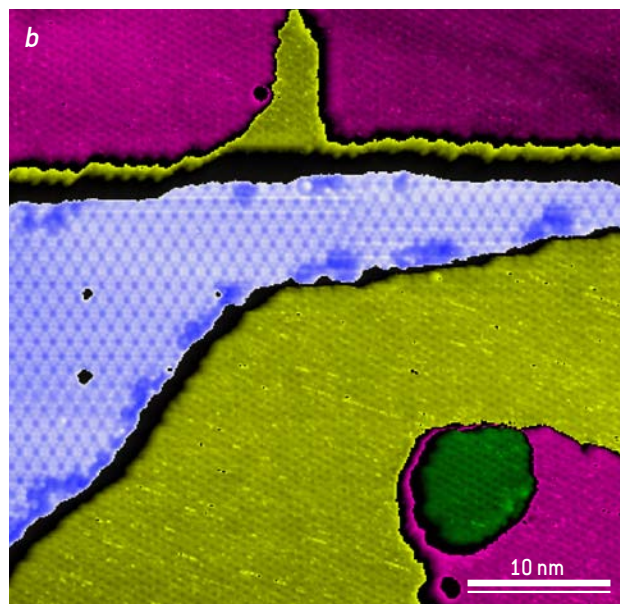
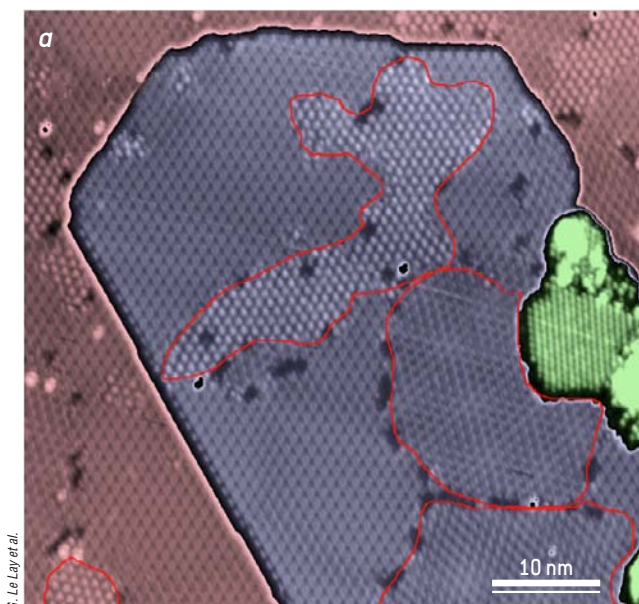




2. LES IMAGES DU SILICÈNE au microscope à effet tunnel révèlent des caractéristiques variées de ce matériau. On observe des domaines dont l'orientation des mailles diffère [a, les zones bleues entourées de rouge]. La méthode permet aussi de visualiser des empilements de plusieurs couches de silicène [b, en bleu, vert, rose et vert foncé].

couche de silicène sans créer un court-circuit avec le substrat d'argent, qui est un très bon conducteur.

Il est donc nécessaire d'utiliser une structure multicouche où plusieurs couches de silicène sont superposées. L'utilisation du silicène multicouche est beaucoup plus pratique et ses propriétés sont intrinsèques, c'est-à-dire que le substrat n'a pas d'influence sur les couches éloignées.

Avec Paola De Padova et Claudio Quaresima, de l'Institut sur la structure de la matière de Rome, ainsi que Maria-Carmen Asensio et José Avila, du Centre de rayonnement synchrotron SOLEIL en Île-de-France, nous avons utilisé une autre technique, la spectroscopie de photoélectrons, pour étudier les propriétés électroniques du silicène réel. Cette méthode consiste à exposer le matériau à un faisceau intense de photons à une longueur d'onde précise pour lui arracher des électrons qui renseignent sur sa structure électronique. Nous avons ainsi montré que le silicène multicouche se comporte comme un semi-métal, comme le graphène en simple couche : les porteurs de charge s'y déplacent à des vitesses très importantes (voir l'encadré page 36). Un semi-métal présente, dans une certaine mesure, une configuration électronique intermédiaire entre un métal et un semi-conducteur.

Par ailleurs, Alessandro Molle, de l'Institut de microélectronique et des micro-

L'AUTEUR



Guy LE LAY est professeur émérite à l'Université d'Aix-Marseille et au Laboratoire de physique des interactions ioniques et moléculaires, unité mixte du CNRS.

BIBLIOGRAPHIE

E. Scalise *et al.*, Two-dimensional Si nanosheets with local hexagonal structure on a MoS₂ surface, *Advanced Materials*, vol. 26, n° 13, pp. 2096-2101, 2014.

P. Vogt *et al.*, Synthesis and sheet resistance of multilayer silicene, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104, 021602, 2014.

A. Resta *et al.*, Atomic structures of silicene layers grown on Ag(111), *Nature Scientific Reports*, vol. 3, p. 2399, 2013.

P. Vogt *et al.*, Silicene : compelling experimental evidence for graphenelike two-dimensional silicon, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 108, P. 155501, 2012.

systèmes à Milan, et Michel Houssa, de l'Université catholique de Louvain, et leurs équipes ont obtenu une autre signature caractéristique du silicène réel en monocouche par spectroscopie Raman, où l'on mesure en réflexion la réponse optique du silicène sur lequel on focalise un faisceau laser. Le signal réfléchi par la monocouche est similaire à celui mesuré pour le graphène, confirmant une nouvelle fois que leurs propriétés électroniques sont très voisines.

Un matériau facile à doper

Le graphène est un matériau plutôt inerte, difficile à doper et, par conséquent, à transformer en semi-conducteur. Ainsi, l'ajout d'hydrogène transforme le graphène en semi-conducteur, mais le matériau est instable. Au contraire, le silicène réagit facilement avec d'autres éléments, ce qui permet, en principe, de le doper et de lui conférer les propriétés d'un semi-conducteur. Cela explique l'intérêt que suscite le silicène pour l'industrie de l'électronique.

La forte réactivité du silicène a cependant un inconvénient majeur : il s'oxyde facilement à l'air. Il réagit beaucoup moins à l'oxygène que le silicium usuel, mais il faut néanmoins prendre en compte ce phénomène lors de l'utilisation du silicène. Deux solutions permettent d'éviter cette difficulté. La première consiste à superposer