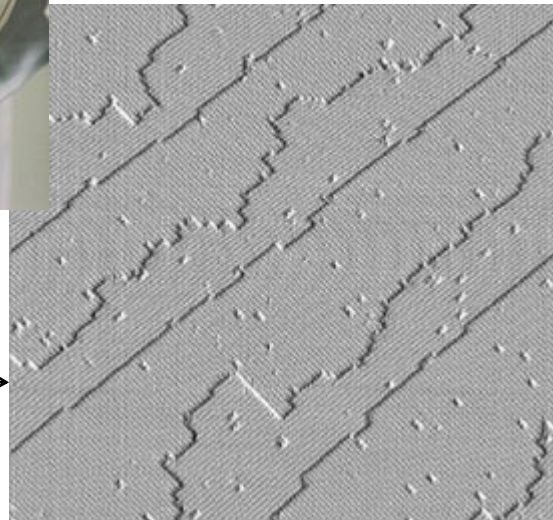
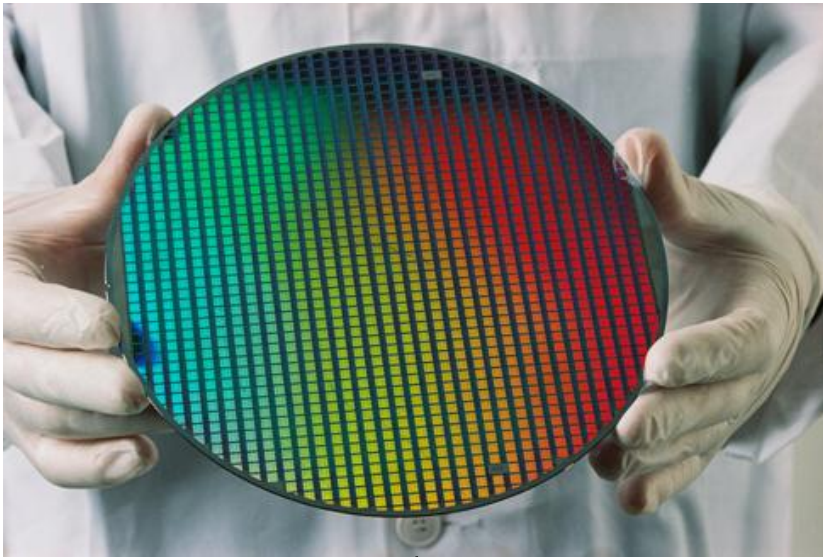


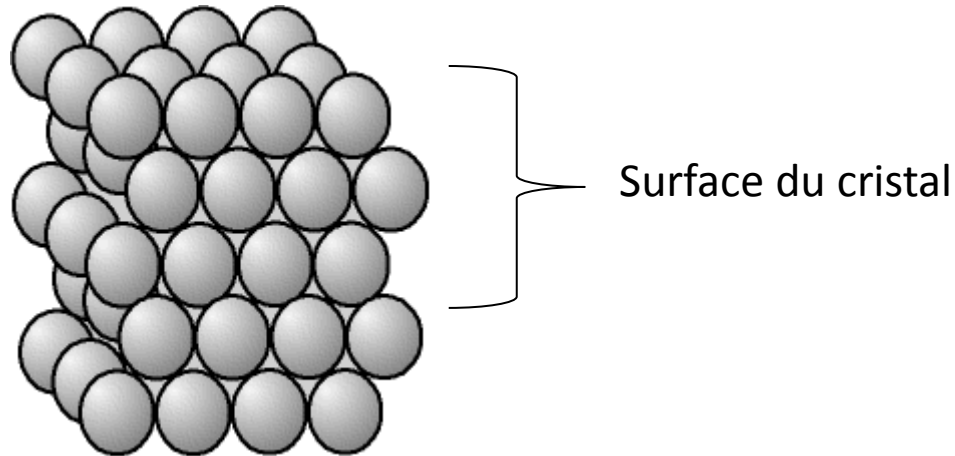
PHYSIQUE DE LA MATIÈRE CONDENSÉE  
31 mai 2011  
SURFACES CRISTALLINES



# QU'EST-CE QU'UNE SURFACE ?

Intuitivement : l'extérieur du solide

En pratique : on définit la surface comme les trois ou quatre premiers plans d'atomes



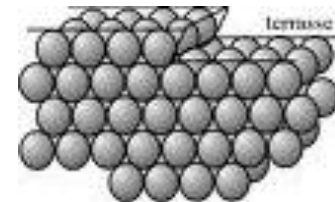
Pourquoi ? Au-delà de ces rangées les électrons ne sont plus visibles à l'extérieur

