

# Malléable et indéformable

Une mousse fabriquée à partir d'oxyde de graphène et de nitrure de bore a la propriété d'être légère, résistante et de reprendre sa forme originale après avoir été comprimée

Marcos Pivetta

PUBLIÉ EN OCTOBRE 2014

Associée à d'autres molécules, le graphène constitué d'une feuille d'atomes de carbone possède des propriétés encore plus surprenantes. Une équipe de chercheurs de l'Université Rice (USA), en collaboration avec des physiciens de l'Université Publique de Campinas (Unicamp), a développé un type d'éponge extrêmement légère, résistante et malléable à partir d'une réaction chimique qui unit une variante de ce matériau, l'oxyde de graphène (GO) à la forme hexagonale du nitrure de bore (BN), composé synthétique utilisé comme lubrifiant et additif dans les cosmétiques. Des échantillons d'éponge de quelques centimètres ont été comprimés avec des pièces américaines d'un cent et ont repris facilement leur forme initiale. La structure nanométrique du nouveau matériau appelé GO-0.5BN ressemble aux entrailles d'un bâtiment en construction où les étages et les parois se montent seuls à partir d'une base de feuille d'oxyde de graphène renforcée par des plaques de nitrure de bore. La densité du GO-0.5BN est 400 fois inférieure à celle du graphite.

Le nitrure de bore, formé seulement par des liaisons d'atomes de bore et d'azote, possède une configuration hexagonale similaire à celle du graphène auquel il s'emboîte parfaitement, favorisant ainsi une plus grande résistance

et malléabilité mécanique. « Le nouveau matériau est stable d'un point de vue chimique et thermique, et peut être utilisé dans des systèmes pour stocker de l'énergie, à l'instar des supercondensateurs, des électrodes de batteries et absorber les gaz », déclare Douglas Galvão, de l'Institut de Physique Gleb Wataghin de l'Université Publique de Campinas (Unicamp), qui a participé à cette étude. « Le nitrure de bore renforce la structure de l'oxyde de graphène qui possède certains trous et qui peut devenir cassant à certains endroits », explique le physicien théoricien Pedro Alves da Silva Autreto, post-doctorant à l'Université Publique de Campinas avec une bourse de la FAPESP. Il a séjourné à l'Université Rice, où il a réalisé des simulations informatiques sur les caractéristiques du GO-0.5BN. Le procédé utilisé pour obtenir l'éponge et ses propriétés ont été présentés dans un article scientifique publié le 29 juillet dans la revue *Nature Communications*.

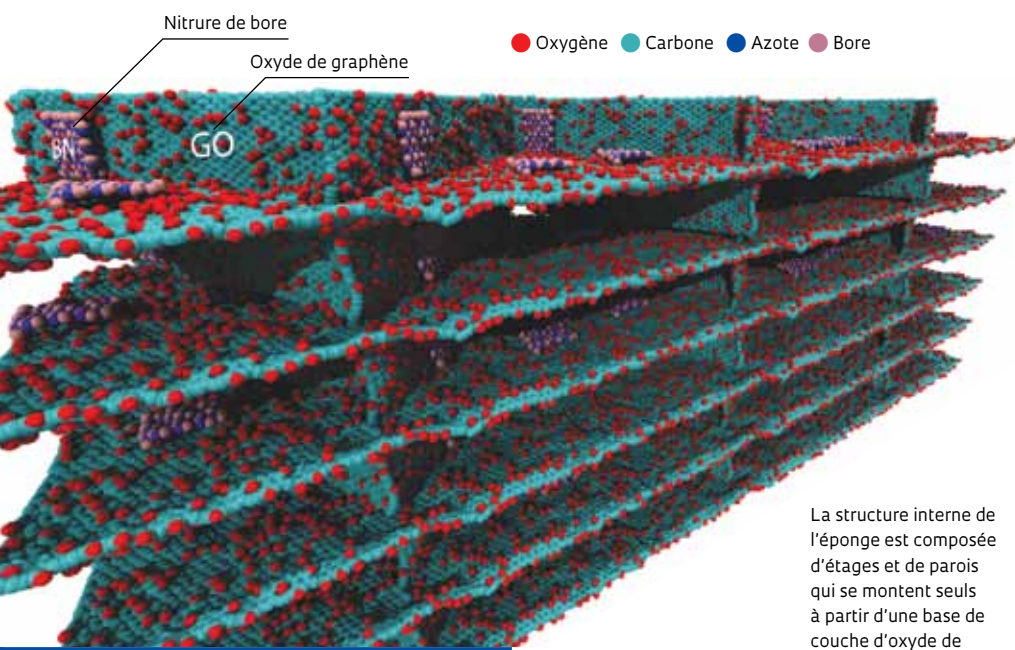
L'oxyde de graphène possède pratiquement les mêmes propriétés que le graphène pur mais son obtention est plus simple et bon marché. C'est pour cette raison que les chercheurs ont préféré l'utiliser dans leurs expériences. Il peut être produit en grande quantité à travers l'exfoliation chimique de l'oxyde de graphite. La présence d'atomes d'oxygène

au sein de la structure de carbone (en nid d'abeille) hexagonale du graphène lui confère un autre avantage. En effet, il est plus facile d'empiler des feuilles d'oxyde de graphène et de créer ainsi des couches à la fois extrêmement résistantes et fines qu'avec le seul graphène. « Nous espérons que l'addition de nitrure de bore à l'oxyde de graphène créerait une nouvelle structure, mais pas exactement avec l'agencement des couches que nous avons découvert », affirme l'ingénieur électrique Soumia Vinod, de l'Université Rice, première auteur de l'article sur l'éponge.

