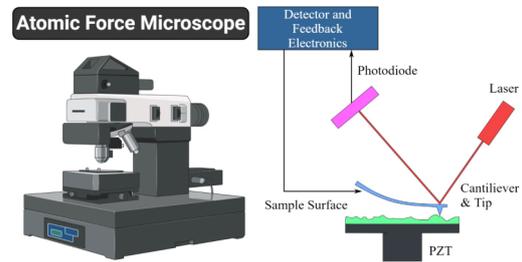


# Chapitre I : Microscopie à force atomique

*Appareillages et techniques de caractérisation*



Dr. Lezzar

# Table des matières



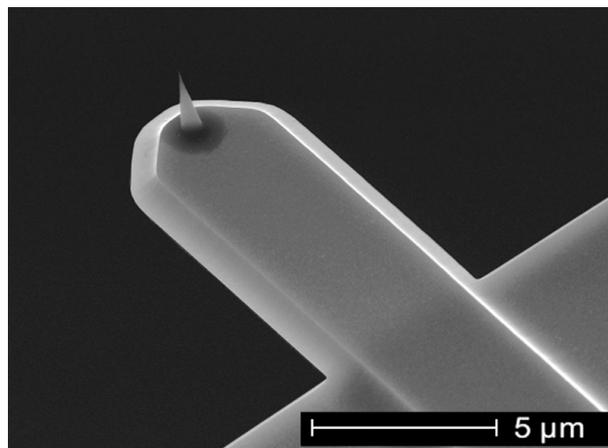
|                                                           |          |
|-----------------------------------------------------------|----------|
| <b>I - Technique du microscope à Force atomique (AFM)</b> | <b>3</b> |
| <b>II - Mode de fonctionnement du microscope</b>          | <b>5</b> |
| 1. Mode contacte: .....                                   | 5        |
| 2. Mode sans contacte (tapping mode) : .....              | 5        |
| <b>III - Détail expérimental</b>                          | <b>7</b> |
| <b>IV - Formation de l'image</b>                          | <b>8</b> |
| <b>V - Limite de l'AFM</b>                                | <b>9</b> |

# Technique du microscope à Force atomique (AFM)

I

Le principe de l'AFM repose sur la mesure de la force d'attraction ou de répulsion entre deux atomes.

La pointe se terminant par un atome est fixée par une lamelle flexible appelée cantilever et est placée au dessus de la surface d'un matériau à quelque dixième de nanomètre.

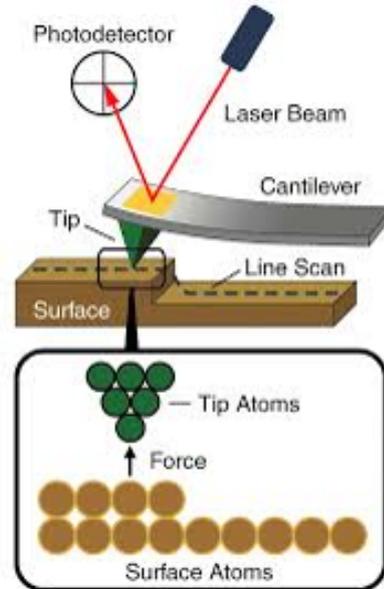


## Méthode

Lorsque la pointe est suffisamment proche de la surface du matériau une force d'attraction ou de répulsion s'exerce sur la pointe par les atomes de la surface du matériau à caractériser.

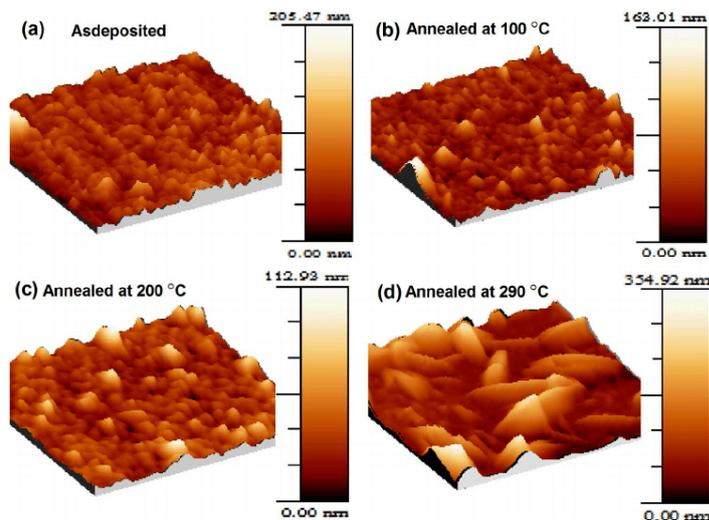
On envoie un faisceau laser sur la dessus de la tête du cantilever et on suit la position du spot laser réfléchi par le dessus de la pointe en gardant une valeur de force constante entre la pointe et l'échantillon.

En utilisant quatre quadrants de photodiodes, on peut suivre la torsion de la pointe du cantilever sur la surface balayée.



**Remarque**

L'AFM donne des images de la rugosité des surfaces et aussi des images sur les propriétés de dureté et les propriétés magnétiques.



**Attention**

Contrairement au STM, la pointe de l'AFM peut ne pas être conductrice car on n'a pas recourt à la mesure de courant tunnel.

# Mode de fonctionnement du microscope

II

Il existe deux mode de fonctionnement de l'AFM:

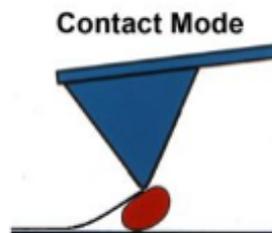
## 1. Mode contact:

Le mode contact correspond à des distances pointe surface faibles de l'ordre de quelques Å ( $\leq 0.3$  nm), pour lesquelles les forces de contact sont répulsives.

