dont il vend le brevet à Kodak, avant de s'acheter une vieille ferme dans l'Etat de New York. C'est là qu'en 1909 il met au point un mélange de phénol et de formol qu'il dépose sous le nom de «Bakélite»: le premier polymère artificiel. Facile à mouler, isolante et résistante à la chaleur, la Bakélite connaît un formidable succès à partir des années 20, sous forme d'interrupteurs, de boîtiers de téléphone, de prises de courant, de poignées de fers à repasser, de garnitures de freins et de toile d'éméri... Ainsi commence l'âge du plastique. Une aventure autour de laquelle vont se bâtir et se défaire des fortunes et des empires industriels. Comme celui du Dr Otto Bayer, qui trouve, dans les années 30, la formule du polyuréthane (les matelas et les coussins «en mousse») en cherchant un substitut du Nylon, et dont le petit atelier donnera naissance au géant pharmaceutique allemand d'aujourd'hui.

Malgré les apparences, les «success stories» res-

teront rares dans ce domaine. Le plus difficile est non pas de découvrir une nouvelle molécule, mais de mettre au point les procédés industriels débouchant sur la fabrication d'objets en série. Un travail complexe et laborieux, hors de portée des bricoleurs isolés.

Les ménagères britanniques qui s'émerveillent en 1948 devant les premières bassines et les premiers

pots de yaourt en polyéthylène sont bien loin de se douter des épreuves qu'ont dû surmonter les chercheurs de la firme ICI avant de parvenir à ces objets à présent dérisoires. La composition chimique du produit était connue depuis longtemps, mais il a fallu apprendre à la synthétiser dans des machines à haute pression chauffées à 200°C qui, parfois, explosaient à la barbe de leurs manipulateurs!

Les accouchements ne sont pas toujours aussi difficiles, surtout quand

le hasard daigne donner un coup de pouce. En 1953, un chimiste américain de la General Electric chargé de trouver de nouveaux isolants pour des câbles haute tension, Daniel Fox, teste une combinaison de polymères dans la cuve d'un mélangeur lorsqu'il est interrompu par un visiteur. Quand il revient, il trouve la mixture figée au bout de la tige du mélangeur, qui, démoulée, ressemble à un marteau. La résine – du polycarbonate – est si dure qu'il peut s'en servir pour enfoncer des clous! Aussi solide que le métal, transparent comme le verre, le

polycarbonate a permis de fabriquer les casques avec lesquels les astronautes américains ont marché sur la Lune en 1969. On l'utilise actuellement pour faire des vitres pareballes, des phares de voiture, des lampadaires ou des feux de signalisation, de la vaisselle et des biberons incassables, des châssis d'ordinateur portable et des boîtiers d'objectif photo. Le fameux Téflon qui recouvre les poêles-qui-n'attachent-jamais, a lui

aussi été découvert par hasard au fond d'un récipient, par un ingénieur américain du nom de Roy Plunket, qui travaillait chez Du Pont de Nemours à la mise au point d'un nouveau gaz pour réfrigérateur. Un beau jour de 1938, celui-ci s'aperçoit que l'un des cylindres où il avait l'habitude de conserver les échantillons refuse de se vider. En le découpant, il trouve une cire blanche collée aux parois, qui ré-

LE NYLON (1938)

La première des fibres synthétiques. Fait ses preuves dans les parachutes des GI, puis sur les plus belles jambes de la planète, avant de révolutionner l'industrie textile après guerre.

LE TÉFLON (1938)

Isolant étanche, sert dans l'industrie nucléaire militaire, avant de recouvrir dans les années 60 les poêles à frire de nos cuisines.

siste à la plupart des produits chimiques et à des températures de plus de 250°C. D'abord classée top secret, la matière va faire le bonheur des militaires, qui cherchent justement des joints insensibles à la corrosion pour colmater les cuves d'uranium destinées à la première bombe atomique.

Lancé dans le commerce à la fin de la guerre, le Téflon connaîtra la brillante carrière culinaire que l'on sait, après avoir effectué un petit détour dans l'espace, notamment comme isolant de circuits électriques à bord des cabines Mercury.