Les plaques de nitrure de bore hexagonal se répartissent uniformément à tous les étages et sur les parois de la structure interne du matériau qui constitue l'éponge. Leur présence permet d'unir les feuilles d'oxyde de graphène qui jouent le rôle de squelette du GO-0.5BN. Selon Soumia Vinod, les plaques absorbent les stress inhérents à la compression et à l'étirement de l'éponge et évitent que les étages d'oxyde de graphène s'effondrent ou se fissurent et augmentent également la stabilité thermique du composé.

## SANS BREVET

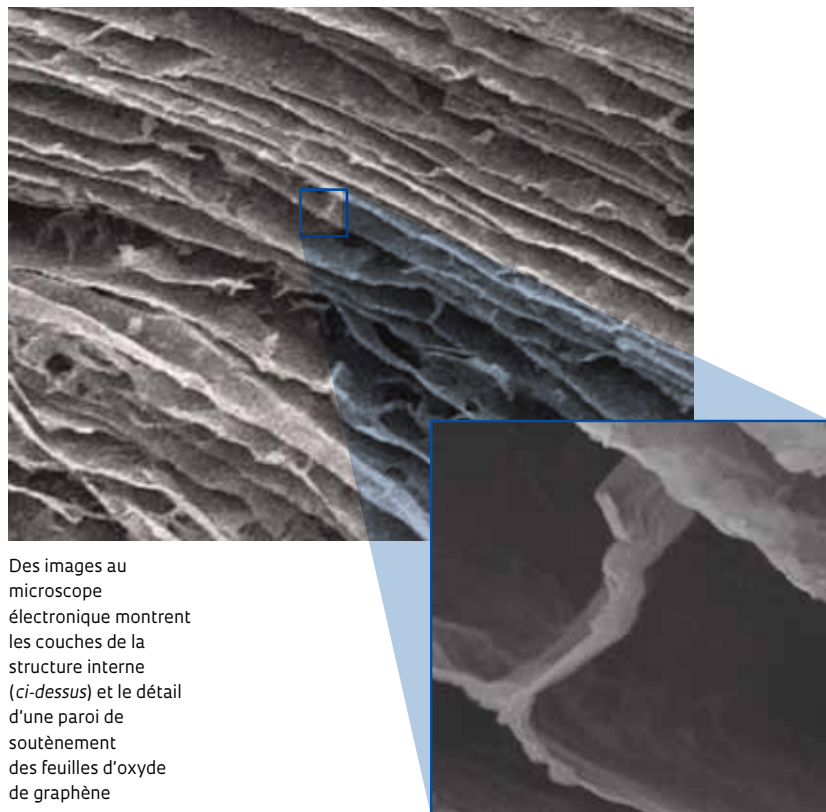
Les chercheurs ont testé plusieurs versions du nouveau matériau avec différentes proportions de ses deux ingrédients avant d'arriver à la formule



La structure interne de l'éponge est composée d'étages et de parois qui se montent seuls à partir d'une base de couche d'oxyde de graphène renforcée par des plaques de nitrure de bore

## Renfort structurel

Le Nitrure de bore grâce à sa forme hexagonale rend les feuilles d'oxyde de graphène moins cassantes et évite que les couches internes du matériau s'effondrent



Des images au microscope électronique montrent les couches de la structure interne (ci-dessus) et le détail d'une paroi de soutènement des feuilles d'oxyde de graphène

chimique de l'éponge présentée dans l'article scientifique. Alors que l'équipe de l'Université de Rice mélangeait différentes quantités d'oxyde de graphène et de nitrure de bore, les deux se présentant sous la forme de poudre, Pedro Alves da Silva Autreto réalisait des simulations informatiques pour essayer de prévoir les propriétés du matériau en gestation et fournir des paramètres à ses collègues afin de raffiner leur travail pratique. « J'étais le seul physicien théoricien au milieu de 50 chercheurs du secteur expérimental du groupe du professeur Pulickel Ajayan », déclare Pedro Autreto, se rappelant son séjour dans l'université américaine. La version la plus stable de l'éponge fut celle qui devait la moitié de son poids final à la présence de nitrure de bore dans le mélange. L'oxyde de graphène interagit avec le nitrure de bore grâce à l'action de catalyseurs chimiques. Le produit final de la réaction, le matériau spongieux, est lyophilisé, c'est-à-dire qu'il est congelé et perd son eau par sublimation. L'éponge adopte également la forme du récipient dans lequel elle a été créée. « Quand nous avons découvert les quantités exactes d'oxyde de graphène et de nitrure de bore hexagonal, il nous a fallu deux ou trois jours pour produire la mousse », explique Soumia Vinod.

L'éponge nanostructurée indéformable et qui peut stocker de l'énergie ou absorber des gaz n'est pour l'instant pas protégée par un brevet commercial. Le partenariat entre l'Université Publique de Campinas et l'Université Rice doit se poursuivre et produire de nouveaux travaux. « Deux post-docteurs de notre équipe vont rejoindre l'équipe du professeur Pulickel Ajayan pour poursuivre la collaboration », affirme Douglas Galvão, qui a été le superviseur de master et de doctorat de Pedro Autreto et qui supervise son post-doctorat. ■

### Projet

Propriétés structurelles, mécaniques et de transport de graphène et structures liées (n° 11/13259-7) ; Modalité Bourse de Post-doctorat ; Chercheur responsable Douglas Soares Galvão (IFGW/Unicamp) ; Boursier Pedro Alves da Silva Autreto ; Investissement 139 310,43 reais (FAPESP).

### Article scientifique

VINOD, S. *et al.* Low-density three-dimensional foam using self-reinforced hybrid two-dimensional atomic layers. *Nature Communications*. 29 juillet 2014.