# OBJECTIF DE LA PRÉSENTATION

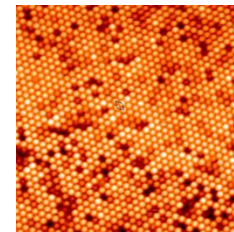
🌈 Saisir les enjeux liés à l'étude des surfaces cristallines



🌈 Trouver un moyen de description des surfaces



🌈 Comprendre les principales techniques d'observation des surfaces existantes

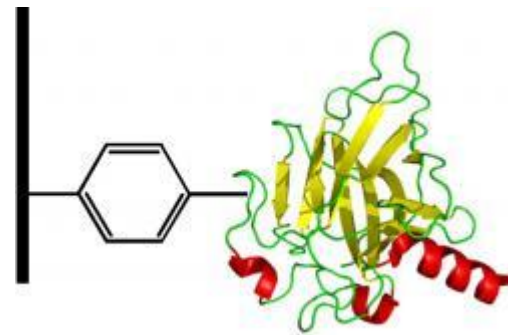
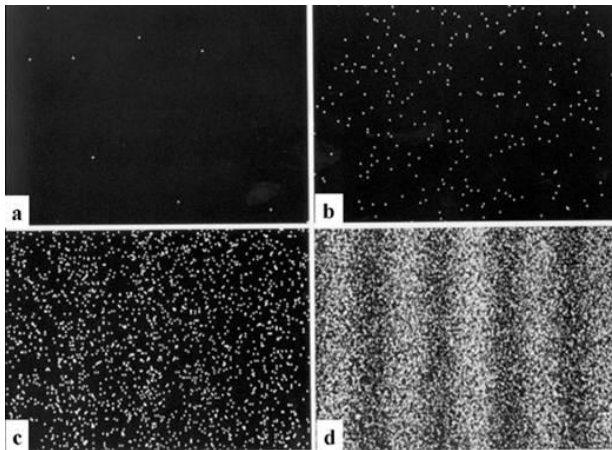
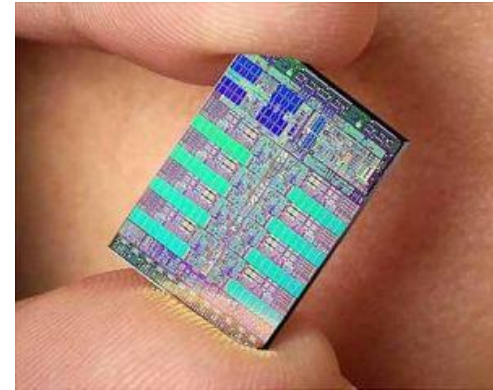


# LA PHYSIQUE DES SURFACES TROUVE DES APPLICATIONS DANS DE NOMBREUX DOMAINES



## *Applications*

- semi-conducteurs
- photographie
- biologie
- diffusion de surface
- cristallogenèse
- industrie pétrolière...



# UNE HISTOIRE BIEN REMPLIE

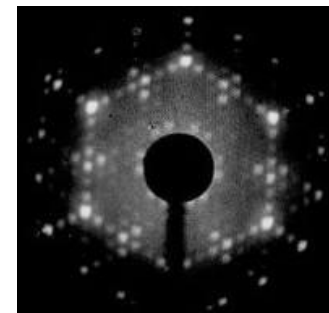


🌟 Dès l'antiquité les propriétés de surfaces sont étudiées : *l'étude se fait de façon empirique*

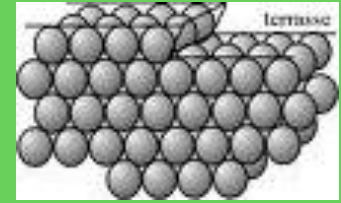
🌟 Développement au XIXème siècle : *Avec Young, Gauss et Laplace, les concepts de tension de surface et d'énergie de surface apparaissent*

🌟 De nombreuses recherches au XXème siècle : *not. problème de minimisation d'énergie de surface d'un solide pour trouver sa forme à l'équilibre.*

