

## Sujet 2009 – 2010 : Surface

### Atomic Force Microscopy

R. DAVIOT

#### Introduction

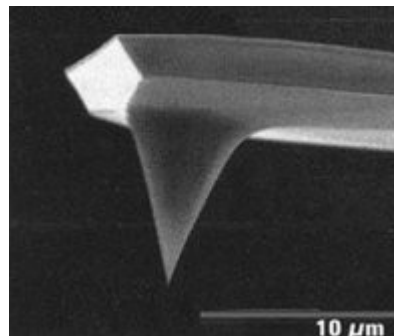
La microscopie à force atomique ou Atomic Force Microscopy en anglais est une technique de mesure indirecte de la topographie d'un échantillon. La résolution ainsi obtenue s'approche de celle des atomes du réseau cristallin mesuré.



Manipulation et arrangement d'atomes de Xéon sur un substrat de dioxyde de silicium à l'aide d'un AFM. Cet arrangement forme le mot "IBM NANO". "[Nanoscale science and technology group](#) at the IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York."

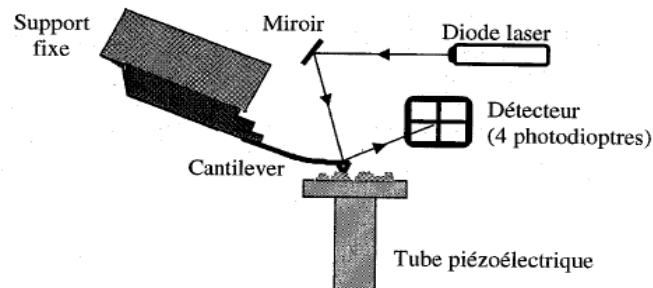
#### Théorie

Issus des bases du STM (microscope à balayage à effet tunnel), le microscope à force atomique a été mis au point par Binnig en 1986. L'interaction atomique entre les atomes de l'extrémité d'une pointe et les atomes de l'échantillon assure la déviation de la pointe au passage de la surface de l'échantillon.



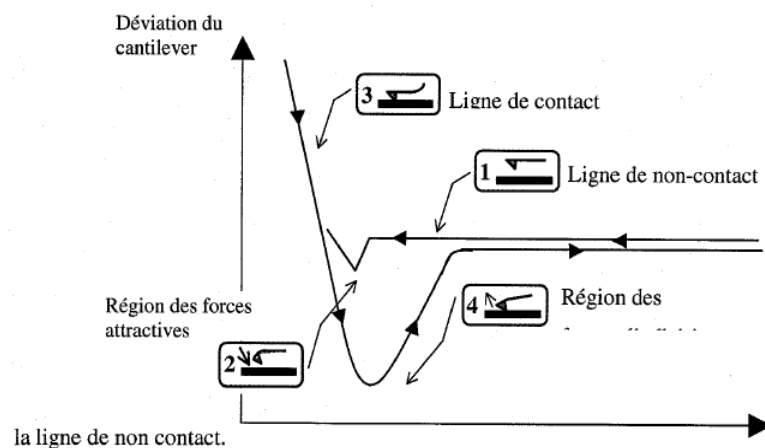
Vue au MEB d'une pointe d'AFM (cantilever)

Le bout de la pointe est éclairée par un faisceau laser qui se réfléchit sur un détecteur à 4 photodiodes. Le signal électrique converti par ces photodétecteurs est traité afin de reproduire une image de la surface l'échantillon mesuré.



Principe de la mesure à l'aide d'un AFM

Les forces engendrées donnent lieu à deux principaux modes opératoires : mode de mesure à hauteur constante et la mesure à force constante.



Courbe de force en fonction de l'approche et du retrait de la pointe relativement à la surface.

Ci-dessous est donné un comparatif des méthodes d'inspection des reliefs, d'après la thèse de S. Martinez - 1998.

Technique	Domaine d'utilisation	Résolution optimale théorique	Points forts	Inconvénients
<b>MEB :</b> Microscopie électronique à balayage	Tous domaines	X-Y : 5 nm Z : 1.5 nm	♦ Qualité des images ♦ Bonne résolution	♦ Métallisation ♦ Pas de réelle image de relief
<b>SP :</b> profilométrie de contact à stylet	Matériaux très compacts	X-Y : 1 µm Z : 0.01 µm	♦ Image de relief	♦ Durée d'acquisition ♦ Pression de la pointe sur la surface
<b>NCSP :</b> Profilométrie optique sans contact	Matériaux opaques	X-Y : 1 µm Z : 0.01 µm	♦ Image de relief	♦ Durée d'acquisition ♦ Qualité d'image variable
<b>ISP :</b> Microscopie interférentielle	Matériaux opaques	X-Y : 1 µm Z : 1 nm	♦ Pas de dommage de la surface ♦ Image de relief ♦ Acquisition de champs très larges	♦ Réserve aux surfaces très planes
<b>LSCM :</b> Microscopie confocale à balayage laser	Biologie cellulaire Matériaux semi-transparents	X-Y : 0.2 µm Z : 0.4 µm	♦ Acquisition 3D	
<b>TSM :</b> Microscopie confocale à disque tournant	Matériaux opaques	X-Y : 1 µm Z : 0.2 µm	♦ Fidélité de l'image de relief ♦ Pas de dommage de la surface	♦ Limité aux surfaces suffisamment réfléchissantes
<b>STM :</b> Microscopie à effet tunnel	Matériaux conducteurs	X-Y : 1 Ang. Z : 0.01 Ang.	♦ Très bonne résolution en Z	♦ Interprétation difficile pour les matériaux polyatomiques
<b>C-AFM :</b> microscopie à force atomique Mode contact	Matériaux compacts	X-Y : 1 Ang. Z : 0.1 Ang.	♦ Image de relief	♦ Dilatation des formes par la pointe
<b>NC-AFM :</b> microscopie à force atomique mode Non-contact	Tous domaines	X-Y : 1 Ang. Z : 0.1 Ang.	♦ Aucun endommagement de la surface	♦ Image de force
<b>TM-AFM :</b> microscopie à force atomique Mode Tapping	Matériaux souples	X-Y : 1 Ang. Z : 0.1 Ang.	♦ Image de relief ♦ Endommagement moindre de la surface	♦ Mauvais rendu des reliefs abrupts

Tableau 2-1 : Récapitulatif des méthodes d'inspection des reliefs.

## Pistes d'études possibles

Plusieurs pistes peuvent être engagées :

- Mesurer un échantillon de votre choix à l'aide d'un microscope AFM dans un centre de recherche en nanotechnologie.
- Développer les équations liées aux forces de Van der Waals
- Vous pouvez réaliser vous-même une sonde AFM avec un peu d'instrumentation et mesurer la topographie d'un échantillon. Je vous invite à explorer le site internet de **John D. Alexander** : [http://www.geocities.com/spm\\_stm/Project.html](http://www.geocities.com/spm_stm/Project.html)

## **Bibliographie**

Site web des fabricants d'AFM notamment Veeco.