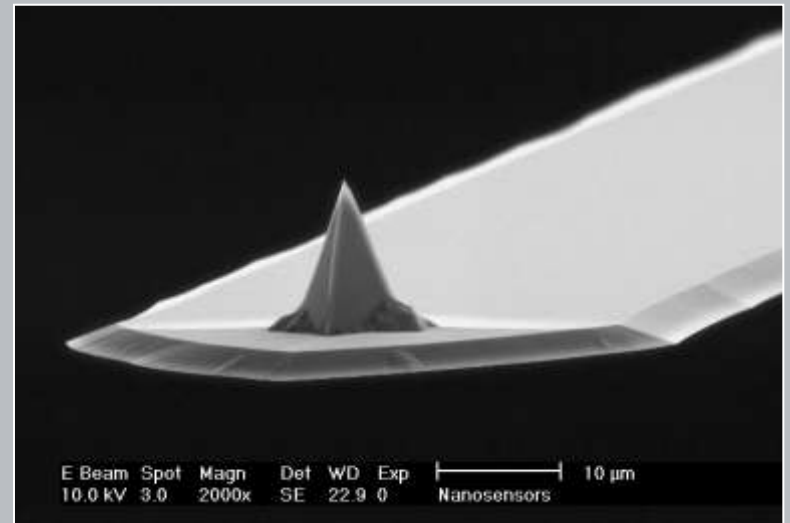


Technologie de pointes

Dr. Laure Aeschimann
NanoWorld AG, Neuchâtel



NANO
WORLD
INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Technologie de pointes – NanoWorld AG



● Headquarters

- NanoWorld AG, Rue Jaquet Droz 1
2000 Neuchâtel

● Données de la société

- Fondée en juin 2000
- Acquisition de NANOSENSORS GmbH & Co. KG en 2002
- Rachat par NanoWorld Holding AG en déc. 2003

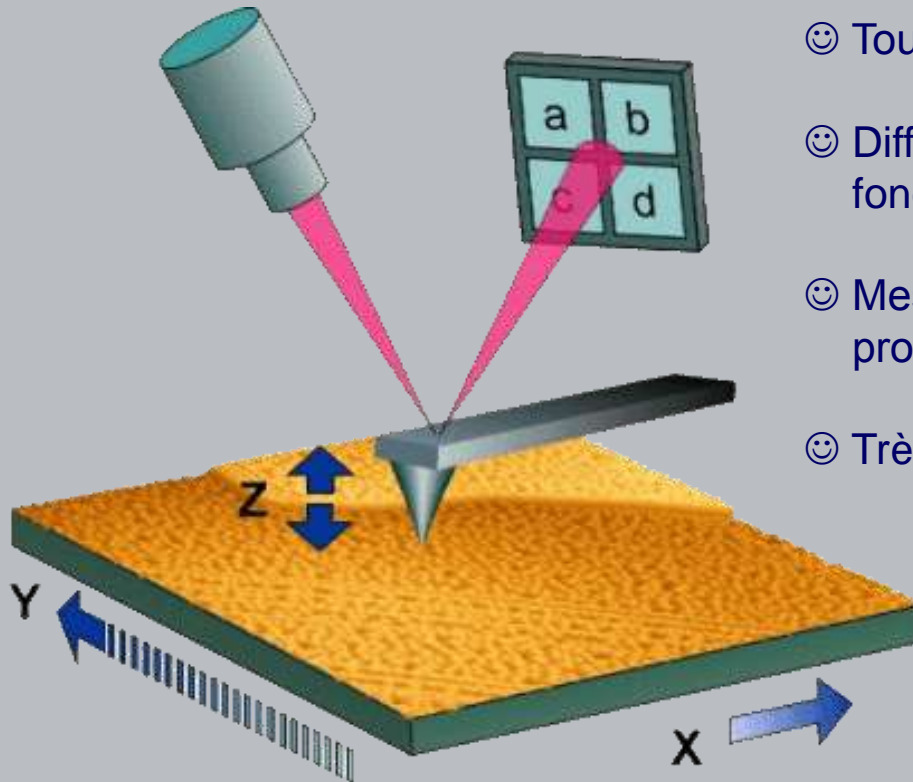


● Business

- Développement, production, marketing de pointes AFM sous deux différentes marques
- Contrats OEM avec tous les principaux fabricants d'AFM
- Réseau de distribution mondial
- Proche collaboration avec l'EPFL (IMT) et le CSEM en Suisse



Microscopie à force atomique – Comment ça fonctionne?