🌟 *les méthodes d'observations sont aujourd'hui de plus en plus nombreuses*



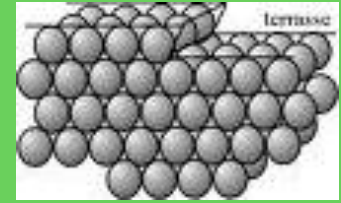
## QUELQUES QUESTIONS



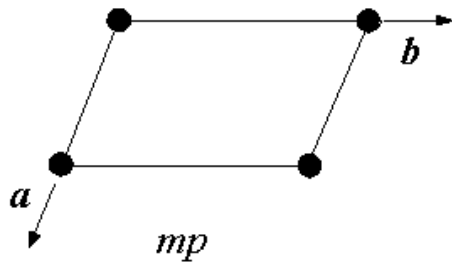
- ❖ Comment a-t-on tendance à représenter un cristal ? Par des billes ? Des équations ?
- ❖ Que se passe-t-il si l'on ne coupe pas droit un cristal ? Comment se passe le passage du continu au discret ?
- ❖ Que peut-il arriver à la surface d'un cristal ?



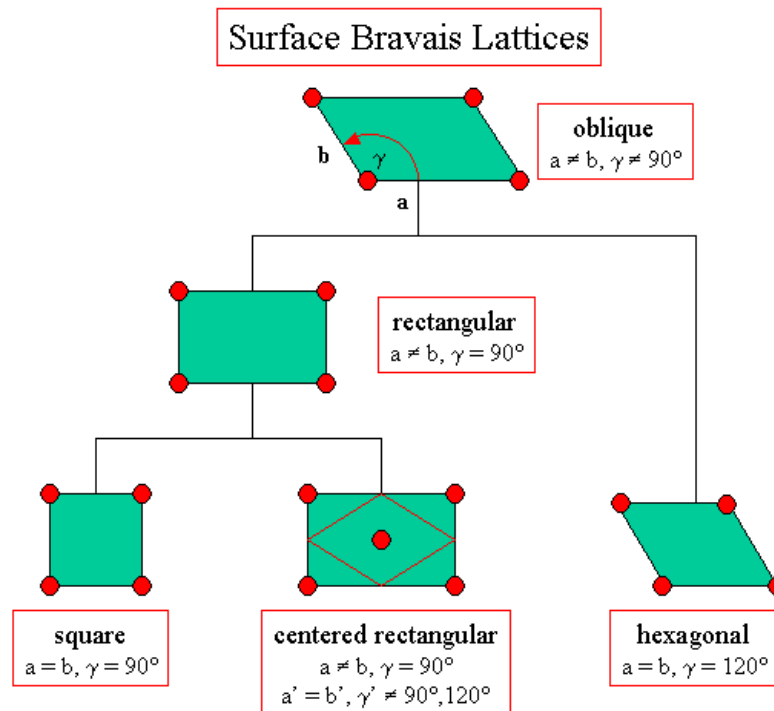
# DESCRIPTION EN 2D



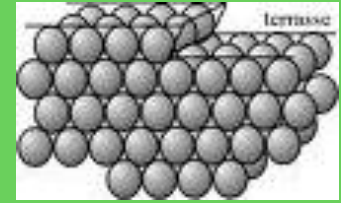
On décrit le cristal à l'aide de deux vecteurs



