

Le microscope à effet tunnel

Outil incontournable de nanocaractérisation, le microscope à effet tunnel topographie et caractérise à l'échelle atomique la surface d'un matériau conducteur ou semi-conducteur. Sa pointe conductrice balaie une surface et échange des électrons avec elle, grâce à l'effet tunnel ; un logiciel mesure et interprète ce courant électrique pour restituer une image.

DÉFINITIONS

EFFET TUNNEL Phénomène quantique qui permet aux particules de franchir des barrières de potentiel.
Exemple : pour franchir le sommet d'une colline, une pierre doit être lancée avec suffisamment d'énergie ; or, même si des électrons n'ont pas assez d'énergie, certains d'entre eux parviennent à traverser la colline, comme s'ils empruntaient un « tunnel », invisible.

PIÉZOÉLECTRIQUE Propriété de certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.

SPECTROSCOPIE Étude du spectre d'un phénomène physique, c'est-à-dire de sa décomposition sur une échelle d'énergie. Ici, en faisant varier la tension (en volt), on balaye les niveaux d'énergie (en électron-volt) de l'échantillon et l'on accède ainsi au spectre de densité d'états électroniques.

ÉCHANGE D'ÉLECTRONS

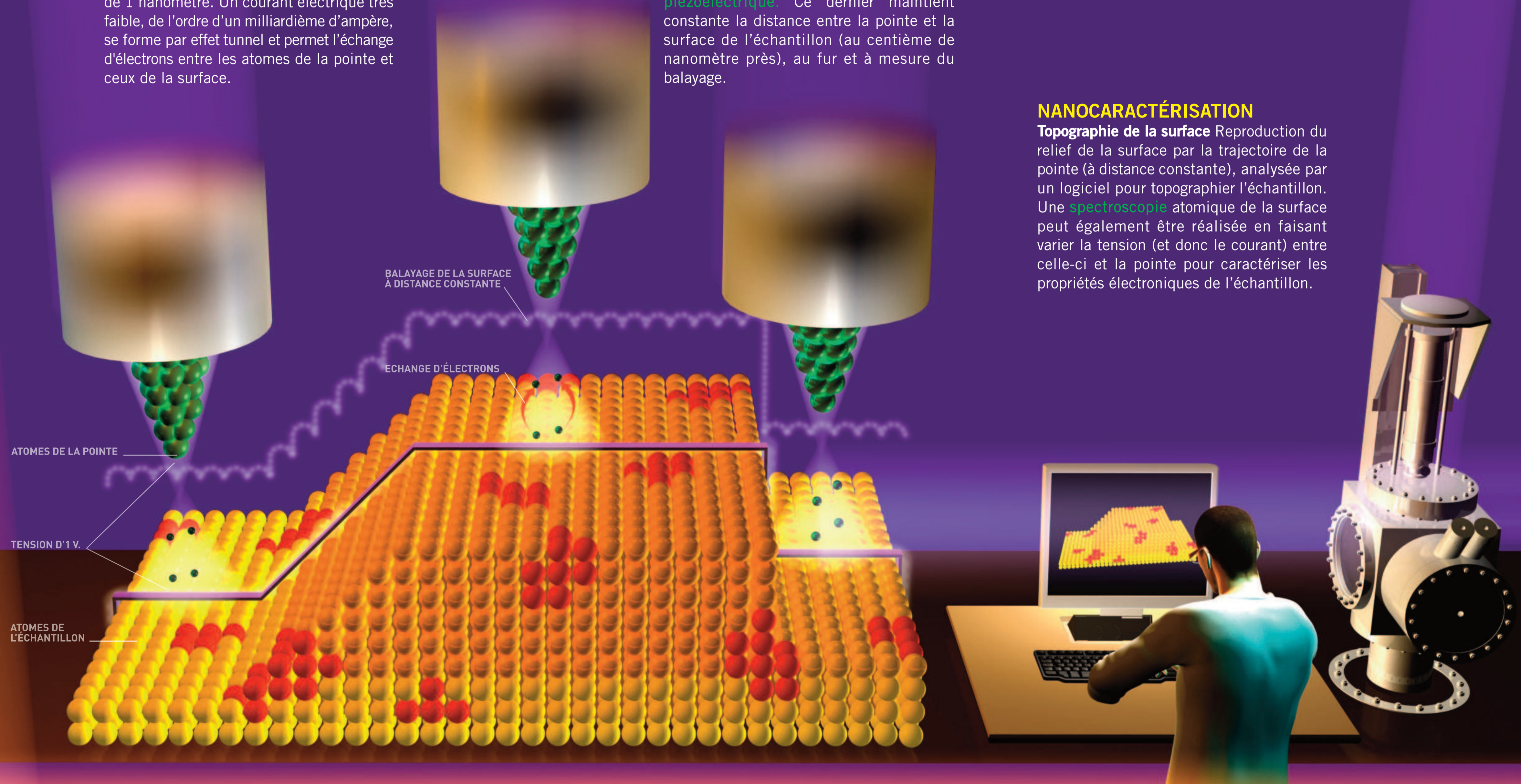
Génération d'un courant Application d'une tension d'environ 1 volt entre la pointe du microscope et la surface à étudier, distantes de 1 nanomètre. Un courant électrique très faible, de l'ordre d'un milliardième d'ampère, se forme par effet tunnel et permet l'échange d'électrons entre les atomes de la pointe et ceux de la surface.

BALAYAGE DE LA SURFACE

Balayage ultra-précis à distance constante Déplacements sub-nanométriques de la pointe du microscope grâce à son système piézoélectrique. Ce dernier maintient constante la distance entre la pointe et la surface de l'échantillon (au centième de nanomètre près), au fur et à mesure du balayage.

NANOCARACTÉRISATION

Topographie de la surface Reproduction du relief de la surface par la trajectoire de la pointe (à distance constante), analysée par un logiciel pour topographier l'échantillon. Une spectroscopie atomique de la surface peut également être réalisée en faisant varier la tension (et donc le courant) entre celle-ci et la pointe pour caractériser les propriétés électroniques de l'échantillon.



au CEA

Les laboratoires de caractérisation de la Direction des sciences de la matière du CEA comptent de nombreux microscopes à effet tunnel. Dépendant de leur emploi (recherche technologique en micro et nanotechnologie ou recherche fondamentale), ils sont utilisés clés en main ou assemblés par les chercheurs en vue de configurations spécifiques. Lorsqu'il s'agit de caractériser des surfaces non conductrices, les chercheurs utilisent des microscopes à force atomique, dont la pointe "gratte" ou "tapote" les atomes.