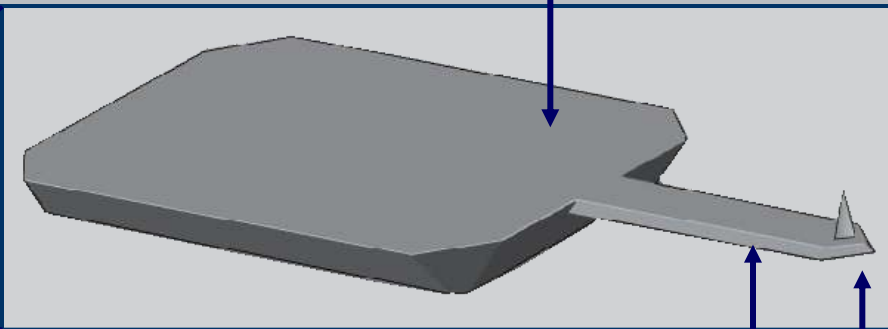
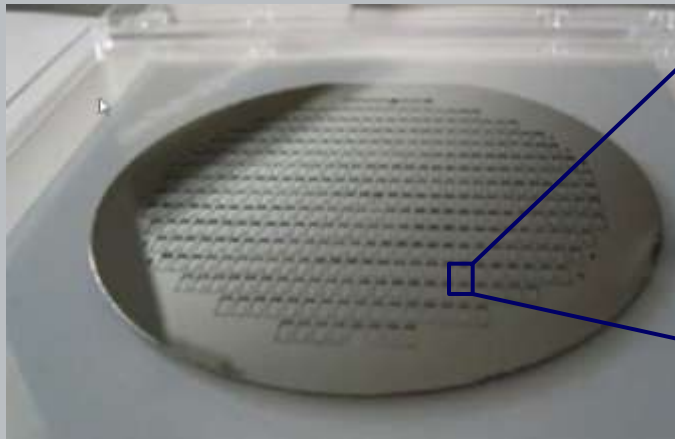


- ☺ Tous types d'échantillon
- ☺ Différents modes de fonctionnement (contact, non-contact)
- ☺ Mesures d'une grande variété de propriétés physiques de l'échantillon
- ☺ Très haute résolution (atomique)

Technologie de pointes – Les pointes

“Holder” chip

Dimensions macroscopiques : 1.6 x 3.4 mm²



Levier (“poutre”)

**Constante de force: 0.1 à 50 N/m
Fréquence de résonance: 1 kHz à 1 MHz**

Dimensions typiques:

Longueur : 100 à 500 μm

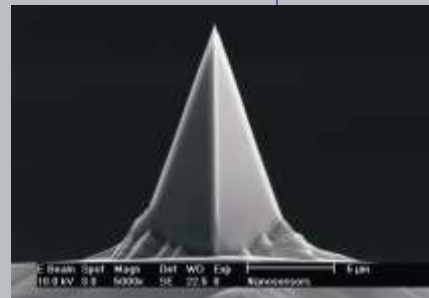
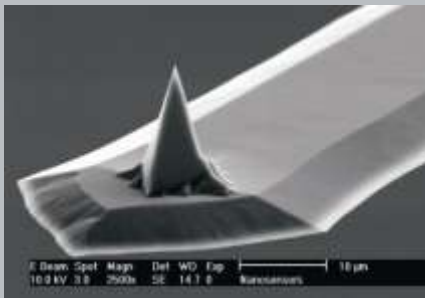
Largeur : 30 à 50 μm

