

« Un point sur » : une nouvelle rubrique pour mieux comprendre votre vie quotidienne !

Les fiches « Un point sur » sont coordonnées par un comité éditorial mené par **Jean-Pierre Foulon**, **Véronique Nardello-Rataj** et **Michel Quarton**. Cette nouvelle rubrique est lancée dans le cadre de l'Année internationale de la chimie pour mieux comprendre l'apport de la chimie dans notre vie quotidienne (hygiène, habitat, confort, santé...) grâce à des fiches courtes, utilisables notamment par les professeurs de l'enseignement secondaire. N'hésitez pas à proposer votre contribution !
Contact : bleneau@lactualitechimique.org

Les polyoléfines

Des polymères à applications textiles très particuliers

Les polyoléfines semblent *a priori* un polymère destiné à produire des sacs poubelles. Ces polymères ont toutefois un gros avantage : leur prix. Mais, outre cette caractéristique basement matérielle, ils sont très employés en raison de leurs propriétés liées à leur structure, elle-même liée à la nature chimique de la macromolécule.

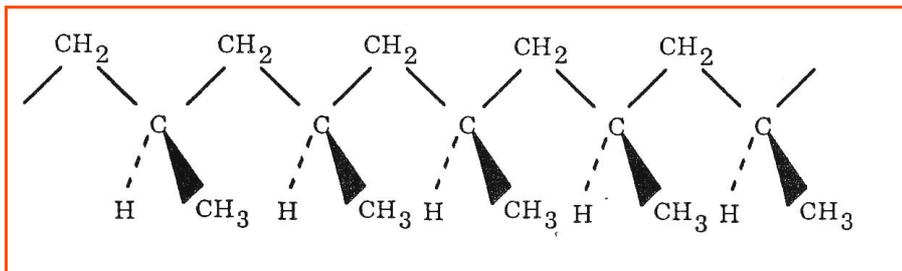


Figure 1 - Le polypropylène isotactique.

Commençons par le polypropylène. En textile, on utilise presque exclusivement le polymère isotactique (catalyse type Ziegler-Natta) ; il est filé à l'état fondu, extrudé dans une filière et étiré (figure 1). Nous verrons une seconde technique employée pour transformer directement un film en ficelles agricoles.

Avantage de ce polymère : les liaisons intermoléculaires sont faibles, donc en chauffant peu, on va très facilement l'étirer, avoir un produit « fluide » à l'état fondu, et donc pouvoir faire des fibres fines (le contre-exemple est le polyamide 6,6 qui, avec ses multiples liaisons H, s'étire plus difficilement et conduit à des fibres plus grossières). Ces fibres sont parfaitement hydrophobes et Helly Hansen a ainsi réussi à faire des sous-vêtements très chauds, toujours secs. Malheureusement, la fibre ne peut pas être teinte car ce polymère est peu cristallo-amorphe, ce qui signifie que l'on ne peut pas le gonfler en zones amorphes en conservant une structure mécaniquement solide. On peut toutefois incorporer lors du filage des pigments bleus par exemple, mais il faut alors faire une grosse commande, d'où du bleu et du blanc. Avec des fibres très fines, on emprisonne beaucoup d'air, d'où

l'isolation ; les capillaires fins favorisent le drainage de l'humidité (la fibre est plus ou moins recouverte de tensioactif) et l'eau n'ayant aucune influence sur les caractéristiques mécaniques, le complexe fibres/air ne s'écrase pas et conserve ainsi son caractère isolant.

Mais en raison de sa polymérisation avec un système Ziegler-Natta, ce polypropylène (PP) se dépolymérise très facilement à la lumière solaire, d'où une nouvelle idée : si on utilisait cette propriété pour faire des « agrotexiles » ? L'idée est la suivante : au printemps, lorsque la plante commence à pousser, recouvrons-la d'un voile de non-tissé en PP. Ainsi, nous reproduisons une serre autour de la plante, avec un maintien au chaud la nuit par effet de serre. Mais la plante pousse et le

temps devient plus chaud... Qu'à cela ne tienne, le soleil « dépolymérise » le PP, rejetant du propylène dans la nature (figure 2). Par contre, le catalyseur de dépolymérisation est le catalyseur Ziegler-Natter, et un PP, fait par voie radicalaire, ne donnera pas cette dépolymérisation. Un produit de petit degré de polymérisation (DP) va ainsi très vite disparaître. Nous retrouverons le PP un peu plus loin pour la ficelle agricole.

Ce PP a également été proposé pour faire les blouses des petits écoliers, ce qui leur permet de ne pas se tacher avec la gouache ou autres produits sucrés contenus dans

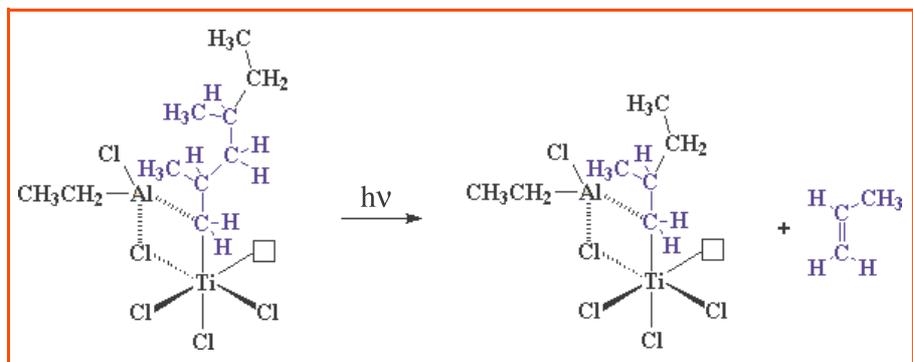


Figure 2 - Photodépolymérisation du polypropylène isotactique.

