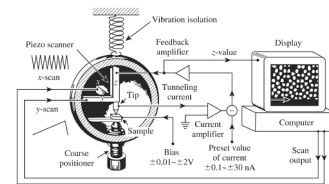


Chapitre I : Microscopie à effet tunnel

Appareillages et techniques de caractérisation



Dr. Lezzar

Table des matières

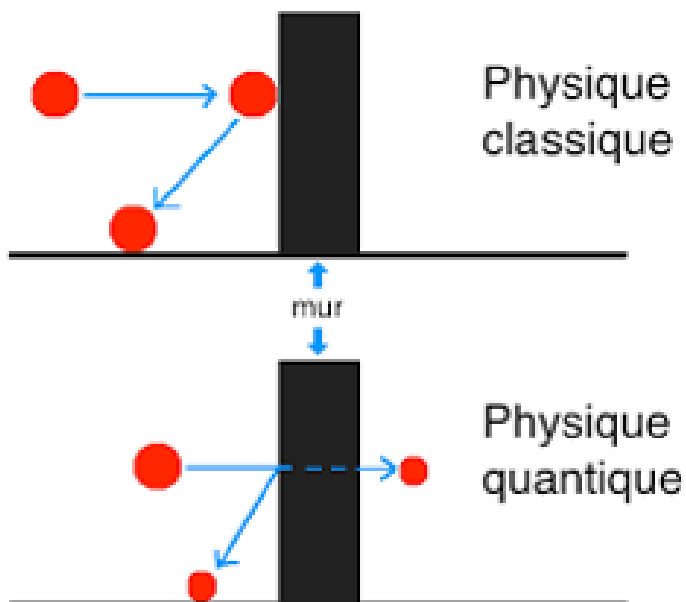


I - Effet tunnel	3
II - Technique du microscope à effet tunnel (STM)	4
III - Mode de fonctionnement du microscope	7
1. Mode à courant constant	7
2. Mode à hauteur constante	8
IV - Détails expérimentaux	9
V - formation de l'image	10
1. imagerie	10
2. Manipulation d'atome	10
VI - Limitation du microscope	11

Effet tunnel

I

En physique quantique, on montre que si la distance qui sépare l'atome de la surface de l'autre matériel est suffisamment petite l'environnant 1 nm, l'électron peut traverser la barrière de potentiel existante entre eux.



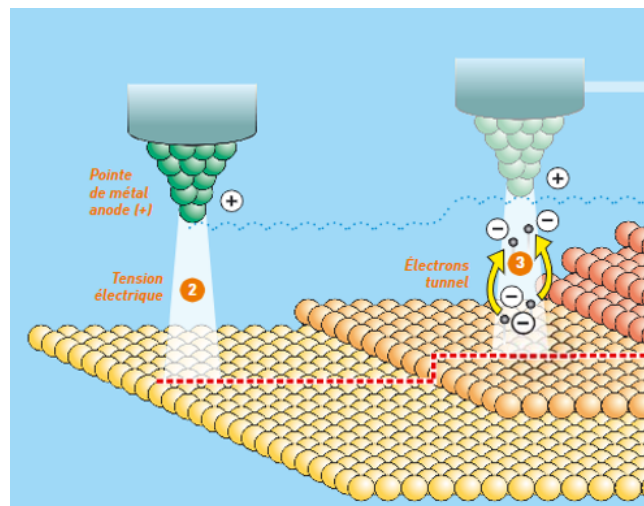
Technique du microscope à effet tunnel (STM)

II

Au niveau de la surface de tout matériau conducteur un nuage d'électron dont la densité décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette surface.