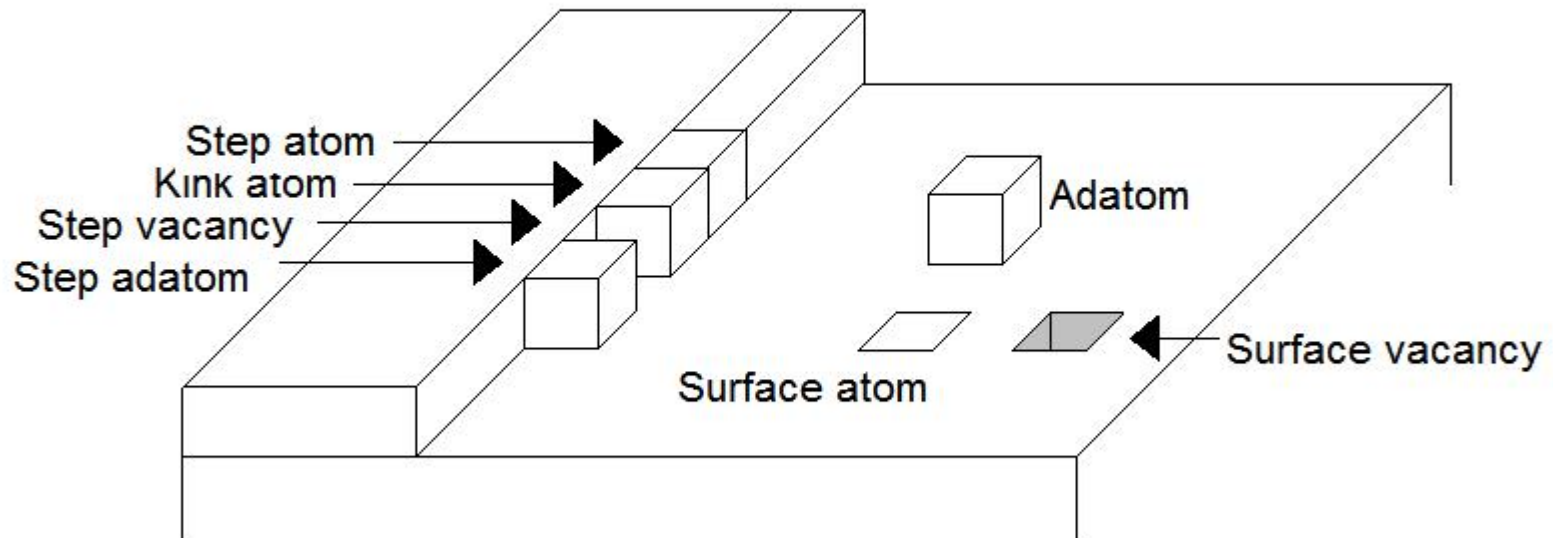
Les 5 réseaux de Bravais à 2D



# REPRÉSENTATION TERRACE-LEDGE-KINK (TLK)

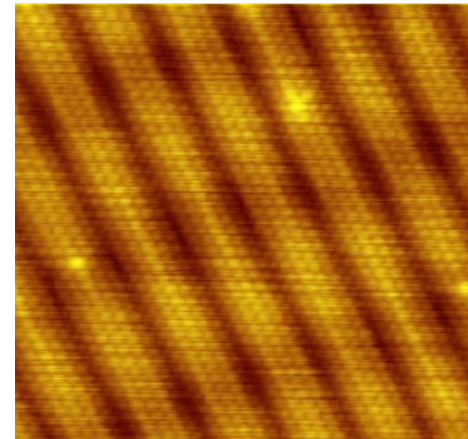
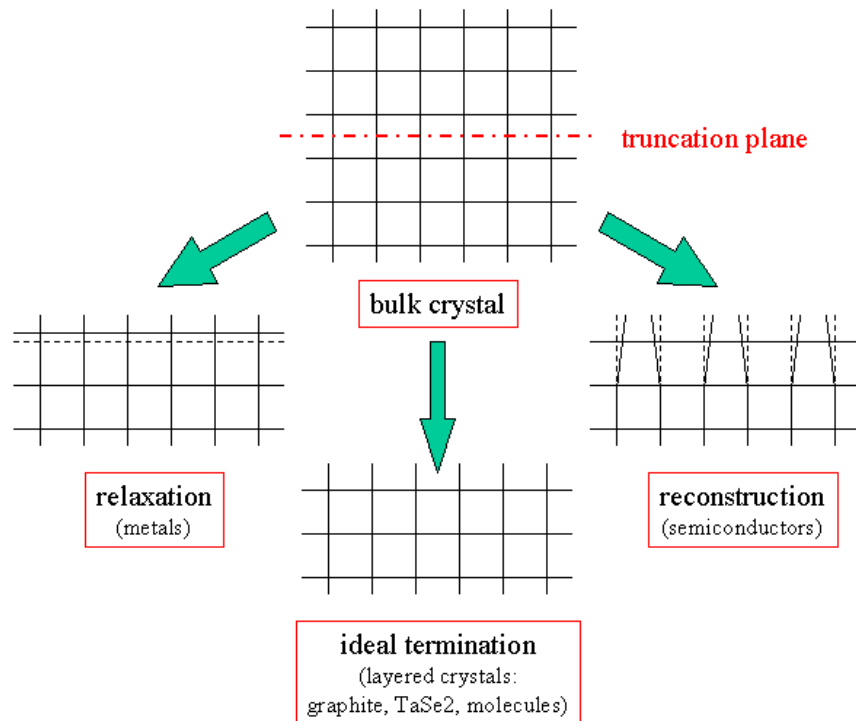
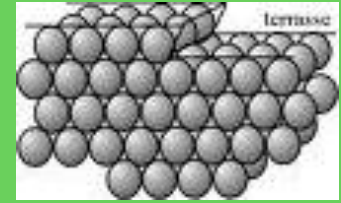


