TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

LES FOCUS
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR

MATÉRIAUX

LES 5 PREMIÈRES INNOVATIONS DE L'ANNÉE

février / 2018

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

INTRODUCTION 3

LES PREMIÈRES INNOVATIONS DE L'ANNÉE 4

- ADHÉSIFS : DES FEUILLES D'HYDROGEL QUI SE VERROUILLENT EN MILIEU HUMIDE 4
- CONSTRUCTION : UN AÉROGEL REND LES BRIQUES SIMPLES ULTRA-ISOLANTES 5
- LES PREMIERS AIMANTS LIQUIDES 6
- DE NOUVELLES NANOFIBRES À LA FORCE EXCEPTIONNELLE 7
- UN NOUVEAU PROCÉDÉ SANS COLLE POUR LIER MÉTAL ET COMPOSITE 8

INTRODUCTION

Un aérogel qui rend les briques ultra-isolantes, des aimants liquides, de nouvelles nanofibres à la force exceptionnelle, un procédé sans colle pour lier métal et composite, des feuilles d'hydrogel qui se verrouillent en milieu humide... Nous vous proposons de découvrir les premières innovations de l'année !

LES PREMIÈRES INNOVATIONS DE L'ANNÉE

ADHÉSIFS : DES FEUILLES D'HYDROGEL QUI SE VERROUILLENT EN MILIEU HUMIDE

Une équipe coréenne vient de présenter un nouveau type d'adhésif pour milieu humide : plus résistant que les colles biologiques des moules, son procédé rend l'adhésion réversible et facile à mettre en œuvre.

Cette découverte, qui a fait l'objet de la Une de la revue ACS Macro Letters de décembre 2017, est à la fois facile à mettre en œuvre, peu coûteuse et très efficace. L'adhésion en milieu humide est particulièrement recherchée pour des applications en bioingénierie, en électronique et dans le domaine médical où de nombreuses surfaces sont humides. A titre d'exemples, on a développé des adhésifs synthétiques imitant les protéines présentes sur le pied des moules, mais ces adhésifs ont montré leurs limites : adhésion irréversible, performances qui se dégradent par oxydation et coût de production élevé. D'autres adhésifs chimiques comme le cyanoacrylate posent le problème de forces d'adhésion par cisaillement insuffisantes ou de la présence de composés toxiques. L'approche adoptée par l'équipe de l'Unist (*Ulsan National Institute of Science and Technology* – Corée du Sud), menée par le Pr. Hoon-Eui Jeong a donc consisté à jouer sur la microstructure d'un hydrogel pour rendre deux surfaces adhésives de manière stable mais réversible via un procédé à la fois simple et peu onéreux.

Jouer sur la microstructure

Le principe de fonctionnement repose sur un interverrouillage réversible via des rangées de micro-crochets qui sont reconfigurables. Les chercheurs ont fabriqué un réseau de crochets à l'échelle micrométrique par un moulage de répliques avec un PEGDMA (polyethylene glycol dimethacrylate). Le PEGDMA est un hydrogel qui peut absorber une grande quantité d'eau ou de solutions physiologiques et qui peut être traité par exposition aux UV pour une fabrication rapide de structures aux échelles micro voire nanométriques. Les chercheurs affirment par ailleurs que d'autres hydrogels aux propriétés similaires pourraient aussi être utilisés. Au final, le PEGDMA prend la forme d'un fin film flexible qui lui permet d'être facilement intégré à toutes sortes de systèmes.