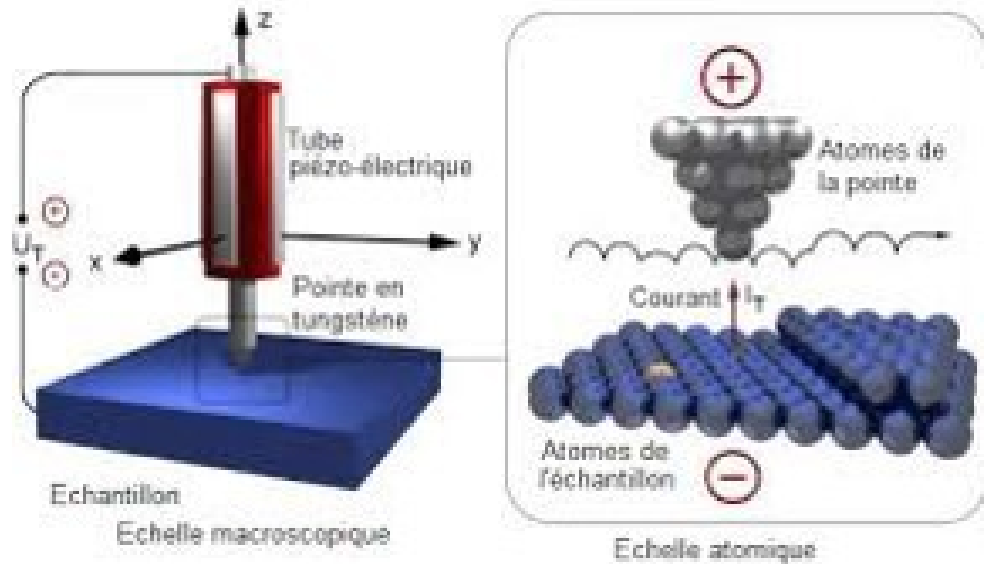
Si la distance d entre une pointe métallique et la surface d'un matériau conducteur est importante $d \gg \lambda$, le nuage d'électron n'interagit pas avec la pointe il y a une barrière de potentiel infranchissable.

Si la distance entre la pointe et la surface est suffisamment petite quelque Angström les nuages d'électrons relatif au deux conducteurs (pointe et surface) interagissent et se mélangent.



Méthode

L'application d'une tension DC (quelque volt) entre la pointe métallique se terminant par un atome et la surface conductrice de l'échantillon distant de quelque Angström, du sommet de la pointe induit le passage d'électron (courant électrique) d'un métal à l'autre par effet tunnel.



Suivant le sens de polarisation de la pointe les électrons peuvent

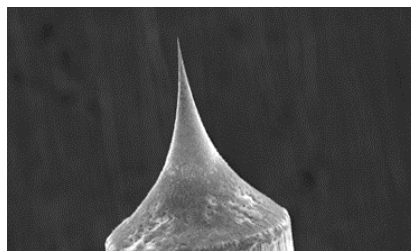
- Passer de la pointe à la surface
- Passer de la surface à la pointe

⚠ Attention

Le courant décroît exponentiellement avec la distance pointe surface

🔍 Remarque

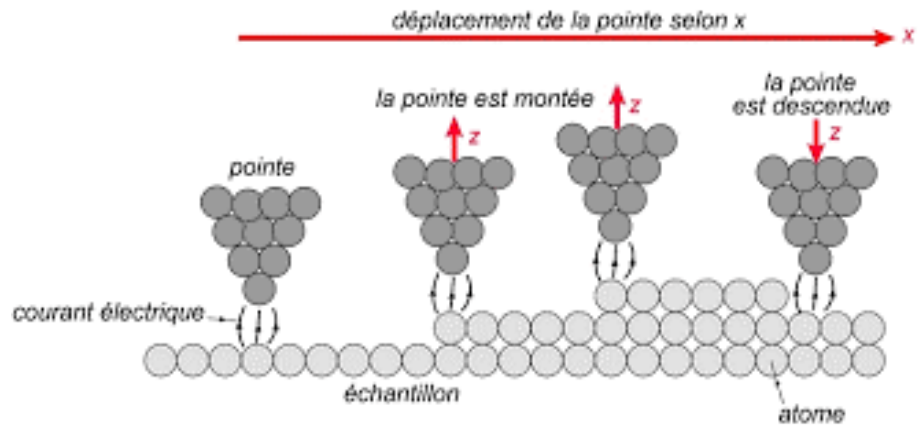
L'utilisation de pointes métallique dont le sommet se termine par un atome permet d'avoir des résolution latérale de l'ordre de l'Angström . il est donc possible de «voir» les atomes un par un avec un appareil fonctionnant sur ce principe .



