European Union

European Regional Development Fund

MMAMA

Horizon 2020.
Grant agreement No 761036.

Contrôle synchronisé d'instruments (microscopie AFM et micro-ondes)

Présentateur: Petr POLOVODOV

P. Polovodov, B. Swertz, C. Boyaval, S. Barois, G. Dambrine, K. Haddadi, D. Théron

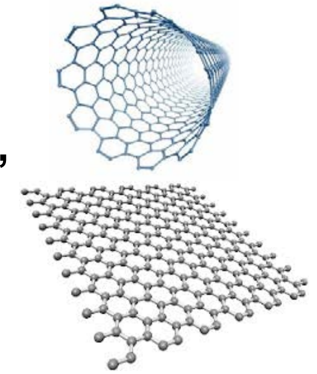
Université de Lille, CNRS / IEMN

iemn

Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie

UMR CNRS 8520

RF measurements at the nanoscale : why?



- **Electrical properties investigation at the microwave of:**
  - **Carbon NanoTubes, Graphene, Self-Assembled Monolayers,**
  - **Liquids, Biological samples**
  - **Etc…**

- **3 main difficulties:**
  - **Nanoobjects present very high impedances at microwave frequency and conventional vector network analysers are optimized for 50 Ω.**
  - **Contacting nanodevices and supplying microwave signal to nanodevices and nanoobjects is a problem => AFM is a possible approach.**
  - **Quantitative measurements require calibration samples. CO, CC, 50 Ω are far from high impedances. There is no dedicated calibration for high impedances**

iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

Generic principle for a solution

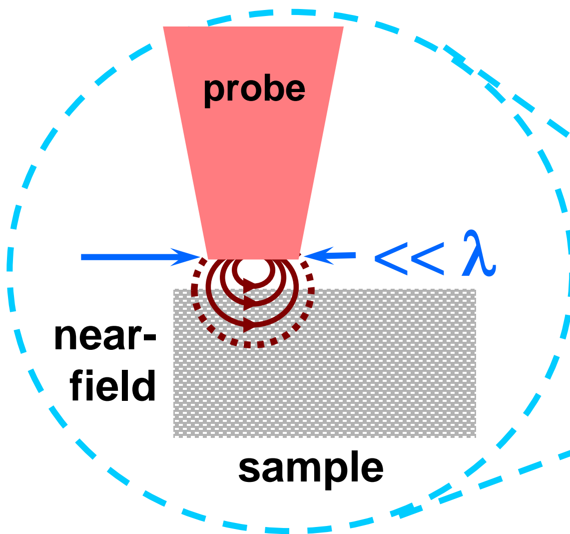
- Measurement system

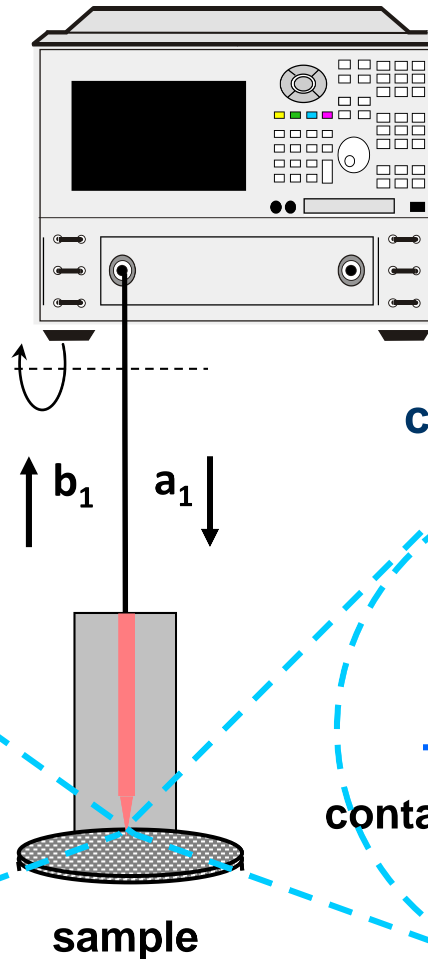
$$S = \Gamma = \frac{Z - Z_C}{Z + Z_C}$$

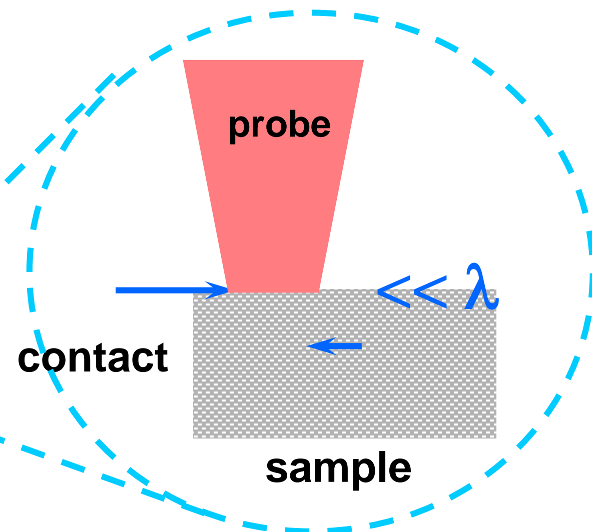
$Z_C = 50\Omega$

High impedance near-field probes (Z>kΩ)

