

Physico-chimie

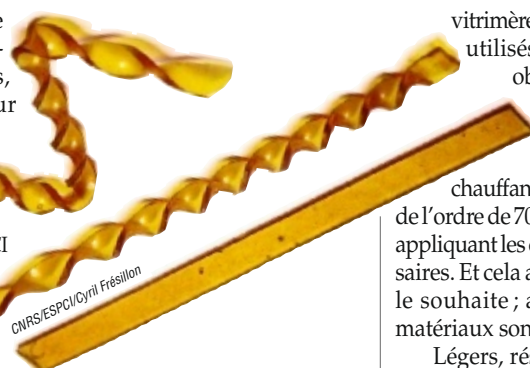
Du plastique dur refaçonnable à volonté

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

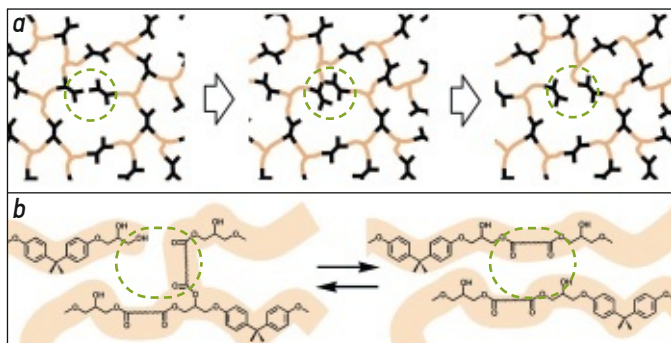
vitrimères, peuvent être ainsi utilisés pour réaliser des objets de forme compliquée sans recourir à un moule, simplement en les chauffant à des températures de l'ordre de 70°C-100°C et en leur appliquant les déformations nécessaires. Et cela autant de fois qu'on le souhaite ; autrement dit, ces matériaux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

L'UEUR 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.

Biologie animale

Toile d'araignée empoisonnée

Les araignées tissent des toiles pour capturer leurs proies. Mais toutes les espèces ne sont pas les bienvenues ! De fait, certaines araignées sont victimes de fourmis. Shichang Zhang, de l'Université de Singapour, a mis en évidence le stratagème de l'araignée *Nephila antipodiana* pour éviter cette menace : la toile empoisonnée !

Les entomologistes ont d'abord été étonnés de voir les fourmis passer au large des toiles de l'araignée, alors que la tisseuse est un mets de choix, copieux de par sa taille. L'explication de cette répulsion réside dans le dépôt d'un produit sur les fils de soie, la 2-pyrrolidone. Toutefois, cette molécule n'est fabriquée que par les araignées adultes et les jeunes déjà grands. Les petits n'en produisent pas, car leurs fils sont trop fins pour le poids d'une fourmi. Il s'agit bien d'une arme de dissuasion sélectionnée par l'évolution à cet effet, plutôt qu'un produit secondaire du processus d'élaboration de la soie. Selon S. Zhang, le produit agirait en produisant chez les fourmis une sensation désagréable au contact de leurs antennes.

→ L. M.

S. Zhang et al., *Proc. R. Soc. B*, en ligne, 23 novembre 2011Une araignée *Nephila antipodiana* sur sa toile vénéneuse.

© Comptac

Environnement

Enzymes mutées contre PCB

Les PCB, ou polychlorobiphényles, sont des composés organiques de synthèse dangereux pour la santé, dont la production est interdite en France depuis 1987. Comment détruire ces molécules très résistantes, stockées dans des réserves, voire présentes dans l'environnement ? Les rares méthodes disponibles aujourd'hui sont peu efficaces, mais Michel Sylvestre, de l'Institut québécois Armand-Frappier à Laval, et ses collègues proposent une nouvelle approche : la modification génétique de bactéries qui produisent naturellement des enzymes capables de dégrader certains PCB.

M. Sylvestre et ses collègues ont modifié, en agissant génétiquement sur les bactéries, certains acides aminés de la chaîne protéique des enzymes afin d'assouplir cette dernière. Dans ces conditions, le site actif des enzymes peut recevoir des substrats plus volumineux et donc un plus grand nombre de types de PCB ; l'efficacité de la dégradation de ces molécules en ressort augmentée. Reste à montrer que ces bactéries génétiquement modifiées seront utilisables pour traiter des sols contaminés.

