

## Identifier les atomes à la surface d'un matériau

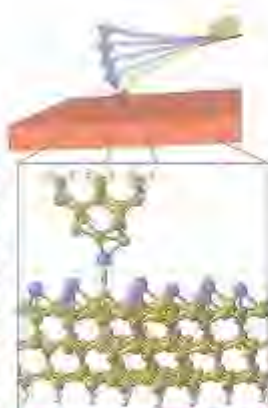
**INSTRUMENTS**

Une nouvelle méthode d'observation révèle la nature chimique des atomes à la surface d'un matériau.

Inventé en 1986 par les physiciens Gerd Binnig, Calvin Quate et Christoph Gerber, à l'université Stanford, aux États-Unis, le microscope à force atomique est considéré comme un instrument de choix pour étudier la surface des matériaux au niveau atomique. Mais, si cette technique est capable de distinguer que des atomes sont de nature différente, leur identité chimique restait inaccessible. Yoshiaki Sugimoto et ses collègues de l'université d'Osaka, au Japon, montrent aujourd'hui comment y parvenir, du moins pour certains types d'atomes (1). La méthode qu'ils ont testée permettrait d'observer la manière dont la surface des matériaux est organisée à l'échelle du milliardième de mètre.

Un microscope à force atomique est composé d'une pointe extrêmement fine qui balaye et interagit spécifiquement avec les atomes présents à la surface d'un matériau. Cette pointe est fixée à un bras de levier flexible, éclairé par un laser. La déformation du levier est mesurée par un détecteur de lumière, qui permet d'obtenir des images topographiques de matériaux à la fois isolants et conducteurs d'électricité.

Les physiciens japonais ont remarqué que l'interaction mesurée à l'aplomb de la surface d'un matériau composé d'étain, de plomb et de silicium variait sensiblement en fonction de l'atome considéré. Un résultat qui ne peut s'expliquer que par des différences, même fines, dans la forme ou les concentrations des trois types d'atomes. En croisant les données sur les concentrations, l'intensité de l'interaction entre la pointe et les trois atomes, ainsi que les images topographiques obtenues par le micro-



UN MICROSCOPE à force atomique est composé d'un bras de levier et d'une pointe. L'atome de l'extrémité (ci-dessus en violet) interagit spécifiquement (trait vert) avec les atomes présents à la surface d'un matériau.

scope, l'équipe japonaise a constaté qu'il était possible de reconstituer (et de visualiser) la structure atomique précise de la surface des échantillons.

« Cette démonstration de principe est plutôt convaincante, explique Sébastien Gauthier, du centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales à Toulouse. La méthode pourra certainement être appliquée à d'autres types de matériaux, bien qu'une généralisation à l'ensemble des éléments chimiques soit probablement hors de portée. Mais son intérêt pourrait surtout résider dans l'étude de la structure atomique à la surface des matériaux isolants, pour lesquels nous disposons de moyens expérimentaux très limités. » ■ Franck Daninos

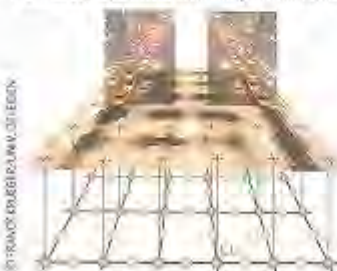
1. *IEEE Symposium on Quantum Nanoscience*, 2007.

## Embouteillages électroniques

En 1986, des physiciens découvraient les « supraconducteurs à haute température », matériaux capables de propager le courant électrique sans perte d'énergie à une température anormalement élevée. Vingt ans après, ce phénomène résiste toujours à la compréhension des physiciens. On bute notamment sur la manière dont les électrons s'organisent et se déplacent dans de tels matériaux. Une équipe américaine est parvenue à étudier la répartition des électrons à la surface d'un supraconducteur composé d'oxygène (en jaune, dans le dessin ci-dessous) et de cuivre (en rouge) par spectroscopie à effet tunnel. Ils ont observé que les électrons se déplaçaient sur un même plan dans des régions (zones brillantes) et des

directions privilégiées. Dans d'autres (zones sombres), expliquent-ils, leur mouvement est comme bloqué dans un « embouteillage ». Reste à comprendre le lien entre cette organisation et l'origine de l'effet supraconducteur.

