



Paris, le 11 février 2013

## Des connexions biologiques pour la micro-électronique

**La miniaturisation des composants électroniques est en train d'atteindre une limite physique. Si la solution de l'assemblage en trois dimensions permettrait de gagner sur l'encombrement spatial, la fabrication des connexions électriques dans ces nouveaux dispositifs reste un défi technologique. Des biologistes et physiciens du CEA, du CNRS, de l'Université Joseph Fourier et de l'Inra à Grenoble ont mis au point un système de connexions auto-assemblées, grâce à des filaments d'actine<sup>1</sup>, pour ces structures microélectroniques en 3D. Une fois rendus conducteurs, ces filaments d'actine permettent de connecter entre eux les différents composants d'un système. Ces résultats sont publiés dans la revue *Nature Materials* du 10 février 2013.**

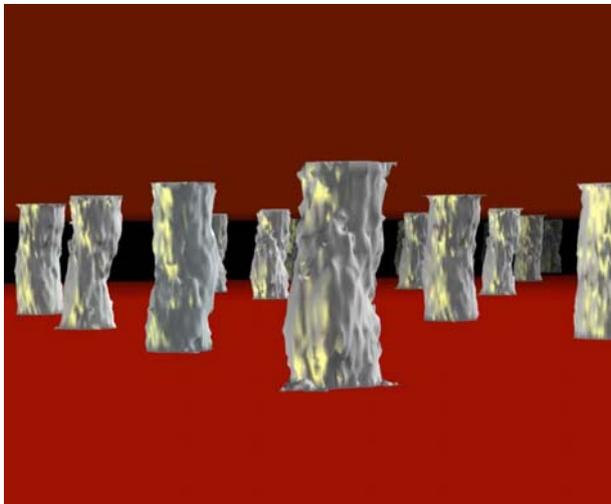
D'année en année, nos ordinateurs et téléphones portables deviennent plus performants grâce à la densification des composants micro-électroniques qu'ils renferment. Cette densification résulte d'une miniaturisation de plus en plus poussée. Elle est en train d'atteindre une limite technique liée à la taille de certains composants qui se rapproche de celle de quelques atomes. L'industrie de la microélectronique fait donc face à une barrière physique pour augmenter la densité d'intégration des composants que seule une rupture technologique pourrait permettre de surmonter.

Une solution pourrait venir de l'intégration de la microélectronique en trois dimensions. En effet, les circuits microélectroniques actuels sont plans. Empiler leurs composants les uns sur les autres est une solution pour continuer de les densifier, et améliorer ainsi leurs performances et réduire leur consommation énergétique. Se pose alors un nouveau challenge : celui de connecter les composants entre eux une fois qu'ils sont empilés. Alors que leur fabrication et leur empilement reposent sur des technologies matures, la réalisation de connexions verticales pour les relier entre eux puis faire circuler un courant reste complexe. Si les techniques actuelles de la micro-électronique 3D permettent de réaliser ces connexions à haute densité, des technologies alternatives sont intéressantes à évaluer

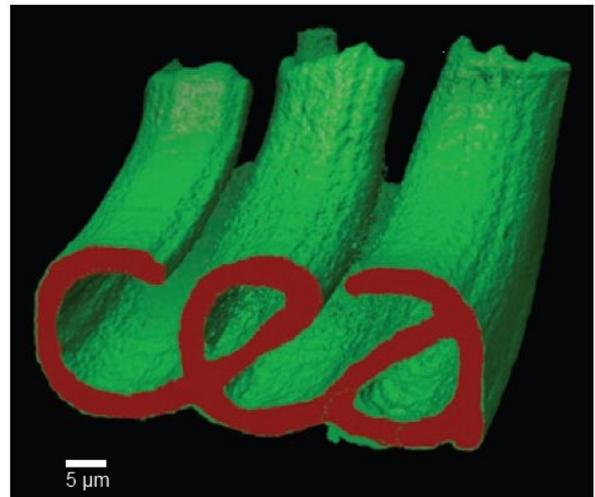
Des biologistes et des physiciens du CEA, du CNRS, de l'UJF et de l'Inra à Grenoble ont eu l'idée de mettre à profit les capacités extraordinaires d'auto-assemblage de certains composés biologiques pour que ces connexions se construisent toutes seules. Dans nos cellules, de nombreuses structures complexes et régulières s'assemblent et se désassemblent en permanence. C'est notamment le cas des réseaux de filaments constitutifs du squelette des cellules (cytosquelette). Ces filaments sont principalement constitués d'actine. Ils interagissent entre eux pour former des tresses, des faisceaux, des feuillettes, des piliers dont l'architecture et les propriétés mécaniques régulent et contrôlent la forme des

<sup>1</sup> Protéine qui constitue le squelette des cellules vivantes et qui permet de réguler et contrôler leur forme.

cellules. La formation de ces superstructures répond à des lois mécaniques et géométriques qui sont étudiées et maîtrisées par une équipe du Laboratoire de Physiologie Cellulaire Végétale<sup>2</sup> (CEA/CNRS/UJF/INRA). Ces chercheurs ont mis au point une technique qui permet de contrôler l'auto-assemblage des filaments d'actine en 3D entre 2 plaques de verre. Grâce aux technologies du Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (CNRS/UJF) et du CEA-Leti, les plaques ont été placées à 30 microns l'une de l'autre et micro-structurées avec un faisceau laser. Les chercheurs ont alors injecté entre les deux surfaces une solution contenant des monomères d'actine qui ont polymérisés en réponse à la géométrie des microstructures. Des piliers d'actine de formes et de tailles contrôlées se sont ainsi auto-assemblés à partir des deux surfaces et rejoints pour établir des connexions. De la même manière, les chercheurs ont réussi à faire croître des piliers à partir d'une surface, qui sont entrés dans des cylindres creux formés à partir de l'autre, à la façon d'une prise mâle/femelle. Puis, grâce au savoir-faire des chercheurs du CEA-Leti, ces connexions ont été métallisées avec des nanoparticules d'or, permettant le passage d'un courant électrique entre les deux surfaces.



*Visualisation en 3D d'un réseau de connexions réalisé à partir de micropiliers d'actine (gris)  
©CEA/R. GALLAND*



*Visualisation en 3D d'un réseau d'actine (vert) assemblé à partir d'une surface micropatternée en forme de Logo CEA (rouge) © CEA/R. GALLAND*

Ces résultats montrent que ce procédé d'auto-assemblage des filaments d'actine peut avoir des applications industrielles pour le moins inattendues. Ils illustrent la façon dont l'étude fondamentale de processus cellulaires élémentaires peut être une source d'inspiration extrêmement riche pour des processus d'ingénierie, y compris dans des domaines très éloignés.

**Contact presse :**

Tuline Laeser | [tuline.laeser@cea.fr](mailto:tuline.laeser@cea.fr) | 01 64 50 20 97

<sup>2</sup> Laboratoire de l'Institut de Recherches en Technologies et Sciences pour le Vivant.