→ S. B.

M. Mohammadi et al., *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 286, pp. 27612-27621, 2011

Médecine

Le paludisme ciblé plus tôt

Un obstacle à l'éradication du paludisme réside dans la capacité de certaines espèces du parasite, tel *Plasmodium vivax*, à entrer en dormance dans le foie des individus infectés. En passant au crible près de 6000 molécules connues pour agir au stade « sanguin » de la maladie, une équipe internationale a isolé une famille de composés, les imidazolepipérazines, qui bloquent le développement dans le foie d'un parasite des rongeurs, *Plasmodium yoelii*.

Pour se développer, le parasite injecté par un moustique infecté migre via la circulation sanguine jusqu'au foie de l'hôte. Il se multiplie dans une cellule hépatique (du foie) jusqu'à éclatement de celle-ci, puis est libéré dans le sang, où il continue à se multiplier. La recherche de molécules actives se concentre surtout sur ce stade sanguin, où apparaissent les symptômes de la maladie. Pourtant, intervenir à l'étape précoce, dans le foie, permettrait de prévenir l'apparition des symptômes et la transmission du parasite.

Cibler cette étape est particulièrement important dans le cas de *Plasmodium vivax*. Répandue sous les tropiques, cette espèce cause de fortes fièvres, une anémie sévère et des difficultés respiratoires. Surtout, sa capacité de dormance dans le foie entraîne de nombreuses rechutes longtemps après la piqûre

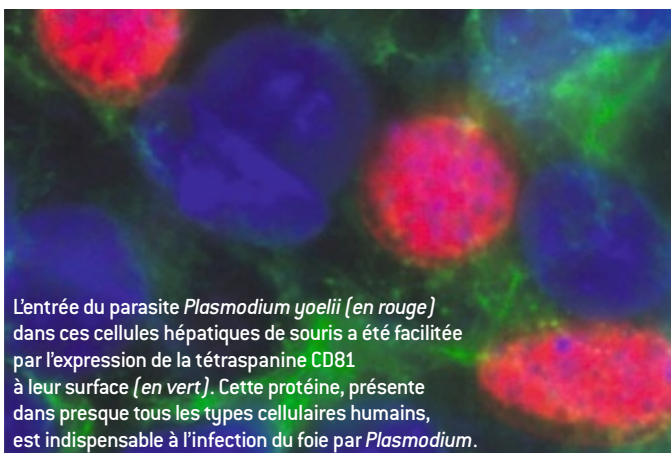
infectante. À ce jour, un seul médicament, la primaquine, élimine dans le foie les parasites au stade dormant. Toutefois, le parasite développe des résistances contre ce médicament, et son utilisation se révèle dangereuse chez certains individus. Déjà commercialisées et administrables oralement, les imidazolepipérazines pourraient offrir une alternative avantageuse.

Pour effectuer leur test, les biologistes, sous la direction d'Elizabeth Winzeler, de l'Institut de recherche Scripps et de l'Institut de génomique de la fondation Novartis pour la recherche, en Californie, ont infecté avec le parasite murin *Plasmodium yoelii* une lignée stable de cellules hépatiques où l'entrée du parasite est facilitée. Puis ils ont évalué le nombre de cellules infectées en présence de chacune des 5 697 molécules testées.

Non seulement les imidazolepipérazines empêchent le développement du parasite *in vitro* dans les cellules, mais, *in vivo* chez la souris, elles préviennent l'apparition de la phase sanguine.

Si elles se révèlent efficaces aussi sur *Plasmodium vivax*, ces molécules pourraient être prescrites dès l'apparition des symptômes pour bloquer à la fois les phases sanguine et hépatique, et éviter ainsi symptômes et récurrences.

→ Marie-Neige Cordonnier

S. Meister et al., *Scienceexpress*, 17 novembre 2011

L'entrée du parasite *Plasmodium yoelii* (en rouge) dans ces cellules hépatiques de souris a été facilitée par l'expression de la tétraspanine CD81 à leur surface (en vert). Cette protéine, présente dans presque tous les types cellulaires humains, est indispensable à l'infection du foie par *Plasmodium*.

UNIR 945 UPMC/INSERM