High impedance contact probes (Z>kΩ)







iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie

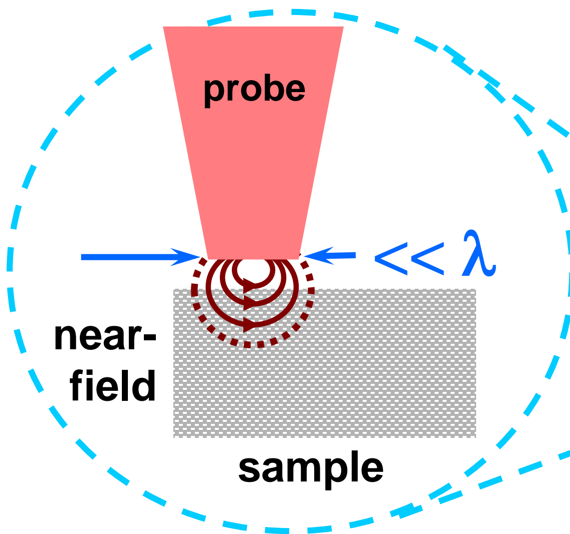
Generic principle for a solution

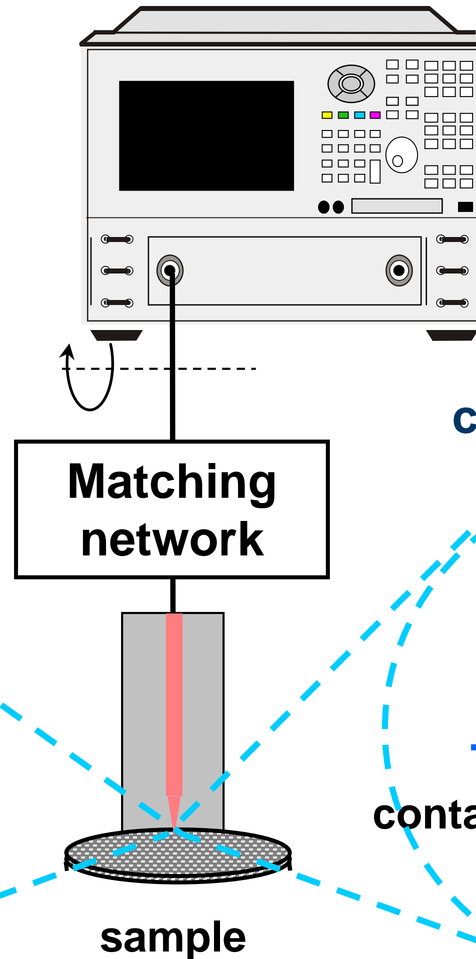
- Measurement system

$$S = \Gamma = \frac{Z - Z_C}{Z + Z_C}$$

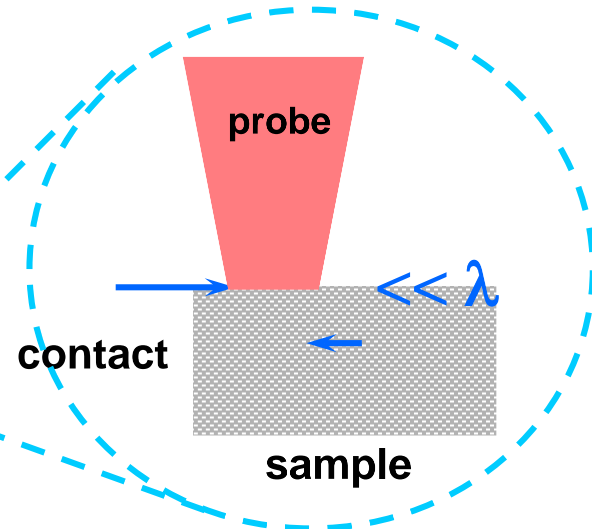
$Z_C = 50\Omega$

High impedance near-field probes ($Z > k\Omega$)





High impedance contact probes ($Z > k\Omega$)

