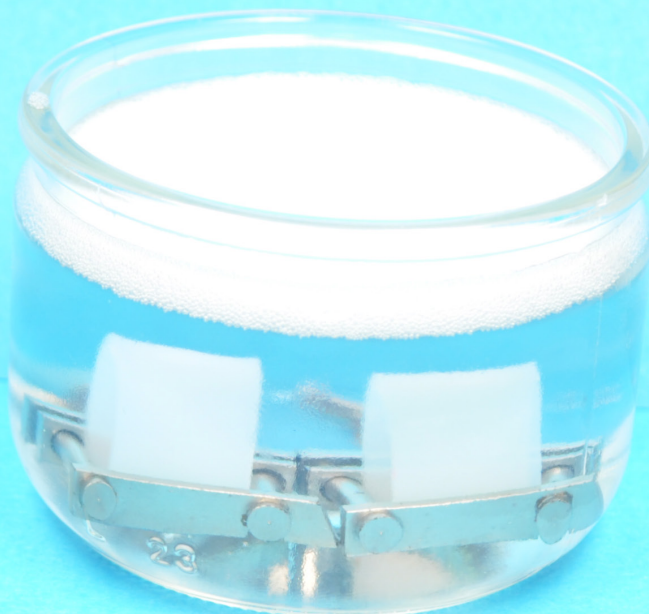


Communiqué de presse – lundi 10 avril 2017

Un quart des ruptures des morceaux de plastiques ou composites peut être attribué à une rupture sous contrainte environnementale : la formation de craquelures lorsqu'un objet sous contrainte entre en contact avec un liquide. Un échantillon de polyéthylène immergé dans l'eau savonneuse se craquèle après 30h alors qu'un vitrimère de polyéthylène résiste plus de 350 heures.



## QUAND NOS PLASTIQUES DEVIENNENT DES MATÉRIAUX HAUTES PERFORMANCES RECYCLABLES

Eoliennes, automobiles, canalisations, robotique ou électronique portable demandent des matériaux plus légers, plus résistants mais aussi moins chers et réutilisables. Peut-on transformer les matériaux plastiques de tous les jours en matériaux de hautes performances ? Oui ! répond l'équipe de Ludwik Leibler et Renaud Nicolaj du laboratoire Matière Molle et Chimie (MMC – ESPCI Paris/CNRS). Une réaction chimique inédite a permis aux chercheurs d'assembler les macromolécules du plastique en un réseau dynamique, un vitrimère, en utilisant la chaîne de production traditionnelle. Grâce à leur combinaison de propriétés, les vitrimères pourraient révolutionner le monde des plastiques. D'autant plus que cette nouvelle chimie ouvre la voie au recyclage des différents plastiques sans tri sélectif préalable, en les transformant en alliage vitrimère. Ces travaux sont publiés le 7 avril dans la revue *Science\**.

La demande en matériaux plastiques est de plus en plus forte avec des exigences élevées en termes de performance et de recyclabilité. Les plastiques couramment utilisés souffrent de leurs limites et ne peuvent pas satisfaire toutes ces exigences. Ce problème pourrait avoir trouvé une solution grâce aux vitrimères. Inventés il y a quelques années par Ludwik Leibler et ses collègues\*\*, les vitrimères sont une nouvelle classe de matériaux organiques recyclables qui combinent de façon exceptionnelle résistance mécanique, thermique et chimique.

Le concept des vitrimères a inspiré les scientifiques et industriels du monde entier pour inventer des matériaux et composites fonctionnels, cristaux liquides, ou à mémoire de forme par exemple. Cependant, pour devenir véritablement le plastique du futur, deux questions restaient en suspens : Peut-on produire les vitrimères avec les mêmes ingrédients que les plastiques actuels ? Peut-on les mettre en œuvre avec les outils industriels existants et les mêmes cadences de production ?

Les chercheurs du laboratoire MMC viennent de relever ces défis. Ils ont découvert une réaction de métathèse qui permet l'échange d'atomes entre les molécules, sans rompre les liens chimiques existants. Comme cette réaction est particulièrement efficace, il devient possible de transformer en vitrimère tout polymère ayant un squelette carboné (75% des plastiques).