Epaisseur : 1 à 8 μm

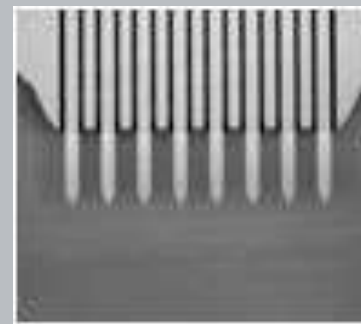
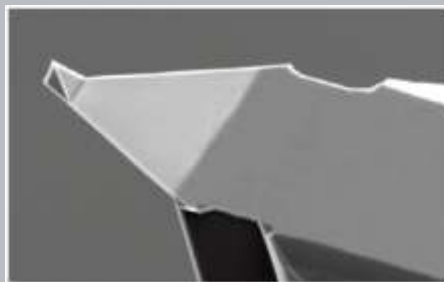
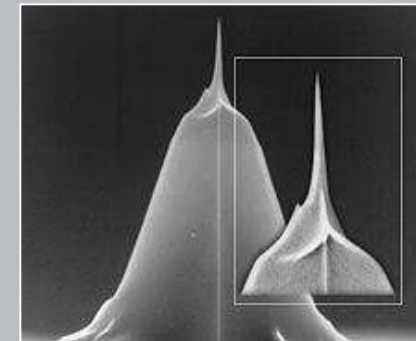
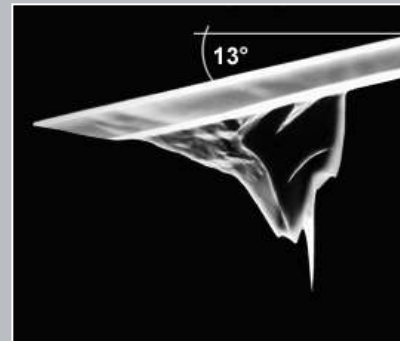
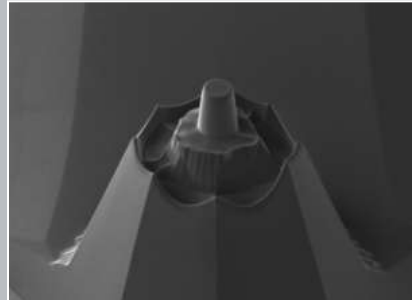
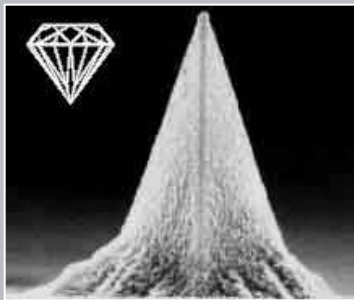
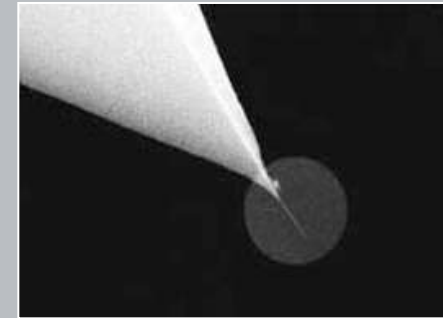
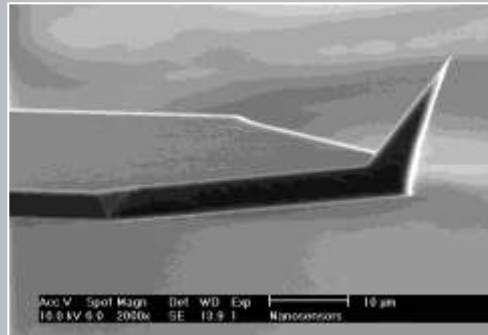
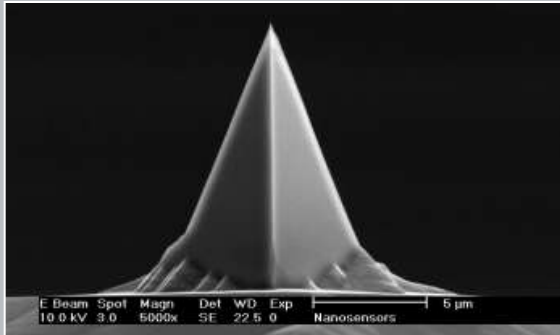
Pointe

Petit rayon de courbure < 10 nm

Hauteur de la pointe > 10 μm



Technologie de pointes – Exemples de pointes



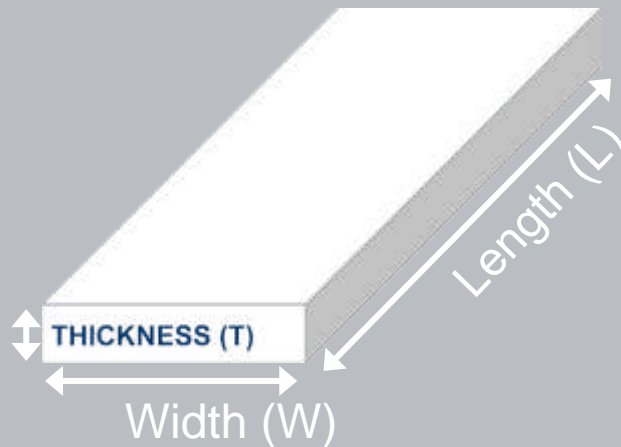
Applications de la microscopie à force atomique

- Mesures topographiques (imagerie)
- Mesures de dimensions critiques (industrie)
- Mesures électrostatiques / résistances / conductivité
- Mesures magnétiques
- Mesures de forces
- Mesures électrochimiques
- Mesures biologiques (cellules, AND, protéines, etc)
- Mesures “dynamiques” (à grande vitesse de balayage)
- Manipulation atomique
- Lithographie (“écriture”)
- ...

Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Pour des mesures sur des échantillons biologiques (mous) il faut

- des leviers très souples
- connaître la constante de ressort du levier précisément
- que la constante de ressort ne varie que faiblement d'un levier à l'autre (reproductibilité des mesures)
- que le levier soit "stable" (pas de dérive pendant les mesures)



$$C \propto \frac{W \cdot T^3}{L^3}$$

Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Pour des mesures sur des échantillons biologiques (mous) il faut

- des leviers très souples
- connaître la constante de ressort du levier précisément
- que la constante de ressort ne varie que faiblement d'un levier à l'autre (reproductibilité des mesures)
- que le levier soit "stable" (pas de dérive pendant les mesures)

VARIATIONS DIMENSIONS LATÉRALES (W, L) :

30 - 500 μm **+/-5 μm**

(valeurs typiques pour leviers standards et nouveaux leviers)

VARIATIONS DIMENSIONS VERTICALES (T) :

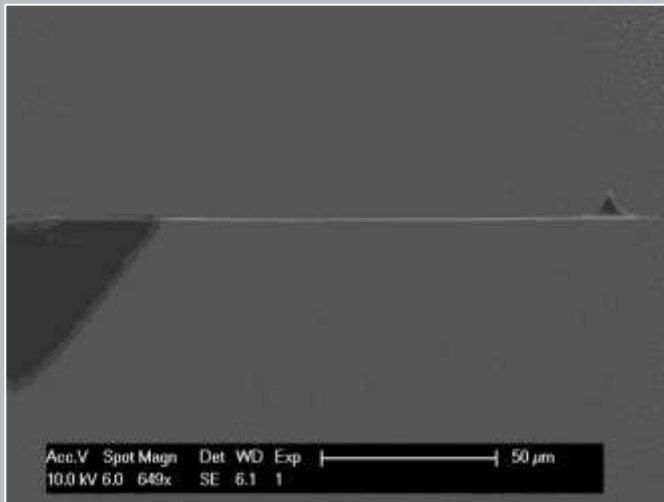
1 - 7 μm **+/-0.5 μm** (valeurs typiques pour leviers standards en Si)

0.3 - 1 μm **+/-30nm** (valeurs typiques pour nouveaux leviers)

Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Pour des mesures sur des échantillons biologiques (mous) il faut

- des leviers très souples
- connaître la constante de ressort du levier précisément
- que la constante de ressort ne varie que faiblement d'un levier à l'autre (reproductibilité des mesures)
- que le levier soit "stable" (pas de dérive pendant les mesures)



**Levier extrêmement fin et souple
(épaisseur 230nm)**

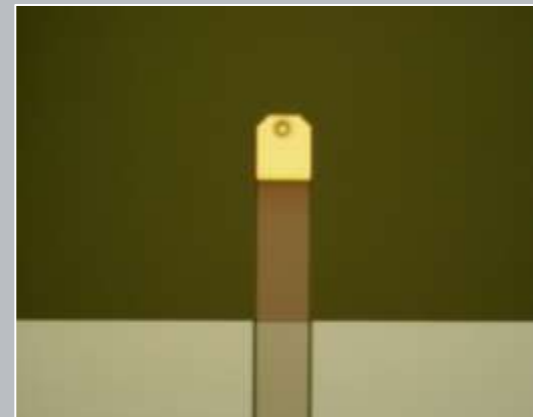
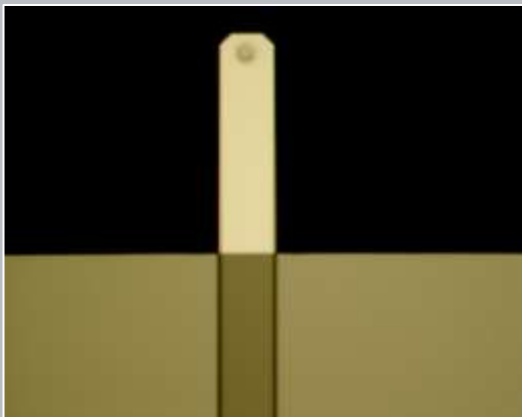
Constante de ressort: 0.002N/m

Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Afin d'améliorer les performances de la sonde, la couche réfléchive (Au) est déposée uniquement sur l'extrémité du levier.

