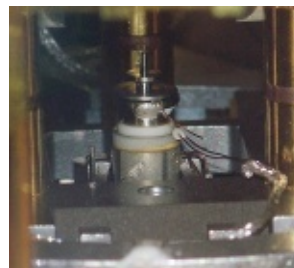


Le microscope à effet tunnel révèle la topographie d'une surface à l'échelle atomique. Sa pointe effilée se déplace très près de la surface sans entrer en contact avec elle. Des actionneurs piézo-électriques rendent ce mouvement précis à l'échelle atomique (l'angström, soit 10^{-10} mètre). Dans ces conditions, on applique une minuscule différence de potentiel électrique entre la pointe et la surface, ce qui produit un courant par effet tunnel. En d'autres termes, quelques électrons issus de la surface franchissent la barrière d'énergie qui les sépare de la pointe et la rejoignent. Ce courant est utilisé, par l'ordinateur qui contrôle le microscope, comme signal dans

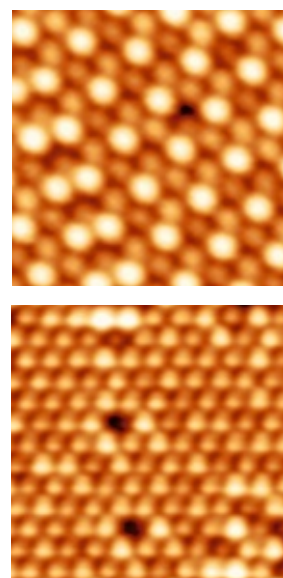
une boucle de rétroaction, qui permet de maintenir constant le courant tunnel, de même que la distance entre la pointe et la surface.

L'enregistrement des mouvements de la pointe au cours du balayage de la surface produit alors des profils de densité électronique, qui permettent de construire une image des orbitales de surface, sorte de photographie des structures électroniques de la surface. Le microscope révèle ainsi la reconstruction notée (3×3) du système étain sur germanium, où les atomes d'étain ont deux altitudes différentes (*en haut à droite*), et la reconstruction $(\sqrt{3} \times \sqrt{3}) R 30^\circ$ où les mêmes atomes se trouvent dans un même plan (*en bas à droite*).

Ainsi, si l'on considère que les positions atomiques et celles des orbitales sont liées, un microscope à effet tunnel permet de « voir » les atomes d'une surface.



Ci-dessus, la tête d'un microscope à effet tunnel au-dessus de la chambre à vide, où l'on place l'échantillon. À droite, les reconstructions du système étain/germanium.



A. Mascaraque et A. Tejeda



A. Mascaraque et A. Tejeda

4. LE MICROSCOPE À EFFET TUNNEL

de l'Institut Jean Lamour, à l'Université de Nancy. C'est l'un des rares dans le monde à autoriser l'étude de la structure à la fois cristallographique et électronique d'une surface sans qu'il soit besoin d'exposer cette dernière à la pression atmosphérique. Il opère dans une gamme de températures allant de la température ambiante à celle de l'hélium liquide (quatre kelvins) et comprend trois cloches à vide ultrapoussé interconnectées mais indépendantes, entre lesquelles un dispositif permet de déplacer l'échantillon étudié.

capable d'expliquer tous les résultats expérimentaux évoqués. Ce modèle sera un point de départ pour étudier la stabilité en fonction de la température des phases métalliques au voisinage des conditions qui permettent l'apparition d'isolants de Mott. Il permettra ainsi de mieux comprendre les phénomènes physiques complexes qui font que nos matériaux s'éloignent des comportements simples prévus par le modèle des électrons quasi libres.

Nous espérons que nous pourrions alors examiner de près les différences éventuelles entre transitions de Mott en surface et en volume comme dans les isolants de Mott classiques. Cette quête est d'autant plus passionnante que les isolants de Mott ont des caractéristiques proches de celles des supraconducteurs à haute température...

Des transistors à isolants de Mott ?

Plus concret, un autre débouché de tous ces travaux pourrait être d'intéressantes réalisations en nano-ingénierie des surfaces. Si, comme le prédisent certains modèles théoriques, un supraconducteur bidimensionnel pouvait être réalisé par dopage d'étain sur du germanium, il reposerait alors sur le semi-conducteur germanium, c'est-à-dire sur un substrat

compatible avec les dispositifs électroniques actuels. De nombreuses applications deviendraient alors envisageables.

De ce point de vue, les isolants de Mott ont déjà trouvé des applications potentielles là où les semi-conducteurs n'en ont pas. Dans un brevet, Shinichiro Iwai, de l'Université de Tohoku, et ses collègues proposent par exemple d'utiliser des isolants de Mott dans un convertisseur de signaux photoélectriques à cadence très élevée (de l'ordre du térahertz), là où les dispositifs à base de silicium ou de germanium ne sont plus fonctionnels.

De leur côté, Dennis Newns, des Laboratoires IBM, et ses collègues ont réalisé des transistors à effet de champ à l'aide d'isolants de Mott de taille nanométrique, échelle à laquelle les techniques actuelles fondées sur substrat de silicium ne fonctionnent plus bien. On sait que le principe opérationnel d'un transistor consiste à changer un canal conducteur en un canal isolant en fonction d'un certain potentiel électrique. Dans un transistor à transition de Mott, ce potentiel sert à créer des porteurs de charges dans le canal, qui suffisent pour doper l'isolant de Mott et le transformer en conducteur. Puisque les transistors sont à la base de tous nos dispositifs électroniques actuels, aurons-nous un jour des transistors à transition de Mott dans nos radios, nos voitures et nos portables ? ■

VOS PRIVILÈGES AU SOMMET

1 an • 12 numéros

56 € seulement
au lieu de ~~74,90 €~~



Recevez chaque mois votre magazine en version papier et consultez gratuitement sa version numérique en format PDF sur www.pourlascience.fr

POUR LA
SCIENCE

BULLETIN D'ABONNEMENT

À retourner accompagné de votre règlement à :
Service Abonnements • Pour la Science
8, rue Férou • 75278 Paris cedex 06

☐ **Oui, je m'abonne à *Pour la Science* seul** (12 n°s et leur version numérique)

1 an • **56 €** au lieu de ~~74,90 €~~ Tarif valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Participation aux frais de port à ajouter au prix de l'abonnement : Europe 12 € - autres pays 25 €.

☐ **Je préfère m'abonner pour 2 ans en bénéficiant d'une remise exceptionnelle de 29%.**

2 ans • **106 €** au lieu de ~~149,80 €~~ Tarif valable en France métropolitaine et d'outre-mer. Participation aux frais de port à ajouter au prix de l'abonnement : Europe 25 € - autres pays 51 €.

☐ Je souhaite recevoir la newsletter *Pour la Science* à l'adresse e-mail suivante :

_____ @ _____

Mes coordonnées (à remplir) :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. (facultatif) : _____

Je règle par :

☐ Chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Carte bancaire

Numéro de la carte

Date d'expiration

____/____/____

Signature obligatoire



En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, merci de cocher cette case ☐.