Aucune molécule ne déclenchera autant de rêves et de passions que celle qui tombe du ciel avec les parachutes américains au moment du Débarquement. Le Nylon est sorti des éprouvettes de Wallace Carothers, un brillant chimiste du centre de recherches de Du Pont de Nemours, dont la seule obsession était de fabriquer une fibre entièrement synthétique à partir de molécules de gaz et de pétrole. En 1935, après huit ans de recherches, il extrude à travers l'aiguille d'une seringue une pâte blanchâtre qui s'étire et refuse de se rompre une fois refroidie. Ce premier polyamide reste encore très grossier. On se contente d'en faire des poils de brosse à dents et du fil de pêche. Mais les responsables de Du Pont décident d'aller plus loin, et mobilisent pas moins de 230 chercheurs pour affiner le procédé. Le 27 octobre 1938, la firme annonce officiellement la découverte d'une fibre «aussi solide que l'acier, aussi fine que la toile d'araignée, et d'un magnifique éclat». Une fibre qui va connaître un succès immédiat avec la commercialisation des premiers bas confectionnés avec elle.

Crises de folie dans les magasins de New York, où les femmes font parfois la queue pendant toute la nuit pour accéder aux présentoirs. Wallace Carothers n'a pas eu l'occasion de savourer ce triomphe: apparemment dépressif, il s'est suicidé un an auparavant. Les polyamides, dont il pourrait – privilège rare dans ce domaine – se vanter d'être le père, n'ont cessé depuis de trouver de nouvelles applications. En plus des vêtements, le Nylon s'immisce dans les moquettes, les roues de vélo, les cordes de guitare, les corps de pompe à eau, les valves cardiaques ou les filtres de reins artificiels. Dernier-né: le Kevlar, un «super-Nylon» particulièrement résistant, dont on fait des gilets pare-balles, des casques, des voiles ou des amarres de pétrolier.

Le conflit mondial va accélérer les recherches militaires sur toute une série de matériaux plastiques.

LES SILICONES (1943)

Isolants électriques, puis fluides amortisseurs dans les trains d'atterrissage, avant de se reconvertir, notamment, dans la chirurgie esthétique.

Elles déferleront dans les chaumières à partir des années 50, sous forme d'objets hétéroclites. Incassables, colorés, à bon marché, ils sont alors parés de tous les attraits de la modernité. Le Plexiglas, qui recouvrait les cockpits des avions de chasse,

se transforme en enseignes lumineuses, en prothèses dentaires ou en baignoires, puis donnera naissance aux fibres optiques. La mélamine-formol (alias Formica) envahit les cuisines après avoir habillé les tableaux électriques des navires de guerre américains. Le polystyrène, dont on faisait des éléments de masques à gaz, se retrouve dans les semelles expansées, les plaques d'isolation thermique pour le bâtiment, puis dans les emballages de hamburger et, aujourd'hui, dans les planches à voile. Le PVC, expérimenté pour imperméabiliser les vêtements des soldats britanniques, se changera en blousons imitation cuir, en toiles cirées puis en bouteilles de plastique au début des années 60. La silicone, d'abord destinée aux trains d'atterrissage des avions, s'intègre dans les huiles de moteur, les mastics, les peintures et les cosmétiques, avant de s'imposer en chirurgie plastique pour reconstituer les nez, les pommettes, les seins difformes ou amputés...

La conquête des polymères toucherait-elle à sa fin? En 1980, le volume de matières plastiques consommées en France a dépassé pour la première fois celui de l'acier. Depuis vingt ans, les voitures, les trains et les machines à laver n'ont cessé de s'alléger en métal grâce à l'apport des matériaux synthétiques. Un phénomène qui n'est pas sans rapport

avec la crise de la sidérurgie qui s'est abattue entre-temps sur tous les pays développés. Mais, à force de proliférer, les plastiques ont fini par susciter le rejet. Le «plastoc» est devenu synonyme de vulgaire et d'ordinaire.

Pourtant, de nouvelles générations de matériaux synthétiques sont apparues depuis une dizaine d'années. Mis au point par l'industrie spatiale, les composites, les céramiques et les alliages spéciaux d'aujourd'hui n'ont plus qu'un lointain rapport avec les simples molécules de synthèse d'hier. Plus légers, plus résistants, et parfois même doués d'«intelligence», ces nouveaux venus ont des performances qui tiennent surtout à un subtil art des mélanges. On fabrique ainsi des éléments de voilure d'avion, des pales d'hélicoptère ou des carrosseries de voiture à partir d'une trame de fibre de

LE POLYCARBONATE (1953)

Une résine transparente comme le verre, la solidité en plus. Utilisée dans les blindages, elle équipera le casque des astronautes en 1969 sur la lune