TLK décrit : les effets de facette, les atomes adsorbés, atomes manquants

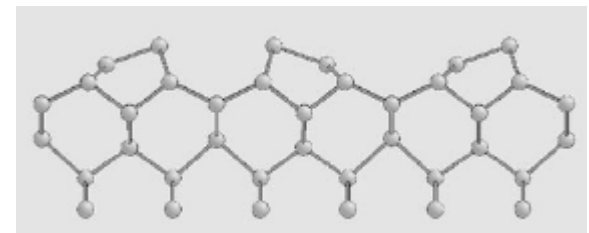




# RÉORGANISATION SURFACIQUE



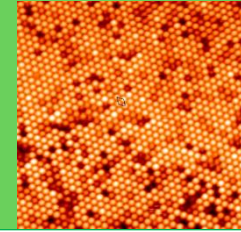
Reconstruction  $(28 \times 5)$  de la surface de l'or



Reconstruction  $(4 \times 2)$  du Ge (100)

<http://staff.chess.cornell.edu/~smilgies/xrd/IntroductionSurfaces.html>

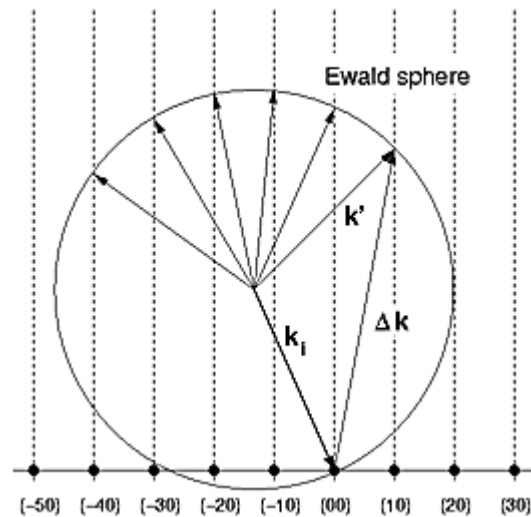
# DIFFRACTION ET SPHÈRE D'EWALD



Condition pour qu'il y ait interférence constructive :

$$\mathbf{k}^{\parallel} - \mathbf{k}_0^{\parallel} = \mathbf{G}_{hk} = h\mathbf{a}^* + k\mathbf{b}^*$$

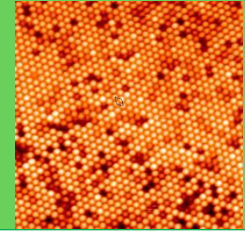
où  $\mathbf{a}^*$  et  $\mathbf{b}^*$  sont les vecteurs de la base du réseau réciproque.



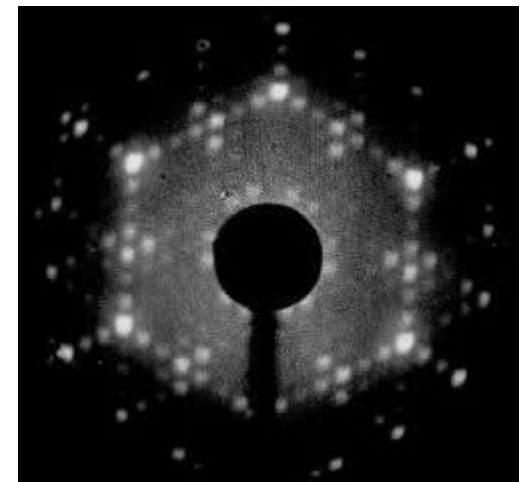
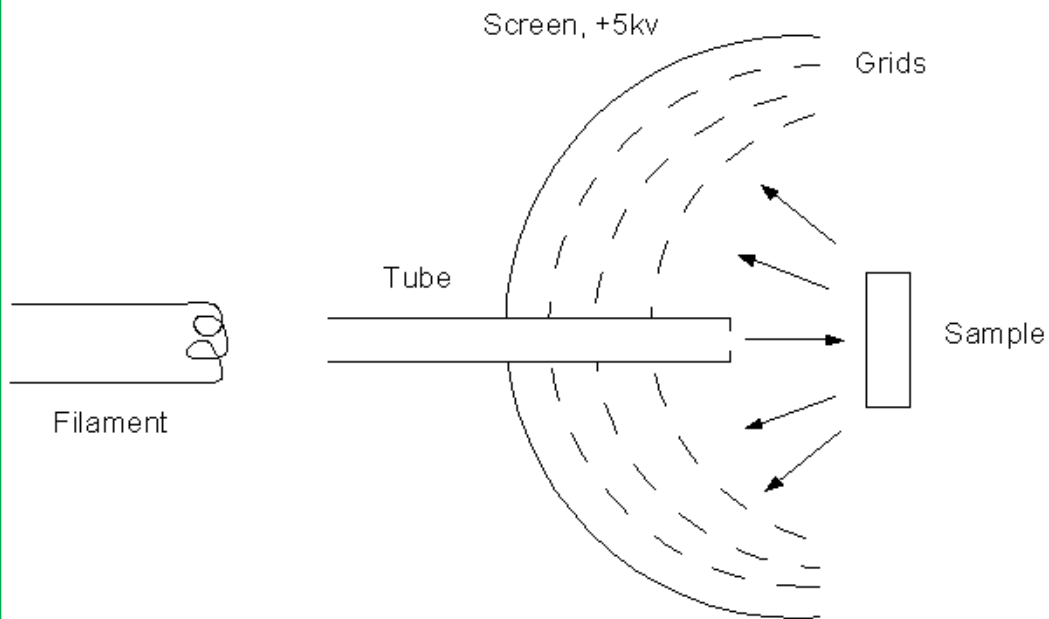
Sphère d'Ewald