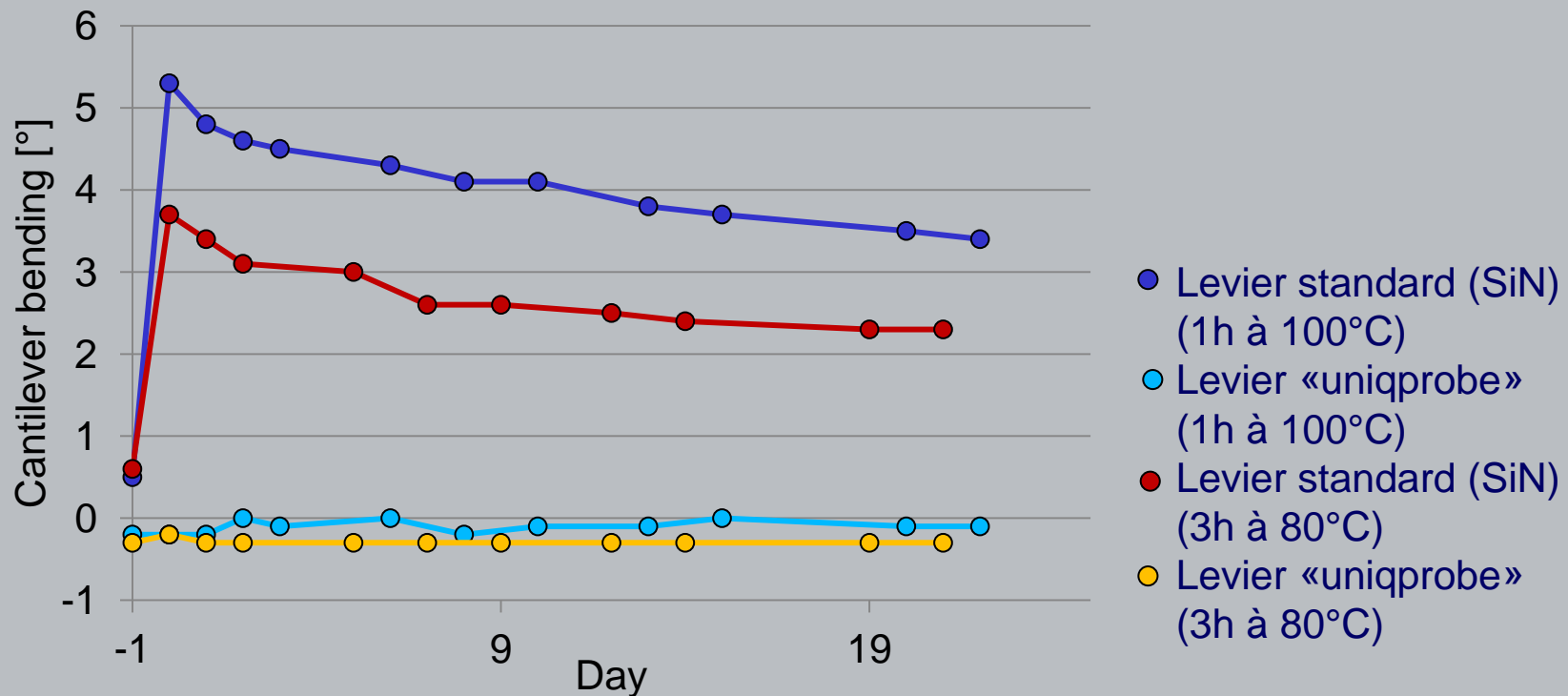
Avantages:

- Préserver une bonne réflectivité
- Réduire les effets thermique (courbure du lever, instabilités, bruit, etc)
- Préserver un haut facteur de qualité



Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Afin d'améliorer les performances de la sonde, la couche réfléchive (Au) est déposée uniquement sur l'extrémité du levier.



Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Mesures en mode statique (levier de constante de ressort 0.1N/m) sur échantillon d'ADN (origami).

Mesures par Prof. S. Lindsay, Biodesign Institute, Arizona State University, USA.