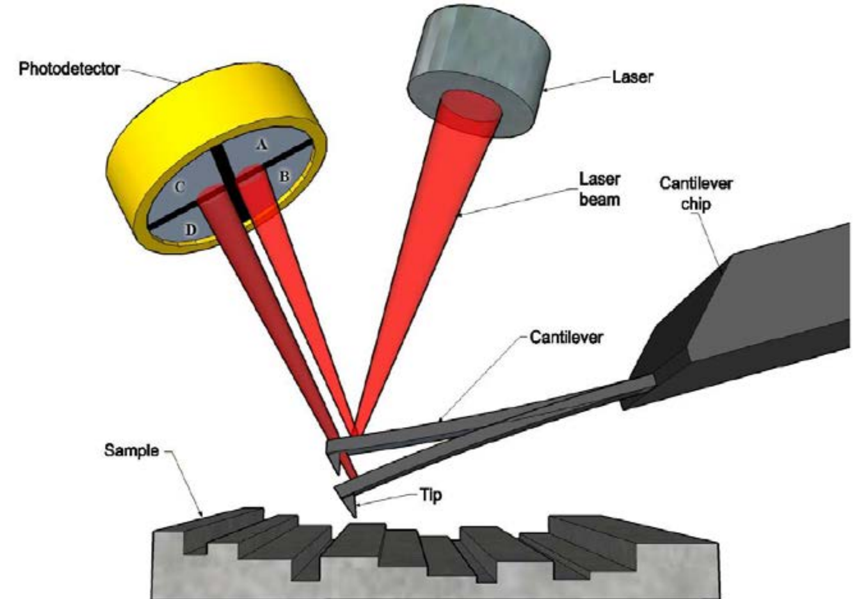


Due to the impedance difference (High Z / 50Ω), a matching is required

iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

Principe d'AFM

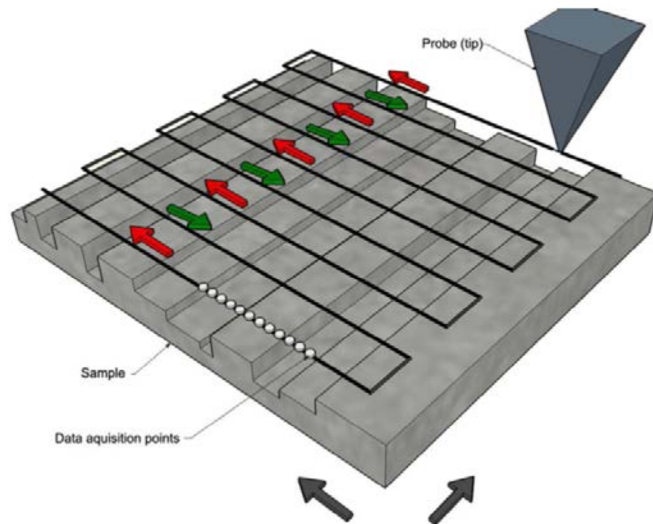
Feedback sur la déflexion



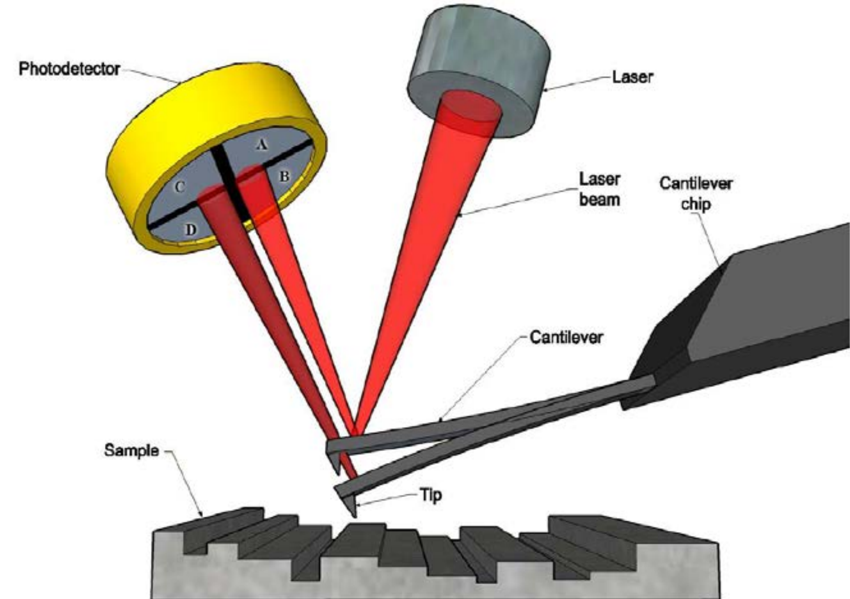
Réglage de la force appuis en utilisant le signal de la déflexion de la photodiode

Hrouzek, M. (2007). *Modélisation, estimation et contrôle de Microscope á Force Atomique.* Grenoble: Université Joseph-Fourier.