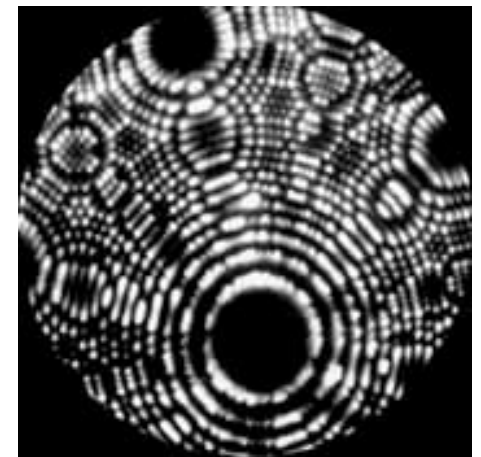
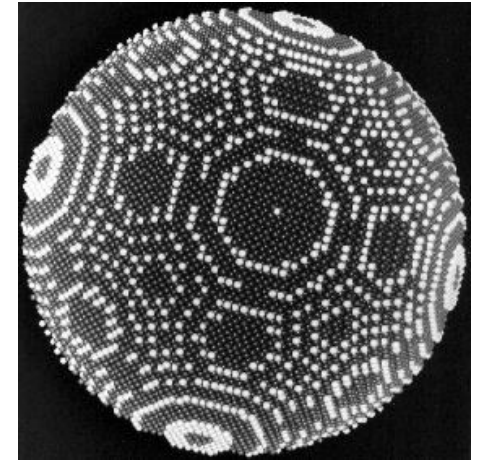
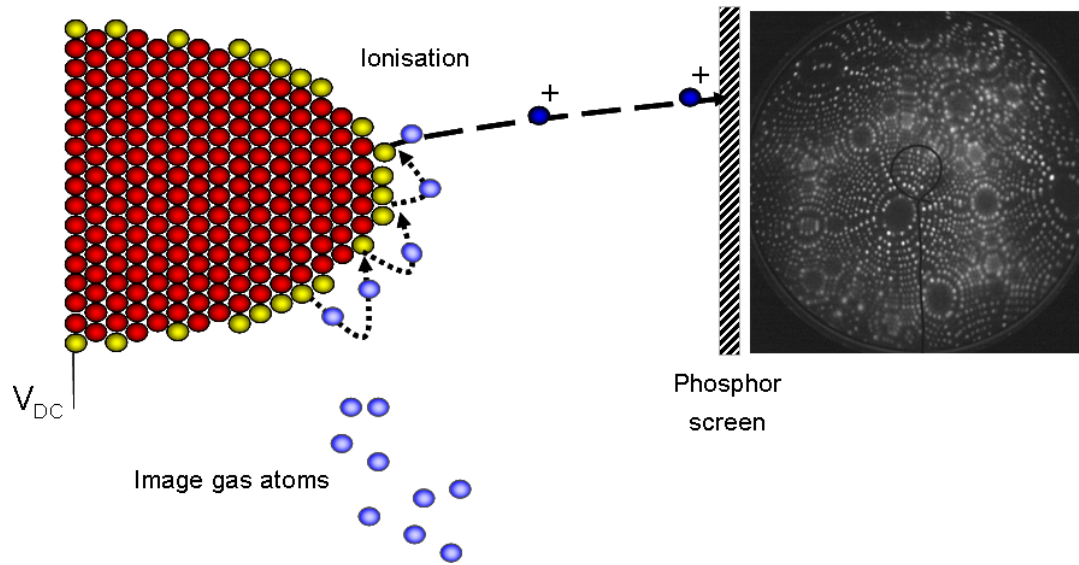
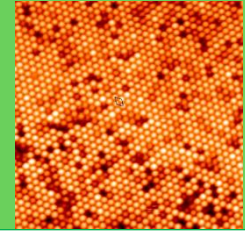
# LOW ENERGY ELECTRON DIFFRACTION (LEED) - 2