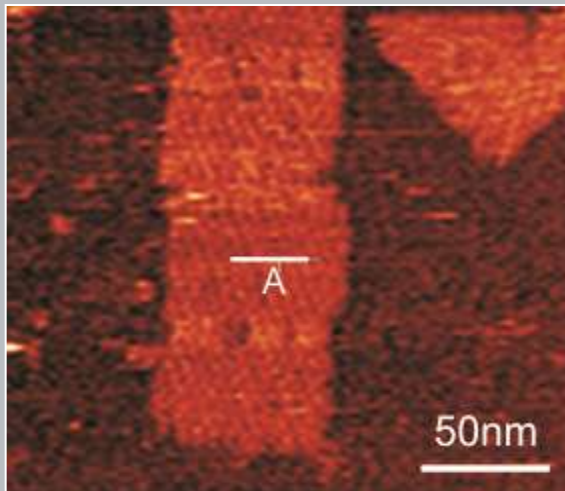


Image de topographie

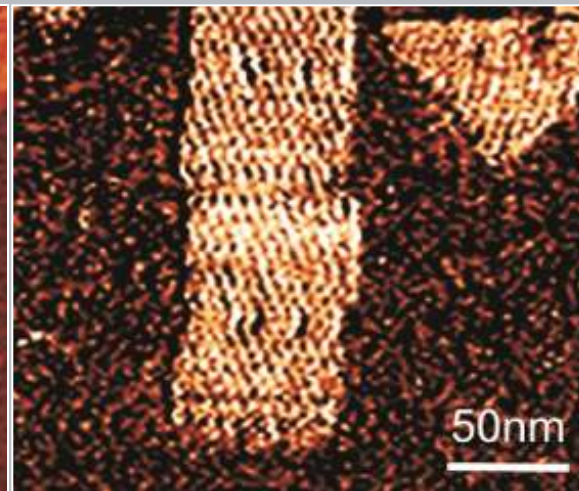
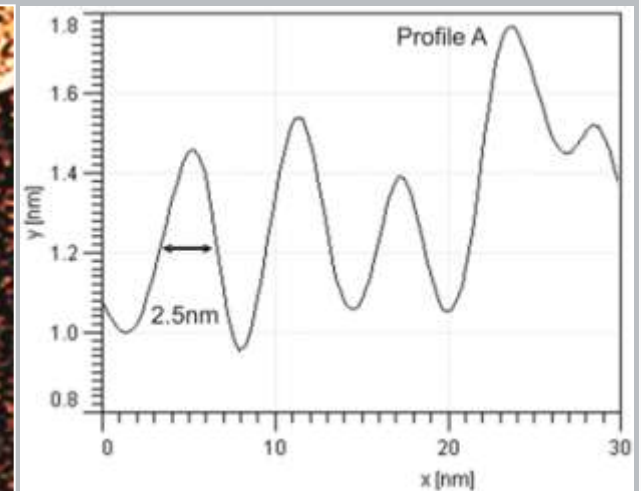


Image de phase

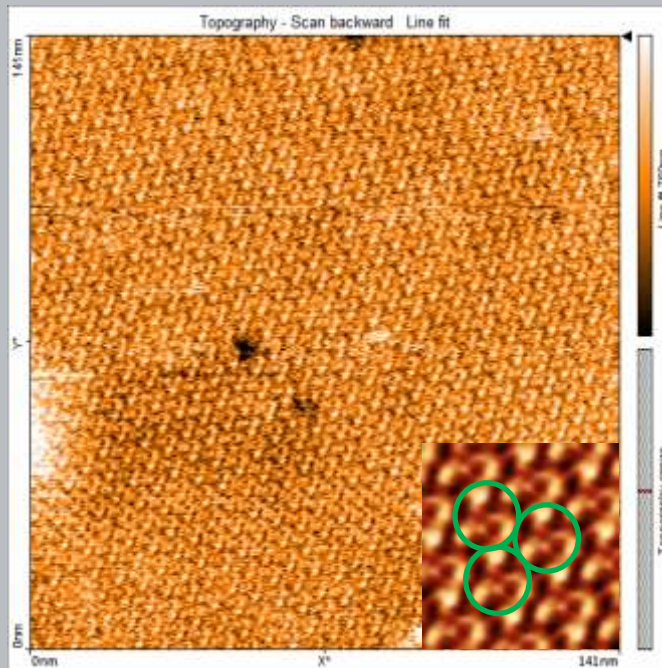


S. Lindsay *et al.*, "Self-Assembled Water-Soluble Nucleic Acid Probe Tiles for Label Free RNA Hybridization Assays", *Science*, 319 (2008) 180.

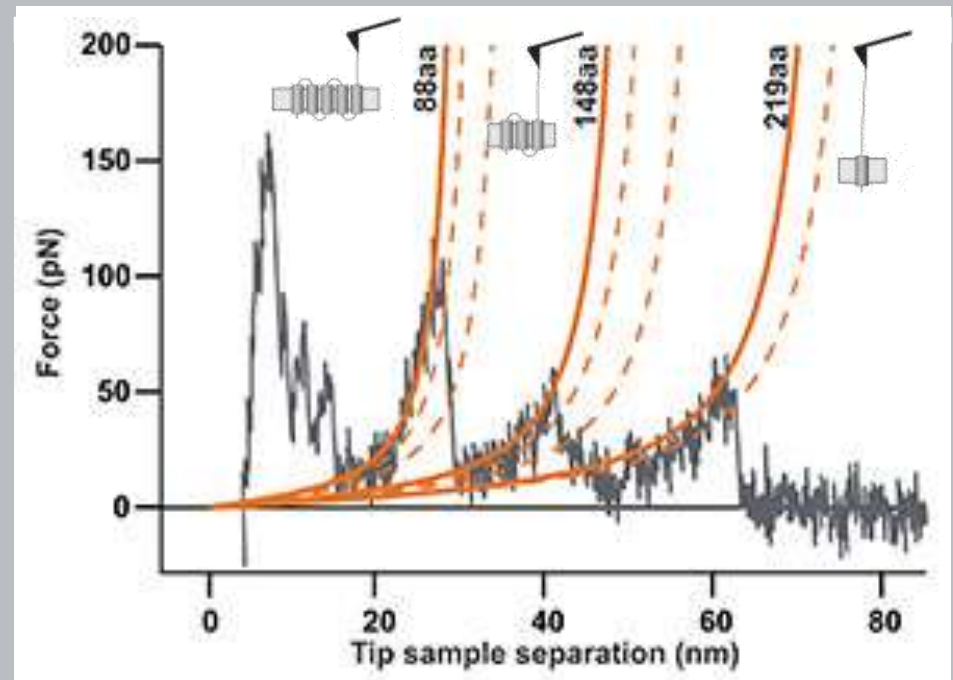
Pointe dédiée aux applications en biologie et sciences de la vie