Principe de balayage d'AFM



Feedback sur la déflexion



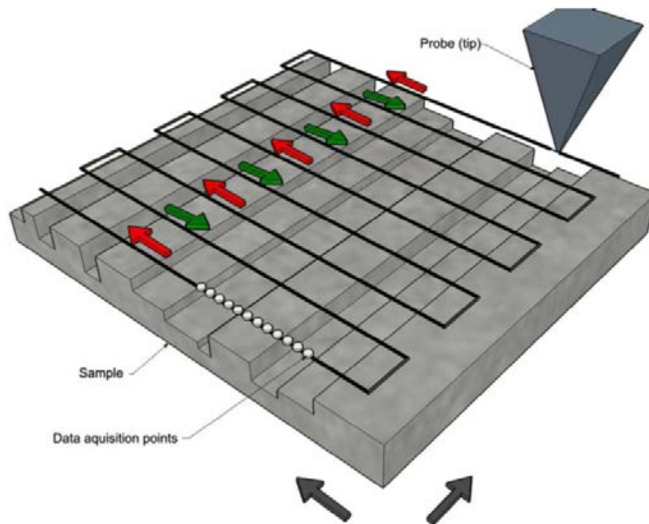
Acquisition de données de mesures pixel par pixel lors de balayage (topographie, tensions sur la photodiode 4 quadrants ….)

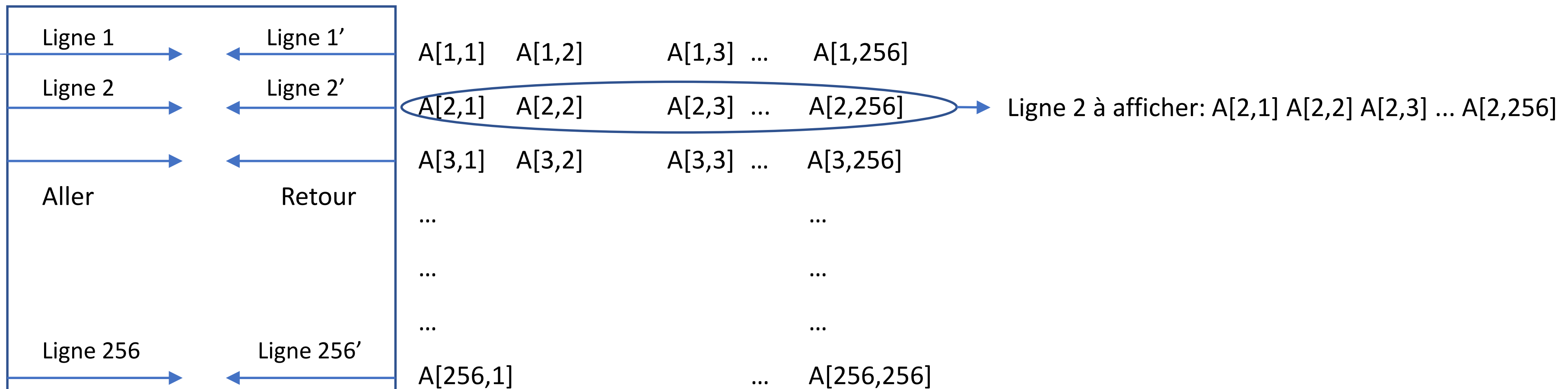
Réglage de la force appuis en utilisant le signal de la déflexion de la photodiode

Hrouzek, M. (2007). *Modélisation, estimation et contrôle de Microscope á Force Atomique.* Grenoble: Université Joseph-Fourier.

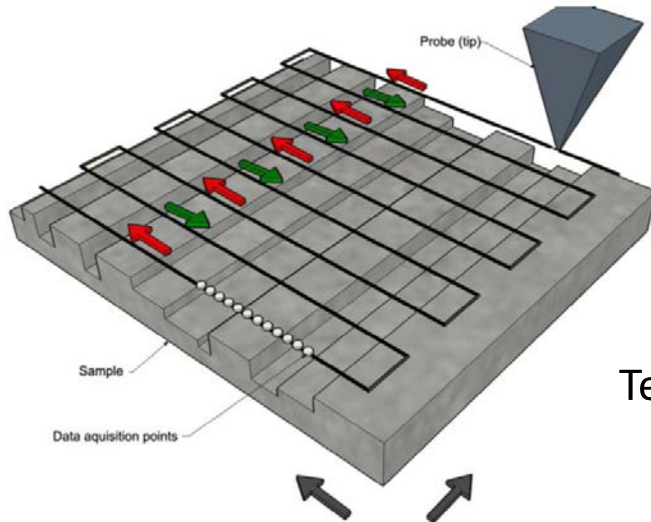
iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