Fonctionnement d'une observation à l'aide de la diffraction d'électrons peu énergétiques



# FIELD-ION MICROSCOPY (FIM)



Résolution atomique

# SCANNING TUNNELING MICROSCOPY (STM)

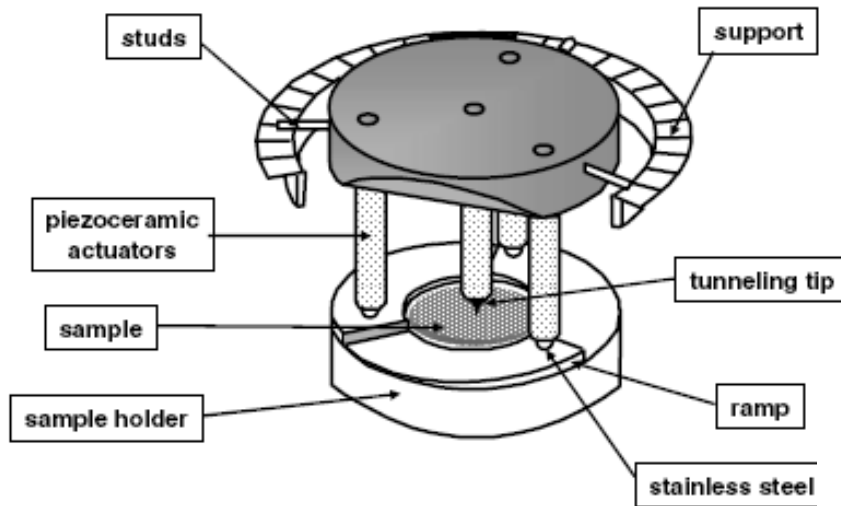
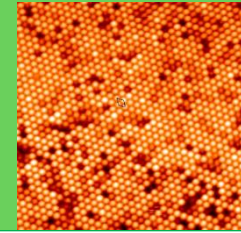


Fig. 1.49. The STM of Frohn, Wolf, Besocke and Teske [1.68].

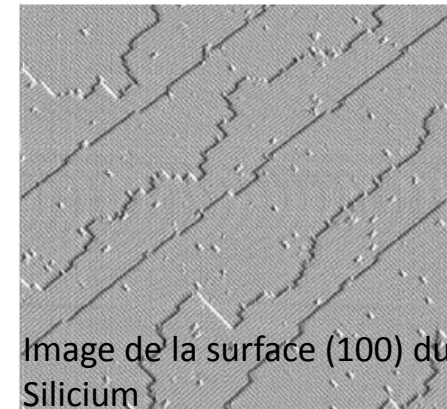
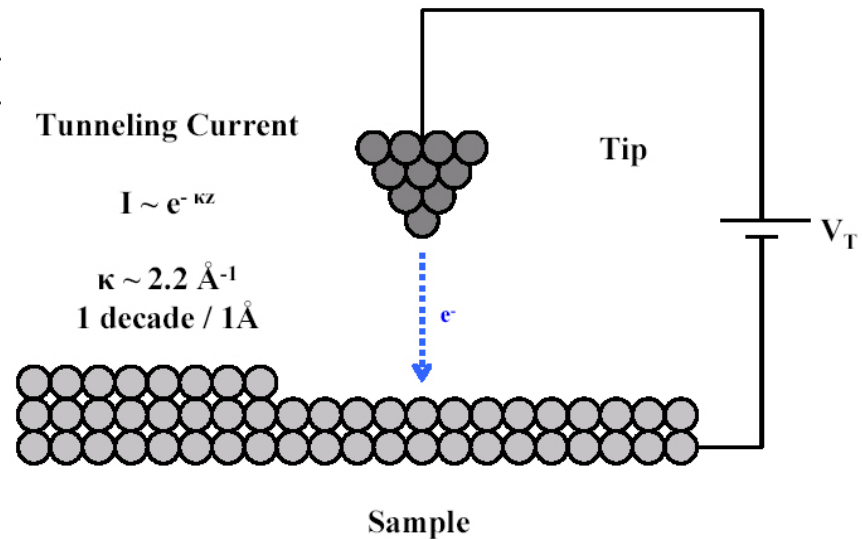