Mesures en mode statique (levier de constante de ressort 0.1N/m) sur un échantillon de bacteriorhodopsin (purple membrane).

Measurements par Dr. P. Frederix, Nanosurf, Liestal, Suisse.



Topographie (taille de l'image: 140nm)



Spectroscopie de force de protéines individuelles

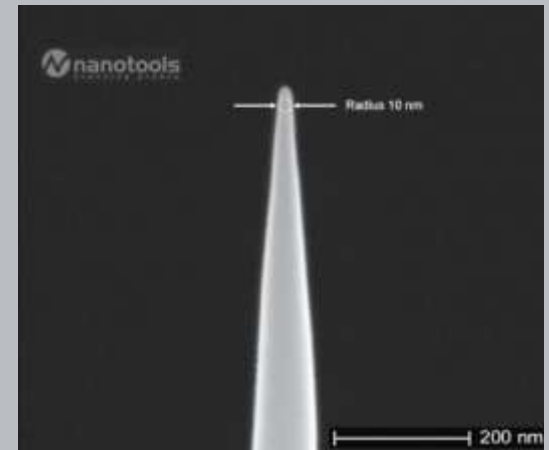
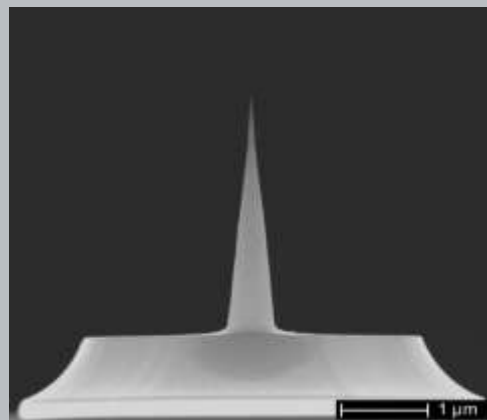
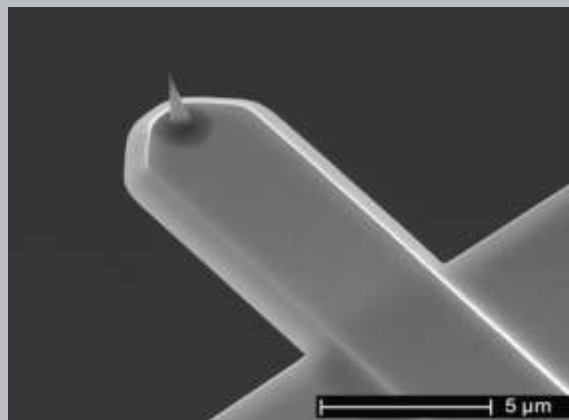
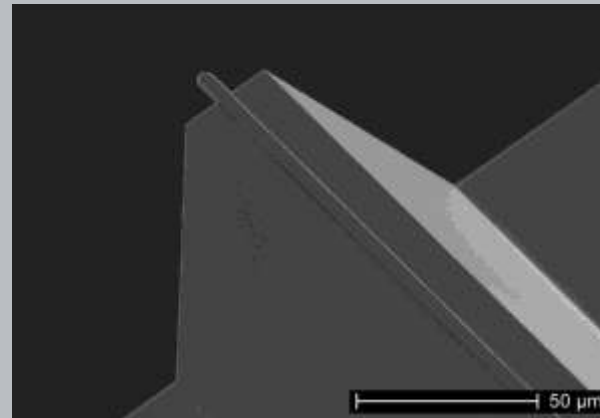
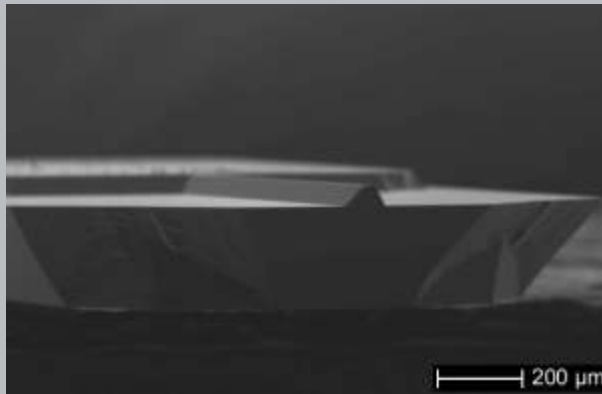
Pointe dédiée aux applications “haute vitesse de balayage”