Principe de balayage d'AFM



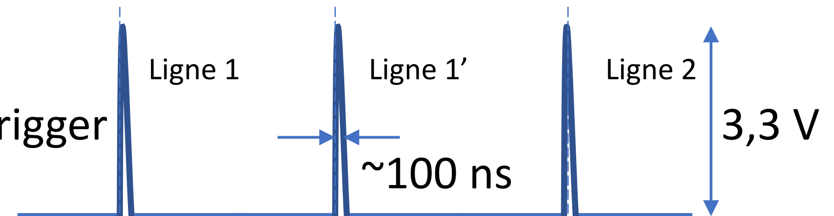


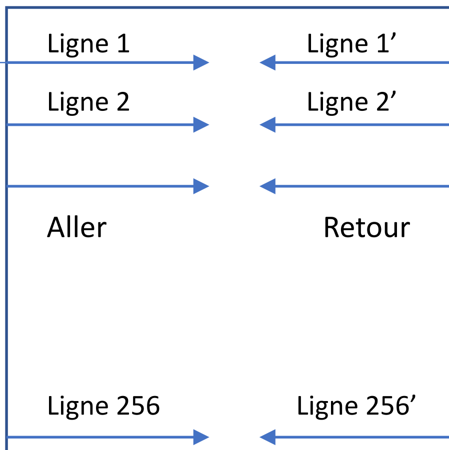
Synchronisation and TTL

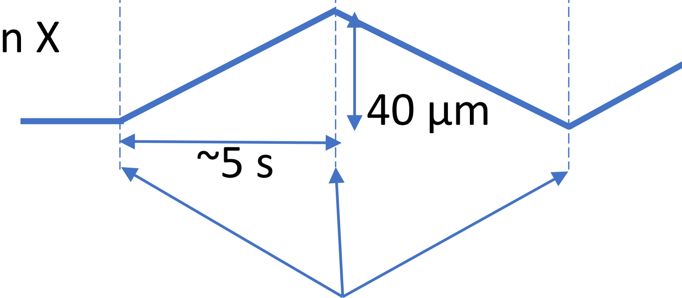


AFM – couplage avec des instruments
Objectif: mesure synchronises
Comment synchroniser des appareils?
Réponse: Envoie du signal TTL une fois par pixel ou une fois par ligne