L'adhésion est créée par contact entre deux feuilles de PEGDMA ainsi fabriquées en condition sèche. Elle est effective via l'emboîtement des crochets les uns aux autres. L'adhésion est alors légère. Au contact de l'humidité, les têtes des micro-crochets de l'adhésif deviennent plus larges et plus protubérantes engendrant un verrouillage plus solide. Plus le temps d'exposition à l'humidité est long, plus l'adhésion est forte (dans le sens du cisaillement). Ainsi, après 20h de gonflement à l'humidité, la force d'adhésion a été mesurée à 79,9 N.cm–2 contre 9.6 N.cm–2 en milieu sec, soit une adhésion plus de 732 % supérieure. Un modèle théorique simple décrivant l'évolution des forces d'adhésion en fonction du temps de gonflement a pu être bâti, il semble être en concordance avec les données expérimentales. Quand, l'hydrogel est séché, les têtes des micro-crochets se rétractent et l'adhésion s'arrête. Le process est ainsi réversible.

Par **Sophie Hoguin**

05/02/2018

CONSTRUCTION : UN AÉROGEL REND LES BRIQUES SIMPLES ULTRA-ISOLANTES

Des chercheurs suisses de l'Empa ont mis au point un aérogel pour garnir les briques qui permet de les rendre ultra-isolantes pour des épaisseurs de mur inférieures à 20cm.

Depuis quelques années, la brique d'argile s'est offert une seconde jeunesse dans le bâtiment grâce à l'apparition de briques dites monomur qui offrent de très bonnes performances d'isolation pour des bâtiments bioclimatiques. Très épaisses (entre 30 et 50 cm), elles présentent une structure alvéolaire qui stocke de l'air assurant fraîcheur en été, isolation en hiver et ne retenant pas l'humidité. Pour réduire cette épaisseur, ces briques sont à présent souvent garnies directement d'un isolant, naturel ou non (laine de verre, perlite, polystyrène…) préservant leurs performances mais diminuant leur taille.

Des chercheurs suisses du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa) ont mis au point un aérogel qui bat largement toutes ces garnitures. Leurs travaux ont été publiés dans Energy Procedia. Les aérogels, généralement basés sur des silicates dont 98-99 % du volume est assuré par la présence de bulles d'air de taille nanométrique, sont des matériaux d'isolation récents dans le secteur du bâtiment. C'est cette présence d'air qui en fait d'excellents isolants. Mais ils ont d'autre atouts : perméables à la vapeur, recyclables, non toxiques et non inflammables. Bref, tous les atouts d'un isolant idéal.

Des performances inégalées

L'aérogel fabriqué par les scientifiques suisses a déjà fait ses preuves intégré à un enduit isolant testé en 2012 et commercialisé en 2013 et qui avait permis la rénovation de bâtiments historiques en préservant leur apparence. Cette fois, ils ont conçu leur aérogel sous une forme pâteuse qui permet de remplir les alvéoles des briques. Une fois dans les briques, l'aérogel se joint à l'argile des briques qui peuvent être manipulées normalement. Les briques ainsi créées ont été baptisées Aerobricks. Des tests pour évaluer la conductivité thermique de ces briques ont révélé des performances inégalées : pour atteindre la même isolation qu'un mur d'Aerobricks de 16,5 cm, il faudrait un mur de 26,3 cm de briques emplies de perlite et plus d'un mètre pour un mur de briques simples (voir photo). Autant dire que cet aérogel pourrait offrir une véritable cure d'amincissement aux murs en briques isolantes. Le hic ? La production de l'aérogel est pour l'instant trop coûteuse pour que les Aerobricks soient compétitives (plus de 400€ supplémentaires par mètre carré !). Cependant, les chercheurs espèrent que les prix chutent drastiquement à moyen terme permettant à cette brique d'entrer sur le marché.

Par **Sophie Hoguin**

01/02/2018

LES PREMIERS AIMANTS LIQUIDES

Des chercheurs de Strasbourg ont réussi à mettre au point des aimants liquides sous la forme de matériaux magnétiques liquides à basse température (70°C).

Jusqu'à maintenant, seules des solutions ou des suspensions présentant des propriétés magnétiques diluées avaient pu être préparées. Cette fois, ce sont des matériaux purs, en l'occurrence des sels à bas point de fusion, qui présentent à la fois des propriétés de liquides ioniques et des propriétés de complexes moléculaires ferro ou antiferromagnétiques.