📦 Complément

L'utilisation de tube piézoélectrique permet de maintenir la distance pointe surface constante a une valeur de l'ordre de l'Angström .

La tomographie de la surface du conducteur a l'échéle atomique peut être effectuée par son balayage par la pointe métallique et l'enregistrement du courant tunnel.



Mode de fonctionnement du microscope

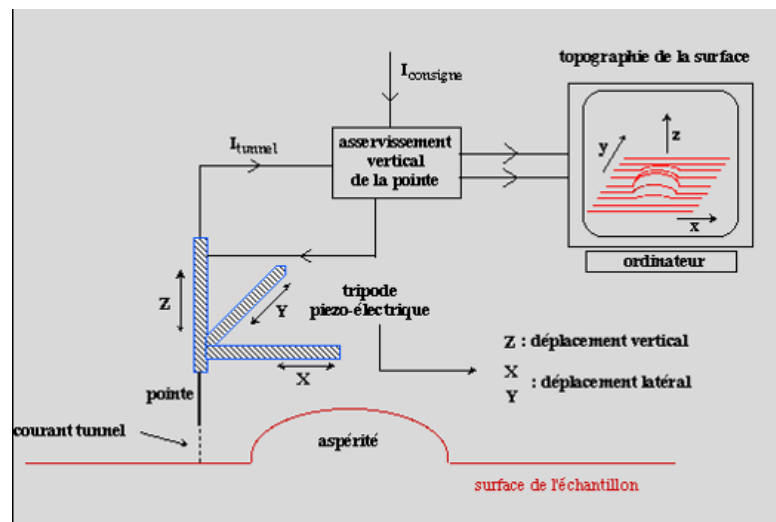
III

Il existe deux mode de fonctionnement du STM :

1. Mode à courant constant

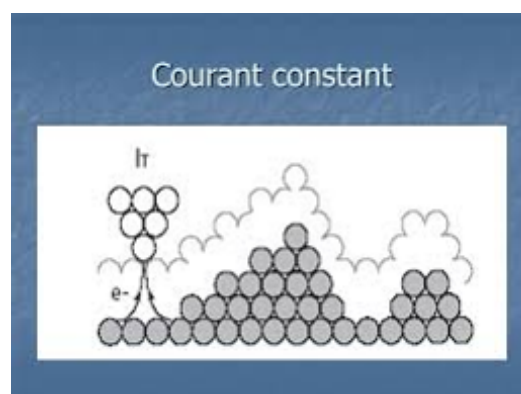
✂ Méthode

On compare à chaque instant le courant mesuré à un courant de consigne fixe grâce à une boucle d'asservissement fermée :



La pointe s'approche à la surface conductrice si le courant mesuré est plus faible que le courant de consigne.

La pointe s'éloigne de la surface dans le cas où le courant est grand.



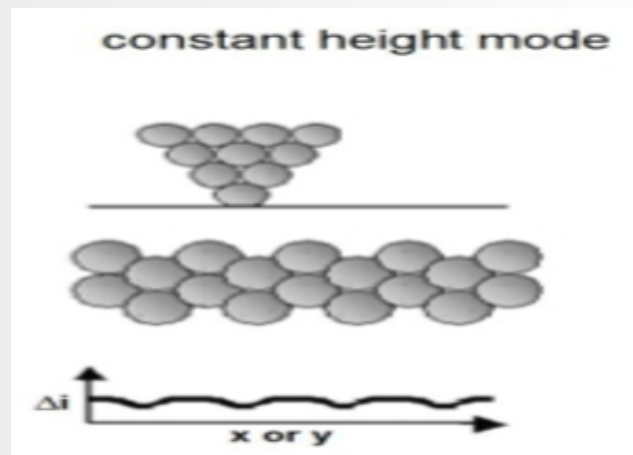
2. Mode à hauteur constante

Méthode

La boucle d'asservissement est ouverte et aucun courant de consigne n'est fixé, on mesure directement le courant tunnel qui varie en fonction de la géométrie des atomes et de leur nuage électrique.

