

Physico-chimie

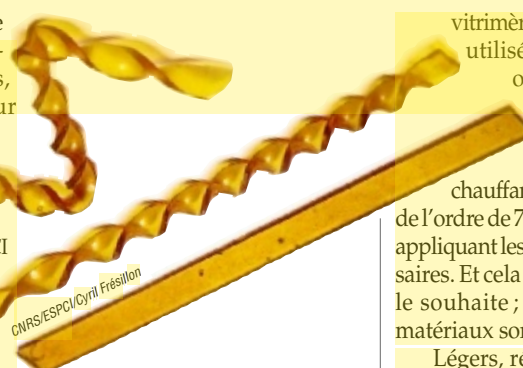
Du plastique dur refaçonnable à volonté

Jusqu'ici, il n'existait pas de matériaux organiques résistants qui, une fois durcis, peuvent être refaçonnés pour prendre n'importe quelle forme voulue, à l'instar du verre. Mais l'équipe parisienne de Ludwik Leibler (CNRS et ESPCI ParisTech) vient de mettre au point de tels matériaux, et les industriels ne devraient pas tarder à en profiter.

Les plastiques rigides existants sont essentiellement de deux types. Les matériaux thermodurcissables, tels que la bakélite, sont obtenus par polymérisation d'un liquide dans un moule. La réaction de polymérisation crée un réseau où de nombreuses liaisons chimiques covalentes (des liaisons robustes) relient les chaînes de molécules, ce qui produit des solides résistants à la chaleur et aux solvants. Mais, une fois la polymérisation effectuée, il est impossible de refaçonner ces résines par chauffage ou par l'utilisation de solvants.

Les thermoplastiques, eux, sont des matériaux polymères dont la structure moléculaire ne met pas en jeu de liaisons covalentes croisées. De ce fait, l'assemblage moléculaire est seulement enchevêtré et donc beaucoup plus lâche. Ils peuvent être refondus et refaçonnés à volonté, mais n'offrent pas une très bonne résistance mécanique, thermique et chimique.

Les nouveaux matériaux élaborés par L. Leibler et ses collègues combinent les atouts des résines thermodurcissables et des thermoplastiques, sans leurs inconvénients. L'idée est de concevoir des matériaux où, à haute température, les liaisons covalentes croisées qui sont proches peuvent s'échanger et ainsi modifier la topologie du réseau moléculaire (voir le schéma). Cette possibilité de réarrangement se traduit d'un point de vue macroscopique par la malléabilité du matériau, obtenue par chauffage.



Trois formes différentes d'un même ruban de vitrimère, la nouvelle classe de matériaux polymères, obtenues l'une à partir de l'autre en chauffant le matériau avec de l'air chaud et en lui appliquant les déformations appropriées.

Pour obtenir de tels matériaux, l'équipe de L. Leibler a utilisé une réaction bien connue nommée transestérification (voir le schéma). Elle l'a mise en œuvre sur des réseaux de polymères synthétisés par des méthodes classiques, la cinétique de la réaction de transestérification étant contrôlée à l'aide de catalyseurs à base de zinc. Les physico-chimistes parisiens obtiennent ainsi des matériaux qui sont durs à température ambiante et qui se ramollissent progressivement dans une certaine gamme de températures, jusqu'à devenir fluides. Ces nouveaux matériaux, que leurs inventeurs nomment

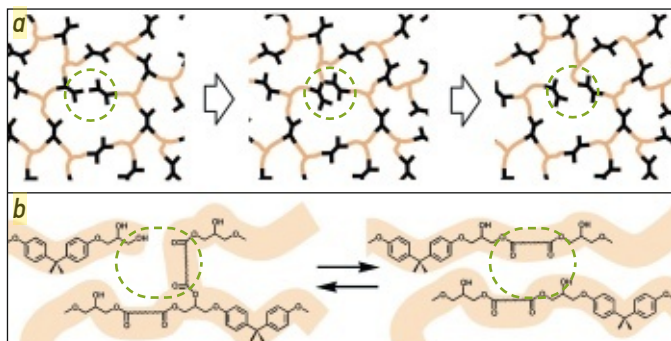
vitrimères, peuvent être ainsi utilisés pour réaliser des objets de forme compliquée sans recourir à un moule, simplement en les chauffant à des températures de l'ordre de 70°C-100°C et en leur appliquant les déformations nécessaires. Et cela autant de fois qu'on le souhaite ; autrement dit, ces matériaux sont recyclables.

Légers, résistants à température ambiante, facilement malléables, réparables et recyclables, peu coûteux à produire, les vitrimères cumulent des avantages qui les rendront utiles dans de nombreux secteurs industriels : aéronautique, automobile, électronique, construction, etc.

Sur le plan fondamental, précisent L. Leibler et ses collègues, l'étude expérimentale et théorique de ces réseaux de polymères à liaisons échangeables aiderait à mieux comprendre la physique des verres. La transition entre l'état solide et l'état fluide des réseaux de polymères a en effet de nombreux points communs avec la transition vitreuse – avec l'avantage que, pour les réseaux polymères, la dynamique de cette transition peut être contrôlée à l'aide d'un catalyseur.

→ Maurice Mashaal

D. Montarnal et al., *Science*, vol. 334, pp. 965-968, 2011



Schémas d'un réarrangement topologique dans un réseau de polymères, dû à une réaction d'échange (transestérification) entre deux liaisons covalentes voisines [a], et d'une réaction d'échange par transestérification dans un réseau hydroxy-ester [b].

En bref

GUÊPES RECONNAISSANTES

Michael Sheehan et Elisabeth Tibbetts, de l'Université du Michigan, ont montré que la guêpe *Polistes fuscatus* est capable de mémoriser la face de ses semblables et les identifier. Ces qualités sont essentielles pour cette espèce sociale chez qui plusieurs reines établissent des nids en commun tout en cherchant à imposer une hiérarchie stricte entre les communautés. La reconnaissance d'un individu permet de savoir rapidement si celui-ci a déjà été vaincu et diminue ainsi le nombre de rencontres agressives.

LUEUR GALACTIQUE

L'émission de l'hydrogène ionisé de notre propre Galaxie, indicateur de la formation stellaire, était jusqu'ici impossible à observer, car noyée dans une lueur diffuse de même longueur d'onde interne au Système solaire. Rosine Lallement, de l'Observatoire de Paris, et ses collègues viennent pourtant d'obtenir la première cartographie de l'émission galactique en analysant les données des deux sondes *Voyager*. Celles-ci ont en effet atteint la frontière du Système solaire, où la lueur parasite devient négligeable.

TEMPS ET BOSSE DES MATHS

Vous évaluez correctement les durées ? Alors il y a de bonnes chances que vous soyez également bon en mathématiques. Telle est, en substance, la conclusion à laquelle sont parvenus Peter Kramer et deux collègues, à l'Université de Padoue en Italie. Des tests réalisés sur 202 étudiants ont montré que les sujets qui estimaient le mieux les durées de sons brefs étaient aussi, en moyenne, ceux qui répondaient le mieux à des questions d'arithmétique.