Des composés complexes

Dans l'article paru dans la revue, Dalton Transactions, les chercheurs de l'Institut de chimie de Strasbourg et de l'Institut de physique et chimie des matériaux de Strasbourg expliquent les trois complexes qu'ils ont réussi à fabriquer et présentant ces étranges propriétés. Il s'agit de deux complexes dianioniques et d'un complexe monoanionique. Les deux premiers se présentent comme des solides cristallins et le troisième comme une pâte visqueuse.

Pour les fabriquer, ils sont partis d'un cation organique appelé bmim+ (1-butyl-3-methylimidazolium) dont le sel chlorure ne fond qu'à 70°C. Pour apporter des propriétés magnétiques à ce liquide ionique, ils se sont inspirés de travaux qui avaient décrits des complexes chargés négativement et possédant des propriétés magnétiques. C'est en associant bmim+ et ces complexes qu'ils ont pu obtenir leurs aimants liquides.

Propriétés ferro et antiferromagnétiques

Au final, ils ont obtenu un sel ferromagnétique qui fond à 140°C et qui reste fondu en refroidissant jusqu'à 70°C. Les deux autres composés ont produit des sels antiferromagnétiques (c'est-à-dire que leur aimantation totale est nulle car les moments magnétiques atomiques sont alignés de manière antiparallèle au sein du matériau ; leurs propriétés magnétiques ne se manifestant qu'à certaines températures précises). L'un de ces deux sels antiferromagnétique, obtenu sous forme d'une pâte visqueuse à température ambiante ne cristallise pas lors du refroidissement, il devient plus visqueux à l'instar du comportement des verres.

Par Sophie Hoguin

31/01/2018

DE NOUVELLES NANOFIBRES À LA FORCE EXCEPTIONNELLE

Des chercheurs du MIT ont développé un process simple et à bas coût qui permet de produire des nanofibres de polyéthylène exceptionnellement rigides, solides et résistantes. Elles pourraient devenir un matériau de choix pour des nanocomposites ou des revêtements protecteurs.

Le nouveau procédé, décrit dans un article du Journal of Materials Science à paraître dans l'édition papier de février 2018 s'appuie sur une méthode d'électrofilage d'un gel (gel electrospinning). Les nanofibres de polyéthylène obtenues ont la particularité de présenter à la fois une forte rigidité, une forte ténacité et une forte résistance. Or, il est souvent difficile de trouver des matériaux dont l'extrême performance d'une de ses qualités n'affaiblit pas une autre. Ainsi, une trop forte rigidité, diminue souvent la ténacité et mène à des fractures du matériau. Mais dans ce cas, les propriétés des fibres obtenues équivalent voire surpassent celles que l'on peut trouver dans des matériaux comme le Kevlar ou le Dyneema utilisés pour les gilets pare-balles.

Une découverte fortuite

Les recherches portaient à l'origine sur la fabrication de fibres de différentes tailles en dessous du micron et sur leur caractérisation. « Il n'y a pas beaucoup de nouveautés en matière de nanofibres de hautes performances depuis des années car ce qui existe déjà est très performant », explique Gregory C. Rutledge, superviseur de ces recherches, dans un article publié par le MIT. « Cependant, ces nouvelles fibres, comparées aux fibres de carbones ou aux fibres céramiques utilisées actuellement sont aussi résistantes mais plus tenaces à la fracture et ce dans une mesure très notable », poursuit-il.