Attention

La surface doit être parfaitement plane sinon il y a risque de détérioration de la pointe

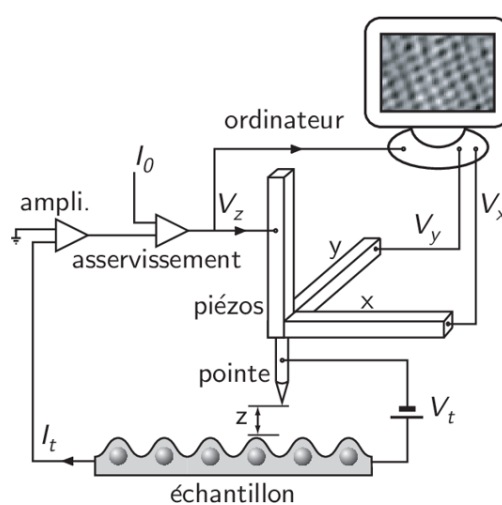


Détails expérimentaux

IV

La pointe mesure le courant par les électrons qui traverse la barrière depuis l'échantillon vers cette dernier, il sera amplifier ensuite par l'AOP. C'est ce courant qui va être comparé par un comparateur AOP avec le courant de consigne, cette comparaison induit la régulation du courant qui doit être égale au courant de référence (consigne) par le déplacement du porte échantillon en hauteur l'axe Z.

les axe X et Y sont contrôlé par PC

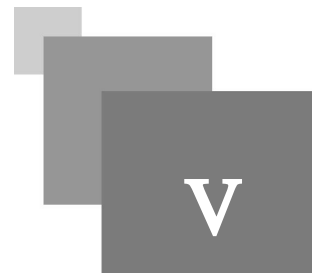


Exemple

Si $I < I_{ref}$ alors le porte échantillon se rapproche de la pointe

Si $I > I_{ref}$ alors le porte échantillon s'éloigne de la pointe

formation de l'image



1. imagerie

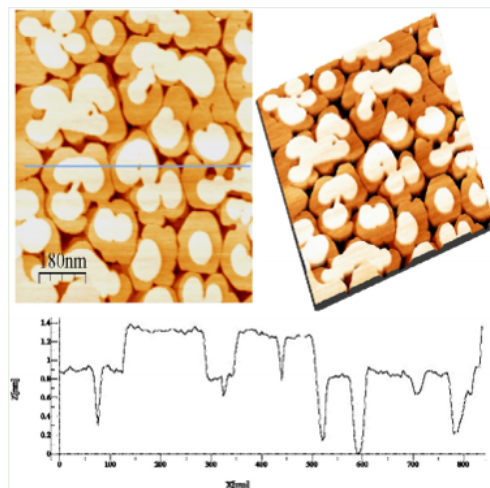
imagerie

Des images en résolution atomique

Observation topographique

Idéal pour étudier les modes de croissance

On accède facilement au profil



2. Manipulation d'atome

Nécessite de travailler à très basse température et sur métaux

Les atomes sont déplacés un par un

Modifications des propriétés électroniques de la surface, apparition d'ondes stationnaires, nano-rails confinement électronique



Limitation du microscope

VI

Pointe échantillon doivent être conducteurs

Nécessite une bonne planèté de la surface de l'échantillon surtout en mode boucle ouverte

Nécessite d'un fonctionnement sous vide pour une meilleurs analyse.