

Des nœuds dans les molécules

SYNTHÈSE

Des chimistes ont mis au point une molécule en forme de nœud à cinq points d'intersection, la plus complexe de ce genre jamais synthétisée.

l'électricité – pour conduire nos nouvelles mesures, qui confirment la fiabilité de la méthode statistique que nous avons utilisée avec des impulsions plus longues. Dorénavant, nous allons nous attacher à améliorer l'expérience sur plusieurs points, pour affiner encore la précision de nos mesures. Nous réfléchissons aussi à faire des mesures sur des antineutrinos et des mesures en fonction de l'énergie des neutrinos.

Fort de vos nouveaux résultats, avez-vous la certitude que le neutrino se déplace plus vite que la lumière?

D.A. Ils renforcent la confiance que nous avons déjà dans nos mesures, et nous avons soumis l'ensemble de notre travail le 17 novembre au *Journal for High Energy Physics* [1]. Mais nous n'aurons pas de certitude tant que d'autres expériences indépendantes, comme Minos aux États-Unis ou T2K au Japon, n'auront pas reproduit nos résultats. ■ **Propos recueillis par Denis Delbecq**

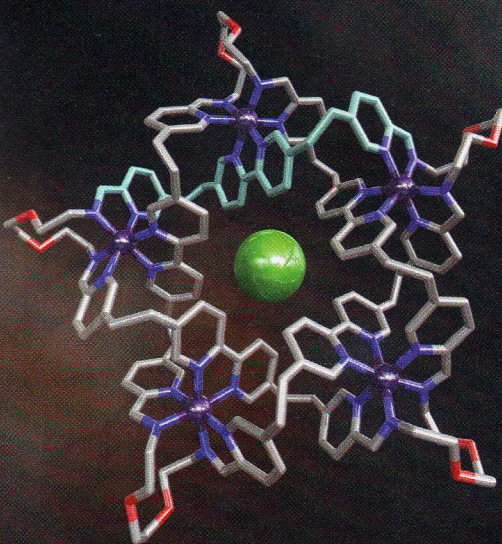
[1] <http://arxiv.org/abs/1109.4897>, 2011.

Imaginer nouer un fil 100 000 fois plus fin qu'un cheveu. C'est la prouesse que vient d'accomplir une équipe de chimistes dirigée par David Leigh, de l'université d'Édimbourg. Les chercheurs ont créé une molécule de 160 atomes seulement en forme de nœud, le plus complexe de cette taille jamais fabriqué [1]. Cette molécule est la version miniature du nœud à cinq points d'intersection et en forme d'étoile à cinq branches bien connu des mathématiciens, encore baptisé nœud de Salomon, un symbole culturel ancien que l'on retrouve sur le drapeau du Maroc.

Les chimistes n'en sont pas à leur première réalisation de nœud moléculaire. Il y a plus de vingt ans déjà, une équipe française avait synthétisé le premier d'entre eux, le nœud de trèfle, à trois points d'intersection. Depuis, plus rien. « Il faut dire que cet art de tri-

coter les molécules est extrêmement compliqué, confie Jean-Pierre Sauvage, de l'institut de science et d'ingénierie supramoléculaires, à Strasbourg, auteur de la première molécule à nœud. Il faut mélanger les bons ingrédients dans les bonnes proportions pour qu'ils puissent s'entrelacer. »

Pour établir ce record, David Leigh et ses collègues ont sélectionné trois espèces chimiques, qui, en se liant entre elles à des endroits bien précis, allaient aboutir au canevas microscopique qu'ils avaient imaginé. Les ions fer, d'abord, chargés positivement, ont joué le rôle d'une aiguille. Quant aux longues chaînes de molécules organiques, elles ont servi de fil. Les ions chlorure, enfin, chargés négativement, ont orchestré la réaction : chacun a attiré à lui cinq de ces fils et aiguilles moléculaires. Dirigés par les ions métalliques – les aiguilles de fer –, les cinq fils se sont alors entremêlés avant de se refermer, via des liaisons chimiques, aux pointes de l'étoile, formant



Cette vue de la structure de la molécule mise au point montre comment les chaînes de molécules organiques (en gris, rouge et bleu) se nouent au niveau des atomes de fer (en violet) autour de l'atome central de chlore (en vert). © ROBERT W. MCGREGOR (WWW.MCGREGORFINEART.COM)

ainsi une molécule unique. « L'innovation a été de faire réagir ces trois briques de base au cours d'une seule et même réaction, explique Jean-François Ayme, un des auteurs de ces travaux. Et non pas étape par étape, comme les chimistes avaient l'habitude de travailler jusqu'à maintenant pour construire un nœud moléculaire. »

L'équipe de David Leigh ne compte pas s'arrêter là. Les chimistes pensent déjà à la réalisation de nœuds plus complexes encore, à commencer par ceux à sept croisements, et pas seulement pour la prouesse technique. Car comme l'explique Jean-Pierre Sauvage : « Les nœuds sont présents partout, dans les molécules biologiques (ADN, protéines...) et dans les polymères naturels et ceux créés par l'homme. » En fabriquant des nœuds en laboratoire, les scientifiques espèrent ainsi mieux comprendre comment ces entrelacements influencent les propriétés des matériaux ou les fonctions des molécules du vivant, mais aussi mettre au point des composés aux propriétés encore inconnues en y intégrant tel ou tel type de nœuds. ■ **Julien Bourdet**

[1] J.-F. Ayme et al., *Nature Chemistry*, doi:10.1038/NCHEM.1193, 2011.