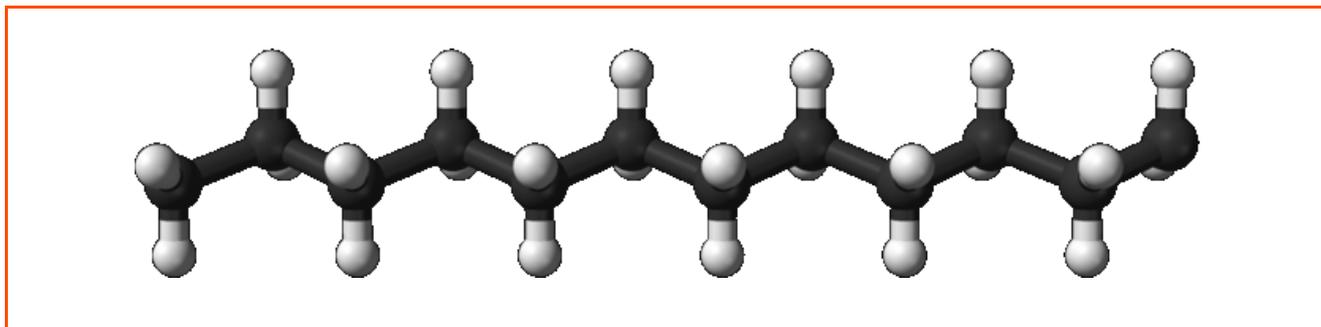


Figure 3 - Macromolécule de polyéthylène haute densité.

leur goûter. Oui, on met la blouse dans l'eau et tout part ! Mais lorsqu'on met dans la même lessive des bleus de travail très gras et des blouses en PP, ces dernières vont dissoudre les produits gras qui resteront dedans !

Prenons maintenant une feuille de PP isotactique et rayons-la avec des molettes dans le sens de l'étirage. Puis étirons : les macromolécules sont disposées dans le sens de l'étirage. Les rayures initient des ruptures et en réétirant cette feuille, on va voir apparaître des fibres, certes plus grossières que les fibres extrudées, mais individuelles et très longues. En les regroupant, on obtient directement de la ficelle agricole. Oui, mais elle ne résiste pas aux UV... Qu'à cela ne tienne : on va incorporer des anti-UV au polymère, d'où sa couleur noire.

Le polyéthylène (PE) permet quant-à-lui de faire des fibres remarquables, justement par absence de CH_3 latéral du PP : le Dyneema®. En effet, dans le PE, les

macromolécules parallèles vont être très proches les unes des autres, d'où des interactions supérieures en moyenne à ce qu'elles sont dans le PP (figure 3).

Cette fibre est produite en filant un PE haute densité (donc une macromolécule absolument linéaire) de très haut poids moléculaire (UHMWPE), dont la masse molaire est supérieure à 2×10^6 ou DP_n est supérieur à 100 000. Un DP si élevé avec des macromolécules linéaires absolument sans défaut entraîne la multiplication de liaisons intermoléculaires, d'où le module de traction très élevé. Le défaut de cette fibre est évidemment sa mauvaise tenue à la chaleur, car comme toujours avec les polyoléfines, les liaisons intermoléculaires sont faibles, bien qu'elles soient nombreuses. Ces molécules étant très longues et très linéaires, on peut obtenir à l'étirage à chaud une structure avec des molécules très parallèles. Le matériau a une masse volumique faible ($0,97 \text{ g/cm}^3$), ce qui fait que certes l'acier a un module d'Young double ($E_{\text{acier}} \approx 200 \text{ GPa}$ et UHMWPE de l'ordre de 100 GPa), mais pour une masse donnée, il est bien préférable d'utiliser un produit en Dyneema® ou similaire.

C'est ainsi que l'on confectionne des gilets pare-balles avec cette fibre. Par contre – et cela est un problème très général des polymères –, ils fluent très facilement. Les étudiants, voyant une courbe contrainte-déformation linéaire, pensent que tout ce qui est linéaire est réversible. Il ne faut donc surtout pas employer ces fibres pour faire des câbles de pont suspendu.



Grâce au Dyneema®, on obtient par exemple des cordes particulièrement résistantes (www.gunsails.co.uk).

Pour aller plus loin

- Rault J., *Les polymères solides - Amorphes, élastomères, semi-cristallins*, 2002, Cépaduès Éditions.
- G'Sell C., Haudin J.-M. (eds), *Introduction à la mécanique des polymères*, 1995, INPL Éditions.
- Horrocks A.R., Anand S.C. (eds), *Handbook of technical textiles*, 2000, CRC Press.
- Ugbole S.C.O. (ed.), *Polyolefin fibres: Industrial and medical applications*, 2009, CRC Press.
- High-performance fibres, *Textiles Progress Series*, 1993, 25(3/4).
- Eldib A., Walther R., Advanced fibres for personal protective clothing, *Tech. Textiles Int.*, juin 1992, p. 68.
- Young S.A., Dyneema - the strongest fibre in the world, *Tech. Textiles Int.*, mai 1992.
- Koerner R.M., Lord A.R. Jr., Halse Y.H., Long-term durability and aging of geotextiles, *Geotextiles and geomembranes*, 1988, 7(1-2), p. 147.

Cette fiche a été préparée par **Pierre Viallier** et **Florence Dieval**, École Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace (ENSISA), 11 rue Alfred Werner, F-68096 Mulhouse Cedex. Courriel : florence.dieval@uha.fr