Un exemple de signal TTL: synchronisation ligne par ligne





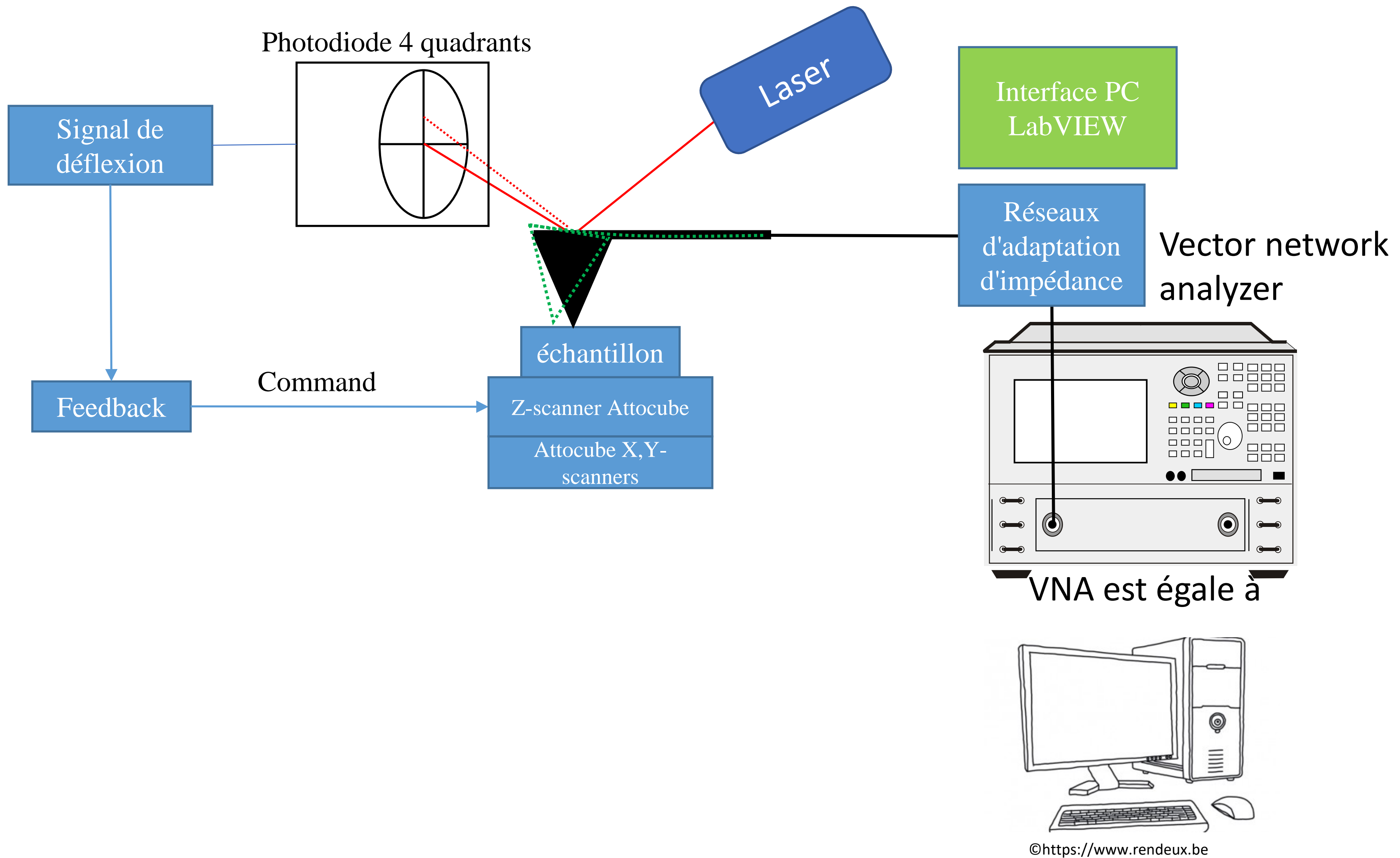


Début de mesure du paramètre S

Temps

iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

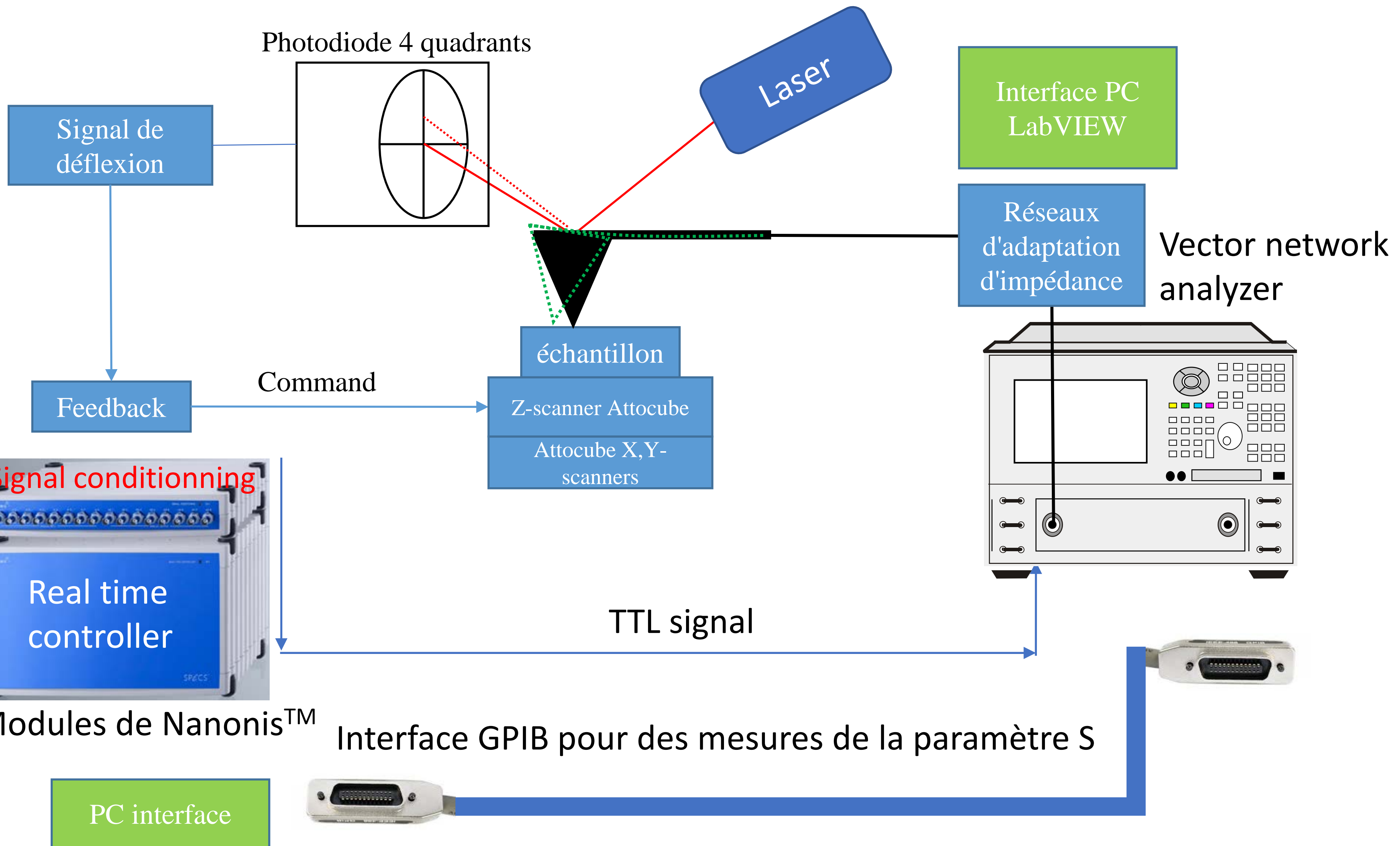
Microscopie Micro-Ondes à balayage



©https://www.rendeux.be

iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