L'imagerie par microscopie à force atomique est une technique de mesure puissante, mais lente (typiquement 1 seconde par ligne). Il n'est donc pas aisé d'observer des structures en mouvement par AFM.

En utilisant des leviers plus petits (à plus haute fréquence de résonance), il est possible d'augmenter la vitesse de balayage de manière significative.

Technologie de pointes – USC (Ultra Short Cantilevers)

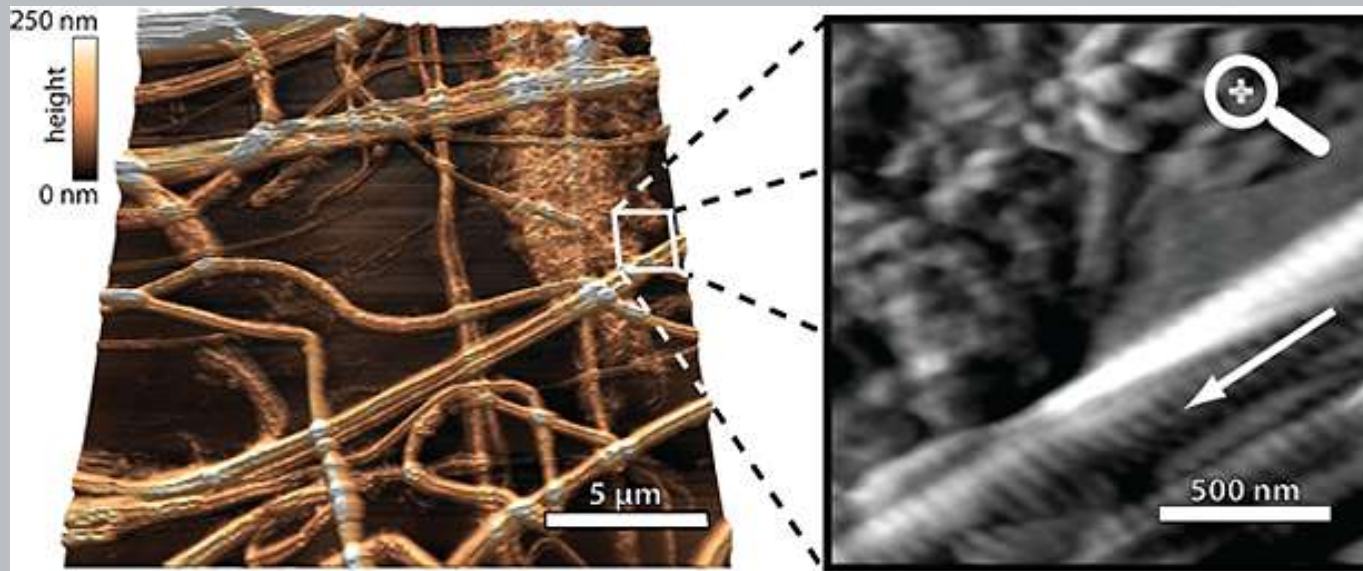
Pointe dédiée aux applications “haute vitesse de balayage”



Pointe dédiée aux applications “haute vitesse de balayage”

Image “à haute vitesse de balayage” de fibres de collagène (mesures effectuées 8.8mm/s avec un levier ayant une fréquence de résonance de 2.2MHz).

Images par C. Braunsmann et T.E. Schäffer, Université de Erlangen, DE



Pointe dédiée aux applications “haute vitesse de balayage”

Mouvements du cytosquelette d’une cellule vivante COS7.

Images prises à une vitesse de 0.14mm/s avec un levier ayant une fréquence de résonance de 800kHz).

Images par Y. Yagi, N. Sakai, Y. Uekusa, S. Ito, Olympus Corp., Tokyo, Japon



Pointe dédiée aux applications “haute vitesse de balayage”

Image “à haute vitesse de balayage” de trimères OmpF (mesures effectuées 0.19 mm/s avec un levier ayant une fréquence de résonance de 1.5MHz).

Images par I. Casuso, S. Scheuring, Aix-Marseille Université, France



Merci de votre attention!