© R. E. SHERIDAN / J. H. W. LAMMERS



## LIVRES

Rémy Testienne  
**LES FILS DU TEMPS : CAUSALITÉ, ENTROPIE, DEVENIR**  
CNRS Éditions, 2007, 251 p., 10 €.

Quels sont les fondements physiques de la notion de « temps » ? Quel rapport entretient-elle avec la perception que nous avons du monde ? Président de la Société Internationale pour l'étude du temps, l'auteur répond à ces questions, et partage ses réflexions à la croisée de la physique des particules, de l'astronomie et des neurosciences.

Phuong Mai Dinh, Jesus Navarro et Éric Suraud  
**Océans et Gouttelettes Quantiques**  
CNRS Éditions, 2007, 159 p., 35 €.

On considère souvent que les propriétés quantiques

ne sont importantes que pour expliquer les comportements de systèmes microscopiques, tels les noyaux atomiques. Écrit par trois chercheurs en physique nucléaire, ce livre montre au contraire comment la physique quantique se manifeste à toutes les échelles du monde qui nous entoure, des particules élémentaires aux plus gros objets stellaires.

## AGENDA

[Le 14 mai]  
**CES PHÉNOMÈNES LUMINEUX QUI NOUS ENTOURENT**

## WEB

[www.cnrs.fr/cnrs-images/physiqueulycee](http://www.cnrs.fr/cnrs-images/physiqueulycee)  
Ce site du CNRS s'adresse aux lycéens. De manière interactive, il reprend les programmes de l'enseignement secondaire en physique. Les plus : le portrait des personnalités marquantes dans l'histoire de la discipline, mais surtout la richesse des images qui illustrent de manière concrète une large gamme d'expériences et de phénomènes physiques.

Conférence donnée par Bernard Valeur et Elisabeth Bander, chercheurs au Conservatoire national des arts et métiers.  
Paris, Espace des sciences.  
01 40 79 44 00

[Jusqu'au 3 juin]  
**CACHE-CACHE COULEUR**  
Cette exposition propose de faire découvrir aux enfants de trois à six ans l'origine de la couleur, ses propriétés, ainsi que sa place dans la vie quotidienne.  
Bordeaux, Cap sciences.  
05 56 01 07 07

## 「材料表面の原子識別」

La Recherche 誌 (France) 2007 年 5 月 Material 欄

新しい実験方法により、材料表面上の原子の化学的性質が明らかにされた。

1986 年に米国スタンフォード大学の Gerd Binnig 氏、Calvin Quate 氏と Christoph Gerber 氏により発明されてから AFM は原子レベルでの材料表面の研究に不可欠な道具と考えられてきた。しかし、AFM の技術で、原子ごとに異なる性質を区別することはできたが、原子の化学識別は達成されないままであった。ところが、日本の大阪大学の杉本宜昭氏らの研究グループは、いくつかの種類の原子について、その識別の方法を示したのである。(Nature 誌)

杉本氏らの研究グループが行った手法を用いれば、材料表面がどのようにナノメートルサイズに組織化しているかを観察することも可能になるかもしれない。

AFM は、極めてとがった先端を走査させて、材料表面に存在している原子と特徴的な相互作用をさせるものである。この先端は、やわらかい「てこの」腕に固定されていて、レーザーで照らされている。てこの変形は光検出器により測定されるが、それにより、金属や絶縁体の材料の凹凸像が得られるのである。

日本の研究グループは、スズ、鉛、シリコンが混在している材料表面の真上で測定される相互作用力が、原子によってかなり変化する点に注目した。3つのタイプの原子の形や濃度にわずかな違いさえなくても原子識別できる結果である。混在表面上で、顕微鏡によって得られる凹凸像と同様に、先端と3種類の原子の相互作用の強さのデータを合わせることによって、日本の研究グループは、試料表面の原子を明確に識別(視覚化さえも)できることを示した。

CEMES (Centre d'Elaboration de Materiaux et d'Etudes Structurales, Toulouse) の Sebastien Gauthier 氏は次のように説明している。

「この実験結果は基本的に納得のゆくものになっている。化学元素全般に一般化するには及ばないかもしれないけれども、その手法は確かに他のタイプの材料にも応用できるであろう。その興味は特に絶縁体の材料表面上での原子識別の研究の中にあるのかもしれない、そういうわけで私たちは限られた実験方法をとっているのである。」