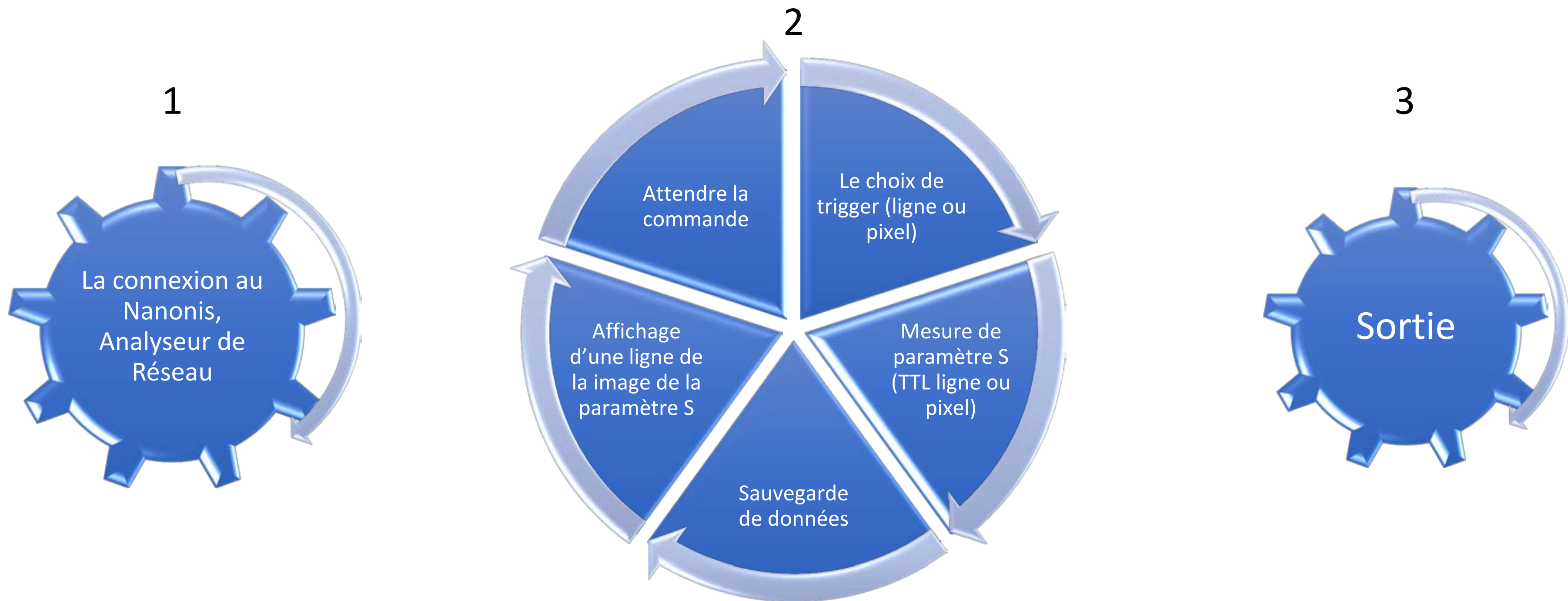
Microscopie Micro-Ondes à balayage



Problème : il n'y a pas d'interface analogique!

iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

Imagerie du paramètre S commandé par LabVIEW



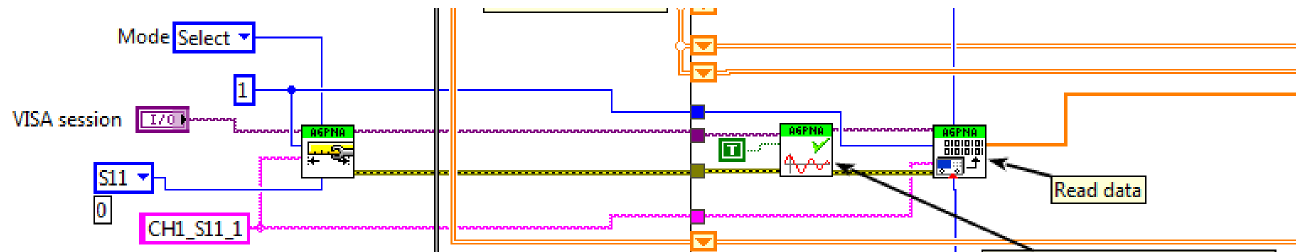
iemn
Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie
UMR CNRS 8520