### Méthode

Dans ce mode, la pointe entre physiquement en contact (au sens classique) avec la surface et sonde les forces de répulsion de courtes portées

Une force répulsive entre la surface et la pointe se crée car il y a répulsion des électrons de l'échantillon et de la pointe. Dans ce cas, l'interaction faible entre l'échantillon et la pointe est maintenue constante en changeant la hauteur de l'échantillon dans l'appareil. La variation de la hauteur donne la hauteur de la surface à l'endroit étudié.



### Remarque

Le mode contact permet d'obtenir directement la topographie, c'est à dire le relief des surfaces

## 2. Mode sans contact (tapping mode) :

Le mode non contact correspond à des distances pointe surface importantes de 1 – 100 nm (pas de contact physique au sens classique), pour lesquelles les forces sont attractives

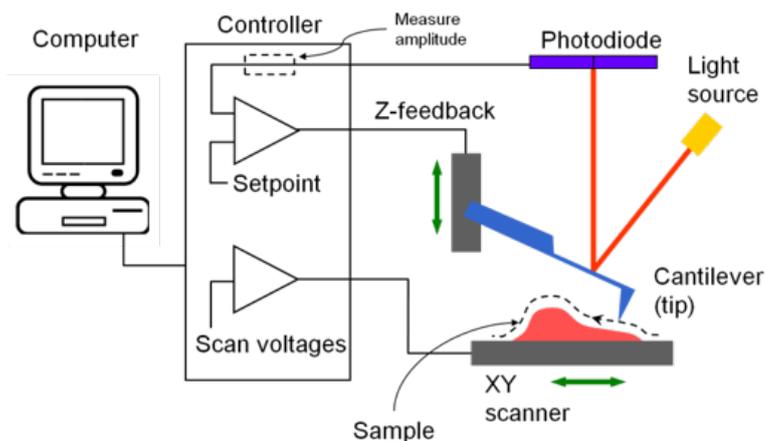
Le mode sans contact ou contact intermittent mettent en œuvre un levier oscillant. Ils sont qualifiés de dynamiques, voire vibrants.



# Détail expérimental



Un système d'asservissement ajuste en permanence la position de la sonde perpendiculairement à la surface, dans le but de maintenir constante la consigne au cours du balayage .



## Méthode

Principe du système d'asservissement. Lorsque la consigne n'est plus respectée, par exemple par la présence d'un objet plus haut, le système remonte le levier à l'aide du piézo (Z) pour retrouver la consigne initiale. C'est la valeur de ce déplacement du piézo en Z qui fournit les informations de hauteur de la surface étudiée.

## Complément

Cette consigne suivant le mode d'imagerie est liée soit à la déflexion du levier (mode contact) soit à l'amplitude d'oscillation de ce même levier (mode non contact, contact intermittent ou tapping). Par conséquent, on distingue les modes vibrants et non vibrants

# Formation de l'image

## IV

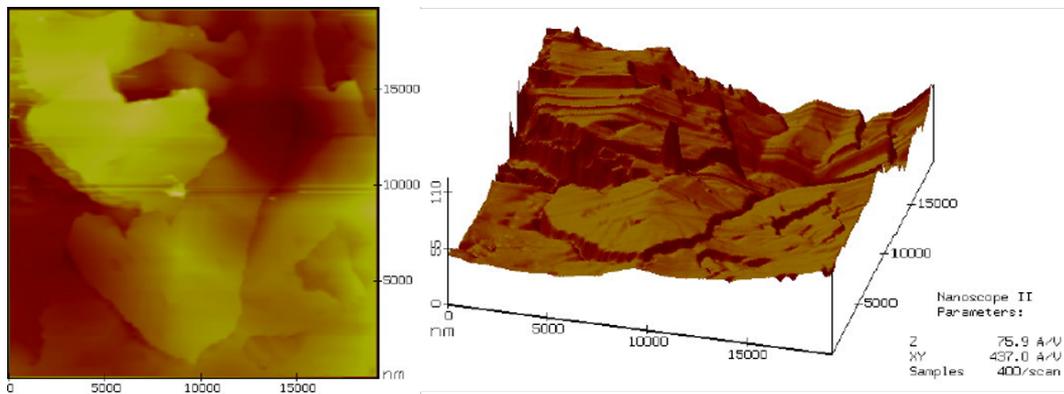
L'AFM permet la visualisation en 3D de l'échantillon.

Elle permet l'observation d'échantillons conducteurs ou non du courant électrique ainsi que celle de surfaces molles (en mode tapping).

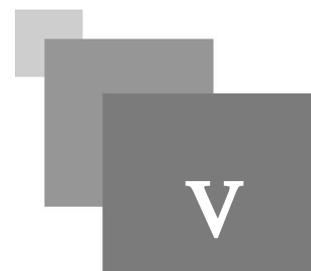
Les conditions d'utilisation ne nécessitent pas un important temps de préparation.

L'AFM peut fonctionner dans l'air contrairement à la STM qui doit fonctionner dans le vide.

Cette technique permet aussi d'observer des échantillons et de suivre leur évolution au cours du temps.



# Limite de l'AFM



l'échantillon peut parfois être dégradé par la pointe d'analyse, surtout en mode contact où la pointe se désagrège assez rapidement.

Les hauteurs déduites de l'analyse par le système de balayage peuvent parfois être faussées (surtout en mode tapping) en fonction du type de pointe utilisée.

Pour le mode non-contact, de nombreuses exigences sont requises pour éliminer toute interférence dans l'analyse.

l'AFM, permet de descendre à très basse échelle, mais nécessite un temps d'analyse plus long, non négligeable par rapport aux autres techniques de microscopie.