Le principe du procédé

Le procédé mis au point est très similaire au filage de gel (gel spinning) utilisé de manière courante, mais il se réalise en une seule étape et utilise des forces électriques à la place de forces mécaniques pour créer les fibres. Concrètement, le gel de polymère est extrudé via une seringue chauffée dans une chambre où est appliqué un champ électrique. Cela permet de produire des fibres de quelques centaines de nanomètres au lieu de fibres de l'ordre de 15 micromètres. Les chercheurs ont testé de multiples compositions pour le gel (différents solvants et concentration) et examiné les différentes fibres ainsi créées. Il semblerait que plus les fibres sont fines plus leurs performances augmentent. Cette corrélation est pour le moment attribuée à un taux important de cristallinité, à l'orientation des cristallites (monocristaux isolés) combinés à des chaînes de polymères présentant peu de défauts et pouvant glisser facilement entre elles. Mais le fonctionnement exact n'est pas encore percé. Ce procédé présente l'avantage d'être facilement transposable à une échelle industrielle et ouvre des perspectives intéressantes pour la création de nouveaux matériaux composites.

Par **Sophie Hoguin**

12/01/2018

UN NOUVEAU PROCÉDÉ SANS COLLE POUR LIER MÉTAL ET COMPOSITE

Powdertech Surface Science a développé un process qui permet de lier des composites thermoplastiques avec des métaux sans préparation de la surface et sans adhésif. Le process a été testé pour la fabrication d'un châssis monocoque de voiture de sport.

Baptisé PowderbondTM, ce nouveau process est l'héritier du projet de recherche européen Powderbond qui s'est déroulé entre 2013 et 2015 et qui visait à trouver une méthode de liaison entre matériaux différents à plus basse température afin de limiter la dépense énergétique [voir vidéo]. Mais finalement, Powdertech a mis au point une méthode qui se passe de l'adhésif.

Propre, simple et rapide

Le principe est très simple puisque le process se fait en une seule étape : enrober/couvrir la pièce métallique avec la poudre PowderbondTM et ensuite mouler le composite et le métal ensemble en suivant le cycle de durcissement habituel du composite, voire en utilisant un cycle plus court et à plus basse température.L'utilisation du PowderbondTM ne nécessite ni la préparation de la surface du polymère, ni de période d'activation. Le process est donc extrêmement propre et rapide. En outre, le lien fabriqué s'est révélé même trois fois plus fort que ceux obtenus par des méthodes basées sur des adhésifs couramment utilisés.

Test grandeur nature réussi

Pour tester son process dans un environnement industriel, Powdertech a travaillé avec Ariel Motor, une entreprise britannique qui fabrique des voitures et motos de sports haut de gamme. Ariel Motor a testé le process pour le châssis d'une nouvelle voiture de sport électrique à la conception bas carbone, l'Hipercar dont la production est prévue en 2020.Dans cet essai, le nouveau procédé a été testé pour lier des pièces d'aluminium à un composite polypropylène/fibre de verre. Les résultats ont dépassé toutes les espérances du fabricant : « Le process est propre et rapide et le lien ainsi fabriqué surpasse même de loin, les méthodes à base d'adhésif couramment utilisées », explique Simon Saunders, le fondateur d'Ariel Motor Company dans un communiqué de presse. En outre, alors que le châssis de ce genre de voiture est fabriqué de plusieurs centaines de pièces soudées et rivetées entre elles, avec ce nouveau type de lien, le nombre de pièces a été réduit de 75% par un moulage direct entre l'aluminium et les pièces en plastique.

Plus de productivité et de créativité

En évitant tout un travail de soudure, d'encollage ou de rivetage via une seule étape, ce nouveau process permet de gagner en productivité, en dépense énergétique et en quantité de travail. Tout en gardant les mêmes performances voire en les améliorant, puisque Powdertech annonce que la liaison entre les deux matériaux est trois fois plus forte que celle obtenue avec des adhésifs. Par ailleurs, cette liaison directe lors de la phase de moulage du composite ouvre de nouvelles possibilités en matière de design et de choix des matériaux : des formes compliquées peuvent être créées tout en incorporant des propriétés de résistance du métal et cela ouvre, pour les fabricants, une plus large gamme de matériaux légers utilisables.

Par **Sophie Hoguin**

26/12/2017