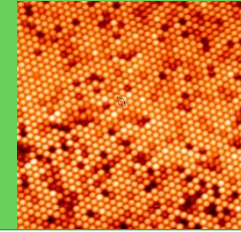
Image de la surface (100) du Silicium

*Résolution :*  
Latérale : 0,1 nm  
Vertical : 0,01 nm

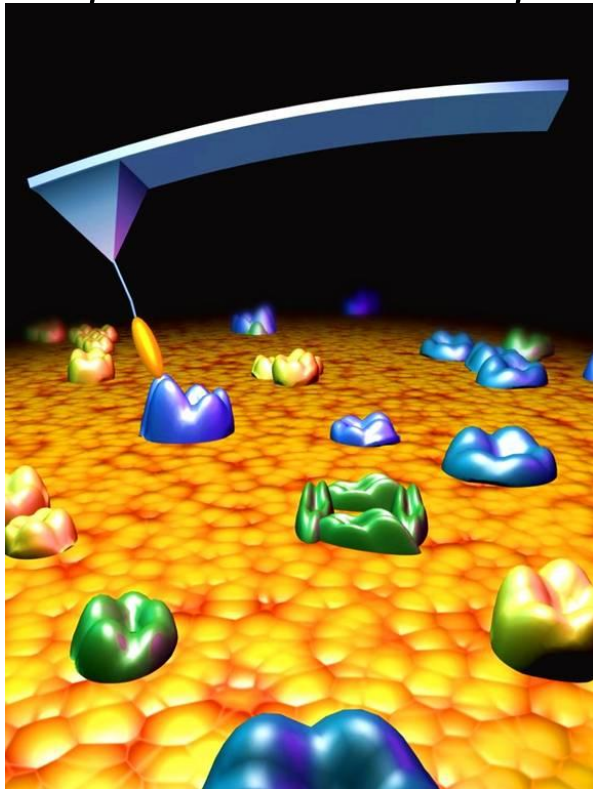




# ATOMIC FORCE MICROSCOPY (AFM)



Utiliser les forces atomiques : *l'attraction de Van der Waals* et/ou la *répulsion électrostatique*



1° *Vibration du levier à sa fréquence de résonance (100 kHz) à une amplitude fixée*

2° *Lors d'un contact, variation de l'amplitude*

3° *Mesure de la flexion du levier à l'aide d'un réflecteur laser*

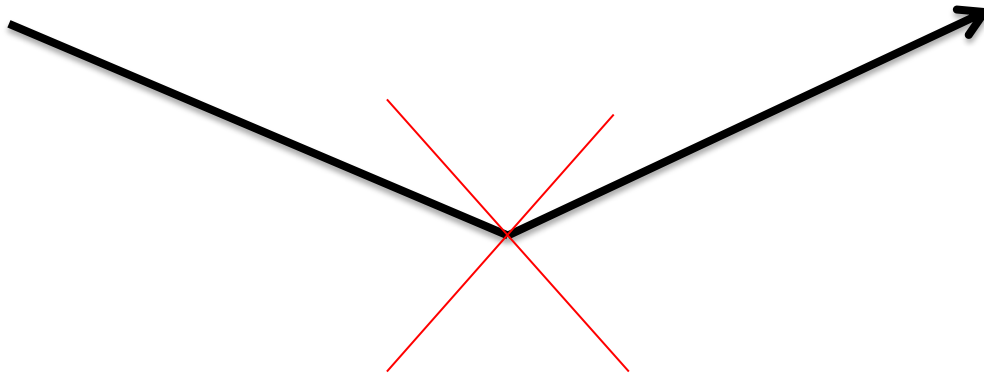
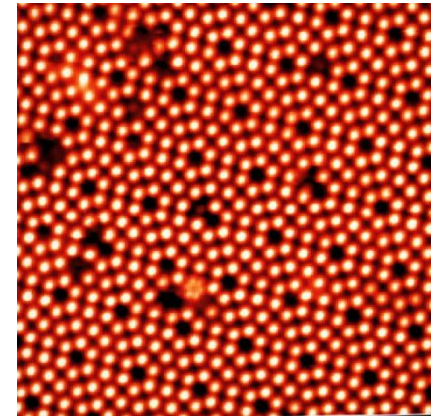
*Résolution:*

Latérale : 10 nm

Verticale : 0,1 nm



# CONCLUSION



MERCI DE VOTRE ATTENTION