Fait remarquable, la réaction ne nécessite pas de catalyseur, ce qui constitue un réel avantage économique et écologique. Il devient alors très simple d'ajuster la composition et les conditions de mise en œuvre pour utiliser

les méthodes de transformation traditionnelles des plastiques (injection, moulage, soufflage, extrusion, thermoformage). Les vitrimères obtenus à partir de polystyrènes, acrylates, ou polyéthylènes présentent une meilleure résistance mécanique et thermique que les produits de départ, sans compromettre la capacité de réparation, de soudage et de recyclage.

Autre aspect moins connu, près d'un quart des craquelures et ruptures des pièces en plastiques ou composites peut être attribué au contact avec un liquide. Les vitrimères sont beaucoup moins sensibles à ces attaques, et constitueraient par exemple une excellente alternative pour des revêtements protecteurs, canalisations, colles, cuves de robots électroménagers, vitres organiques, dispositifs médicaux et pièces automobiles proches du moteur.

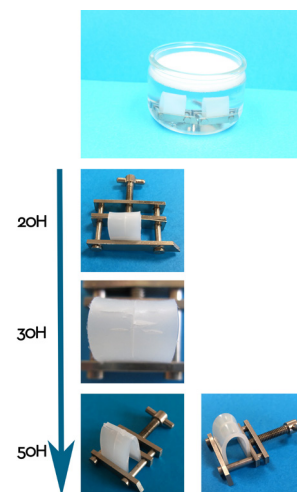
De façon surprenante, la réaction de métathèse peut opérer aux surfaces. Une adhésion très forte entre les vitrimères fabriqués à partir de plastiques complètement incompatibles est obtenue. Ceci ouvre des perspectives dans des domaines allant des emballages aux pneumatiques. Quant au recyclage de plastiques, il nécessite aujourd'hui la mise en œuvre d'un tri sélectif selon leur nature. La réaction de métathèse permettrait de réutiliser des plastiques en se passant de ce tri voire d'obtenir des alliages vitrimères aux propriétés améliorées par rapport aux différents composants (rigidité, résistance au choc et au déchirement, imperméabilité aux solvants).

Des brevets ont été déposés par l'ESPCI Paris sur cette technologie.

La chimie dynamique confère plus de résistance thermique, mécanique ainsi qu'aux solvants aux plastiques traditionnels, sans compromettre leur mise en œuvre facile et leur recyclabilité ( de gauche à droite vitrimères de poly(méthyl méthacrylate), polystyrène et polyéthylène).



Un quart des ruptures des morceaux de plastiques ou composites peut être attribué à une rupture sous contrainte environnementale : la formation de craquelures lorsqu'un objet sous contrainte entre en contact avec un liquide. Un échantillon de polyéthylène immergé dans l'eau savonneuse se craquèle après 30h alors qu'un vitrimère de polyéthylène résiste plus de 350 heures.



\* Max Röttger, Trystan Domenech, Rob van der Weegen, Antoine Breuillac, Renaud Nicolay, Ludwik Leibler, *Science* 07 Apr 2017, Vol. 356, Issue 6333, pp. 62–65 – (DOI: 10.1126/science.aah5281)

\*\* Damien Montarnal, Mathieu Capelot, François Tournilhac, Ludwik Leibler, *Science* 334, 965 (2011) – (DOI: 10.1126/science.1212648)

## CONTACTS :

### Chercheurs

Ludwik Leibler

Renaud Nicolay

Matière Molle et Chimie – ESPCI Paris – CNRS, UMR-7167

PSL Research University

ludwik.leibler@espci.fr - Tel. +331 40 79 51 25

renaud.nicolay@espci.fr - Tel. +331 40 79 51 14

### Presse

France Thibault

francethibault@comideo.fr

Tel. +336 70 75 57 22

### Direction de la communication – ESPCI PARIS

Céline Ramondou

Directrice de la communication

celine.ramondou@espci.fr

Tel. + 336 73 62 88 95

## À PROPOS :

ESPCI  PARIS

EDUCATION SCIENCE INNOVATION

L'ESPCI Paris est un endroit unique où se conjuguent enseignement, recherche et innovation.

Elle dispense une formation originale en physique, chimie et biologie, basée sur la recherche et les travaux pratiques. Elle est reconnue dans le monde entier pour l'excellence de sa recherche fondamentale et appliquée, génératrice d'innovations pour l'industrie. C'est une école d'ingénieurs de la Ville de Paris fondée en 1882. Pépite de l'enseignement français, elle compte 6 Prix Nobel depuis sa création. L'ESPCI Paris est membre fondateur de PSL.