

Des tamis moléculaires en graphène pour le dessalement et l'épuration

Molecular Sieves for Desalination and Purification

Du graphène en couches simples ou doubles peut être perforé avec précision pour créer des tamis moléculaires qui peuvent avoir de nombreuses applications pour le dessalement de l'eau, pour la purification de l'eau et des gaz, ainsi que pour l'isolement des macromolécules. [Dr Mae-Wan Ho](#)

Rapport de l'ISIS en date du 31/07/2013

Une [version entièrement illustrée et référencée](#) de cet article intitulé **Molecular Sieves for Desalination and Purification** est disponible pour les membres de l'ISIS sur le site suivant : http://www.isis.org.uk/Graphene_Molecular_Sieves_for_Desalination_and_Purification.php ; elle est par ailleurs disponible en téléchargement [ici](#)

S'il vous plaît diffusez largement et rediffusez, mais veuillez donner l'URL de l'original et conserver tous les liens vers des articles sur notre site ISIS. Si vous trouvez ce rapport utile, s'il vous plaît, soutenez ISIS en vous abonnant à notre magazine [Science in Society](#), et encouragez vos amis à le faire. Ou jeter un oeil à notre librairie [ISIS bookstore](#) pour d'autres publications

Un dessalement plus rapide et moins cher

[Lockheed Martin](#), la première entreprise des Etats-Unis et au niveau mondial pour la défense et la sécurité, promet de révolutionner le processus de dessalement pour obtenir de l'eau douce à partir d'eau de mer par filtration et évacuation du sel [1]. Cette société va sortir un prototype d'un filtre à membrane [Perforene](#) constitué d'une seule couche de [graphène](#) avec des trous moléculaires sélectifs qui vont permettre de ne laisser passer que l'eau sous pression, en maintenant le sel à l'arrière. La membrane de graphène est beaucoup plus mince que les filtres actuels, mais elle est tout aussi puissante, sinon plus, et elle nécessite beaucoup moins d'énergie pour faire le travail de dessalement. Cela pourrait faire une réelle différence pour les 780 millions de personnes dans le monde qui vivent aujourd'hui sans accès à de l'eau potable.

Alors, quelle est la base du processus de filtration ? Il s'agit tout simplement de feuilles de graphène préparées avec des tailles de pores précisément contrôlées.

L'idée a d'abord été proposée en juin 2012 par des chercheurs du *Massachusetts Institute of Technology* ou [MIT](#), l'Institut de technologie du Massachusetts aux États-Unis [2, 3] qui ont effectué une simulation informatique de dynamique moléculaire.

Figure 1 - Impression d'artiste du procédé de dessalement d'eau de mer contenant des ions sodium et chlore (vert et violet) sur la droite du film de graphène et seulement les molécules d'eau (rouge et blanc) sur la gauche la figure 1.

Une méthode actuelle commune de dessalement est l'[osmose inverse](#), qui utilise des membranes pour filtrer le sel de l'eau. Ces membranes sont épaisses - environ un millier de fois l'épaisseur du graphène - et elles nécessitent des pressions extrêmement élevées. Pourtant, c'est la technique la plus éco-énergétique à ce jour, avec un record de 1,8 kWh / m³ réalisés dans une usine commerciale en 2011, comparativement à environ ~ 5 kWh / m³ dans les années 1990.

Les méthodes de [dessalement thermique](#) impliquent des distillations qui sont plusieurs fois plus consommatrices en énergie [4]. Malgré la disponibilité généralisée de l'eau de mer, le dessalement ne peut devenir une option viable que si des techniques radicalement nouvelles deviennent disponibles.

Dans leur modèle, [Jeffrey Grossman](#) et l'étudiant diplômé [David Cohen-Tanugi](#) ont fait des trous de taille très précise dans la feuille de graphène et ils ont également ajouté des groupes chimiques sur les bords pour interagir avec les molécules d'eau qui sont soit repoussées, soit attirées, pour voir comment le procédé de filtration pourrait fonctionner. Leurs résultats ont montré que l'eau pouvait s'écouler à travers une membrane de graphène à des taux de 10 à 100 L / cm² / jour à une pression de 1 MPa (environ 10 atmosphères), et encore rejeter tous les ions de sel. C'est-à-dire une efficacité de 2 à 3 ordres de grandeur plus élevée qu'avec l'osmose inverse.

Ils ont également montré que, pour une taille de pores donnée, la perméabilité à l'eau est considérablement améliorée par des groupes hydroxyles en alternance avec l'hydrogène sur les pores, par rapport à l'hydrogène seul et aligné sur les pores. Le diamètre des pores est essentiel : pour un diamètre des pores > 5,5 Å, la majorité des ions de sel qui s'approchent de l'entrée des pores seraient en mesure de passer à travers la membrane.

Cependant, la pression est également importante. Pour une membrane de rejet parfait qui exclurait totalement le sel, la pression exercée n'affecterait pas l'exclusion. Les résultats ont montré que le rejet de sel est proche de 100% pour les plus petits pores hydrogénés et hydroxylés, ainsi qu'avec des pores moyennement hydrogénés. Pour les pores restants qui montrent une certaine exclusion de sel, la sélectivité diminue à la fois avec la taille des pores et avec la pression appliquée.

Le travail réel de la membrane de graphène va-t-il fonctionner comme prévu ? Est-il facile de faire de manière fiable des membranes de graphène qui sont assez grandes et assez puissantes ?