Elles déferleront dans les chaumières à partir des années 50, sous forme d'objets hétéroclites. Incassables, colorés, à bon marché, ils sont alors parés de tous les attraits de la modernité. Le Plexiglas, qui recouvrait les cockpits des avions de chasse, se transforme en enseignes lumineuses, en prothèses dentaires ou en baignoires, puis donnera naissance aux fibres optiques. La mélamine-formol (alias Formica) envahit les cuisines après avoir habillé les tableaux électriques des navires de guerre américains. Le polystyrène, dont on faisait des éléments de masques à gaz, se retrouve dans les semelles expansées, les plaques d'isolation thermique pour le bâtiment, puis dans les emballages de hamburger et, aujourd'hui, dans les planches à voile. Le PVC, expérimenté pour imperméabiliser les vêtements des soldats britanniques, se changera en blousons imitation cuir, en toiles cirées puis en bouteilles de plastique au début des années 60. La silicone, d'abord destinée aux trains d'atterrissage des avions, s'intègre dans les huiles de moteur, les mastics, les peintures et les cosmétiques, avant de s'imposer en chirurgie plastique pour reconstituer les nez, les pommettes, les seins difformes ou amputés...

verre ou de Nylon tissée selon la forme et enrobée de résine. Résultat: des matériaux sandwichs – les composites – qui se révèlent souvent plus solides que leurs équivalents en métal, qui ne rouillent pas et permettent de gagner un poids considérable – plus de 20% du poids d'un Airbus, soit plus de 3 tonnes en équivalent-métal.

Les céramiques, elles, n'ont pas grand-chose à voir avec la porcelaine chinoise, mais le procédé reste similaire: un mélange de poudres minérales cuit à haute température. Presque aussi dures que le diamant et capables de résister à des chaleurs de plusieurs milliers de degrés, elles sont fabriquées à partir de matières premières abondantes comme le silicium ou le zircon. On les retrouve dans les tuiles du bouclier thermique de la navette spatiale, dans les boîtiers de circuits intégrés, dans les disques des freins en carbone du TGV et même à l'intérieur du corps humain: des prothèses de hanche conçues par la SEP ont déjà été implantées sur des milliers de malades.

D'autres perspectives se profilent pour demain. Une catégorie de céramiques très spéciales suscite ainsi depuis six ans un énorme espoir: celle des supraconducteurs. Certains matériaux refroidis à très basse température changent en effet brusquement d'état et n'offrent plus aucune résistance au passage du courant électrique. Si ce phénomène était maîtrisé, il permettrait d'éliminer totalement les pertes d'énergie dues à la résistance naturelle des circuits dans les moteurs, les transformateurs, les électro-aimants et les ordinateurs. Avec, à la clef, des machines deux fois plus puissantes et la possibilité de stocker le courant sans aucune perte dans des bobinages enterrés dans le sol.

LE KEVLAR (1965)

Super-Nylon ultrarésistant à la déchirure et aux chocs, trouve sa place aussi bien dans la technologie de pointe que dans la haute compétition. Chris Boardman vient de battre le record du monde de l'heure sur un vélo en Kevlar de 7,1 kilos.

LES CÉRAMIQUES (années 70)

Résistant à des chaleurs de plusieurs milliers de degrés, équipent le bouclier thermique des navettes spatiales. Portées à de très basses températures, excellent dans les supraconducteurs.

En 1986, deux chercheurs du laboratoire IBM de Zurich, Alex Müller et Georg Bednorz, ont provoqué la stupeur des spécialistes en annonçant la décou-

verte d'un alliage à base d'oxydes métalliques qui devient supraconducteur à une température beaucoup plus élevée que celle qui avait été constatée jusque-là. D'autres records de «chaleur» sont tombés depuis. Des supraconducteurs à température ambiante ne paraissent plus une utopie. Fait rarissime dans les annales, Müller et Bednorz ont reçu le prix Nobel en 1987, un an après leur découverte. Mais la chimie classique n'a pas dit son dernier mot. En avril 1991, un «eurêka!» a retenti à travers le monde lorsque Harry Kroto, un

physicien anglais de l'université de Brighton, et Richard Smalley, un chimiste américain de la Rice University, à Houston, ont découvert une nouvelle classe de molécules: les fullerènes. Constituées d'atomes de carbone, elles forment des figures géométriques fermées qui imitent, par exemple, à la perfection les facettes d'un ballon de football. Le plus intéressant, c'est que ces cages moléculaires peuvent servir à enfermer d'autres molécules. Un Meccano atomique en trois dimensions, qui, si l'on en croit les chercheurs, ouvre d'immenses possibilités: supercarburant pour fusées, nouvelles thérapies contre le cancer, plastiques intelligents, batteries ultralégères, nouvelle race de puces informatiques, supraconducteurs... On ne sait si toutes ces promesses seront tenues demain, mais une chose est sûre: la quasi-totalité des objets au milieu desquels vivront nos

enfants n'existe pas encore. Se souviendra-t-on alors d'Alex Müller ou de Harry Kroto?

Gilbert Charles
d'après «L'EXPRESS» du 19 mai 1993