Exemple de mesures de paramètre S et de synchronisation (VNA Keysight™)

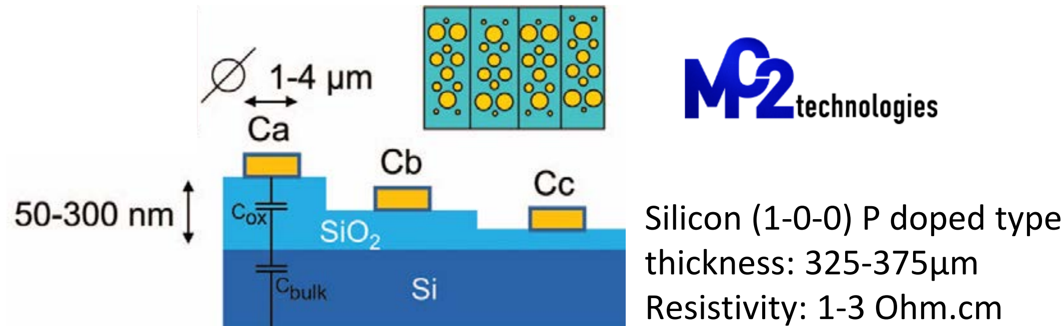
Initialisation

Attendre la fin de balayage RF

Acquisition

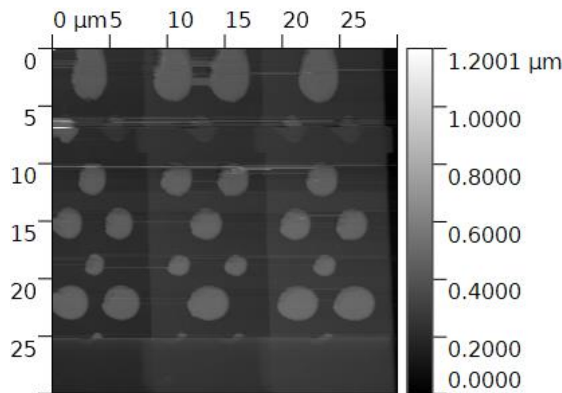


Exemple de mesures simultanées de la topographie et paramètre S pour la définition de capacité électrique

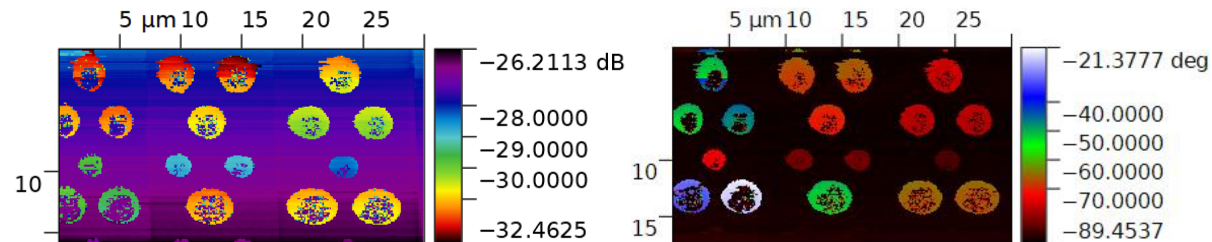


Silicon (1-0-0) P doped type
thickness: 325-375µm
Resistivity: 1-3 Ohm.cm

Frequency = 7.59 GHz
Microwave signal power = -5 dBm
Demodulation IF Bandwidth = 100 Hz
Interferometric set-up + LNA (30 dB gain)



AFM topographic image of capacitors



Magnitude and phase-shift of the microwave complex transmission coefficient S21

Remerciement

Ingénieurs de la plateforme caractérisation IEMN:

- S. Eliet: mesures et AFM
- V. Avramovic : VNA, PNA et mesures
- E. Okada: VNA, PNA et mesures
- C. Brillard: LabVIEW™, développement de logiciels de la version 1 (R&S™)

Ingénieurs:

- C. Boyaval: SmarAct™, MEB, LabVIEW™

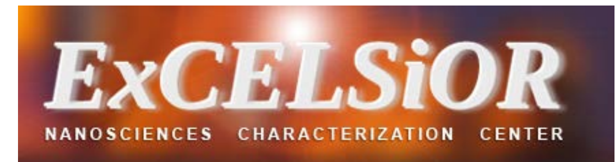
Chercheurs de IEMN:

- H. Diesinger: ajustement de PI
- M. Berthe: LabVIEW™ et AFM
- D. Deresmes: AFM

Stagiaires:

- B. Swertz: LabVIEW™
- C. Fonte Dos Santos: AFM

Thank you for your attention



ANR-11-EQPX-0015_EXCELSIOR

MMAMA

Horizon 2020.
Grant agreement No 761036.