Le graphène est le matériau connu le plus solide et le plus stable. Une simple couche poreuse pourrait être soutenue mécaniquement sur une couche poreuse semi-rigide pour l'empêcher de s'infléchir ou de se percer, et il existe des techniques permettant de réaliser des trous de manière fiable et précise dans la membrane.

Des tamis moléculaires fabriqués à partir du graphène

Une équipe de recherche dirigée par Jeong Won Park à l'Institut de recherche en télécommunications, à Kaist, en Corée, a utilisé une technique remarquablement simple pour créer de façon fiable un tamis moléculaire qui sépare un mélange d'[hémoglobine](#) et de protéines d'[immunoglobuline](#), ou IgG, en 10 minutes [4].

La technique repose sur le procédé de *diblock copolymer lithography*, la [lithographie des copolymères à blocs](#), qui a été utilisée pour des réseaux de trous périodiques comme tampons à l'échelle moléculaire depuis les années 1990 [5]. Les copolymères à blocs sont constitués de blocs de différents monomères polymérisés. Le copolymère utilisé est PS-b-PMMA, du polystyrène-b-poly ([méthacrylate de méthyle](#)), obtenu tout d'abord par une polymérisation de styrène, suivie de la polymérisation du MMA à partir de l'extrémité réactive vers les chaînes de polystyrène. Il est considéré comme un *copolymère dibloc*, car il contient deux blocs chimiques différents. Le copolymère est d'abord uniformément réparti sur une couche support de graphène par un revêtement ou un enrobage réalisé par centrifugation. La couche formée agit comme un masque pour la lithographie réactive par gravure ionique, qui tire parti de la susceptibilité chimique différente des blocs, permettant à l'un d'eux de se retirer, en laissant l'autre debout avant que les réactifs de gravure soient appliqués. De cette façon, les chercheurs ont créé une gamme remarquable de 15 types de trous régulièrement espacés nm dans la couche de graphène (Figure 2).

Figure 2 - Lithographie de copolymère di-bloc pour faire des tamis moléculaires (pour les détails, voir le texte)

Des tamis moléculaires à trois ou quatre couches de graphène ont été transférés sur une membrane de nitrure de silicium (Si_3N_4), avec des micropores à l'échelle du micromètre qui agissent en tant que support pour la membrane de graphène ; un test de séparation a été effectué sur le mélange de l'hémoglobine et d'IgG, chacune étant marquée par différentes billes fluorescentes, à une concentration de 100 mg / ml chacune. Les deux protéines ont été séparées en 10 minutes.

Les auteurs ont conclu ainsi [6]: « Depuis que la fabrication des tamis de graphène à l'échelle nano est réalisable de manière si simple et si facile à utiliser, d'une part, et que la séparation des protéines fonctionne raisonnablement, d'autre part, la méthode peut être applicable aux différents [dispositifs médicaux](#), à une [pile à combustible](#) et pour la [purification de l'eau](#) pour rendre celle-ci potable ».

Des tamis moléculaires pour les gaz

Une équipe de chercheurs de l'Université du Colorado, à Boulder aux Etats-Unis, a utilisé la gravure oxydative induite par ultraviolet sur une bicouche de graphène pour créer des trous de l'ordre du nanomètre qui sont hautement sélectifs pour les différentes molécules de gaz. Les chercheurs n'ont pas été en mesure de détecter les trous directement sous le [microscope à force atomique](#), peut-être parce que la densité des trous est assez faible. Cependant, ils ont pu tester la perméabilité sélective des différentes membranes en utilisant des molécules de tailles connues.

Ainsi, une membrane a permis que l'hydrogène H_2 et le gaz carbonique CO_2 s'échappent à travers en quelques minutes, mais pas les gaz suivants : Ar (argon), N_2 (azote), CH_4 (méthane) et SF_6 ([hexafluorure de soufre](#)).

Comme la coupure du diamètre cinétique de la membrane est celle de l'argon Ar (3,4 Å), la membrane a un diamètre nominal de tamisage cinétique de 3,4 Å. Dans une autre membrane, tous les gaz se sont échappés à travers la membrane en quelques secondes à

l'exception de SF₆, qui ne s'est pas échappé du tout : par conséquent, cette membrane a un diamètre de cinétique de tamisage nominal de SF₆, qui est de 4,9 Å.

Fait intéressant, la gravure oxydative induite par les UV est à peu près la seule chose qui détruit le graphène, et qui lui fait perdre sa conductivité et ses autres propriétés électroniques [7]. Mais ce graphène dégradé peut encore être utilisé comme tamis moléculaire.

© 1999-2013 The Institute of Science in Society

[Contact the Institute of Science in Society](#)

MATERIAL ON THIS SITE MAY NOT BE REPRODUCED IN ANY FORM WITHOUT EXPLICIT PERMISSION. FOR PERMISSION, PLEASE [CONTACT ISIS](#)

Traduction, compléments entre [...] et inclusion des liens qui donnent accès à des définitions

Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant.

Relecture et corrections : Christiane Hallard-Lauffenburger, professeur des écoles.

Adresse : 585 Chemin du Malpas 13940 Mollégès France

Courriel : jacques.hallard921@orange.fr

Fichier : ISIS Graphène Eau **Graphene Molecular Sieves for Desalination and Purification** French version.2
