



Le dual beam FIB-SEM et sa baguette magique

Journées Pédagogiques du GNMEBA 2015





Institut NEEL
founded, based
on CRTBT, LLN,
LEPES and LdC,
and ...



**Sample
Elaboration**
crystal growth,
chemistry,
nanofabrication

Cryogeny
Mechanics
Electronics

17

Technological
services and
facilities



Dissemination



Teaching

NEEL
institut



3

500

Research



**condensed
matter
physics**

17

**Research
teams**

7



Valorization

**Chemistry
Biophysics
Engineering**

Theory



FIB à Néel



FIB-leo1530 Institut Néel

- pilotage Raith
- disponibilité
- fiabilité



Source Gallium



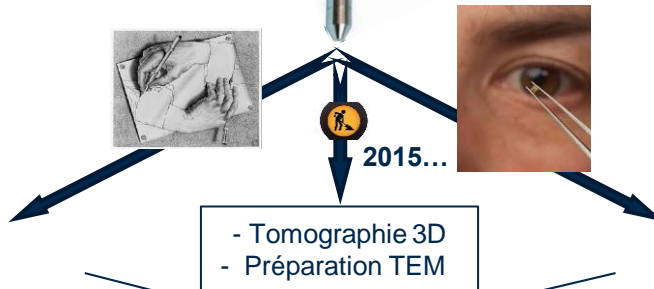
Faisceau

- quelques nm
- courant pA à 40nA
- énergie 30 à 5kV



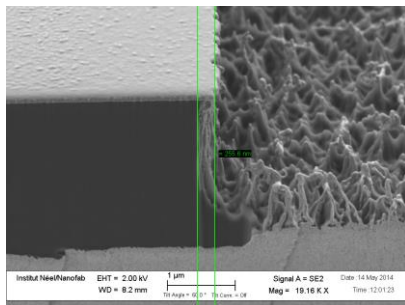
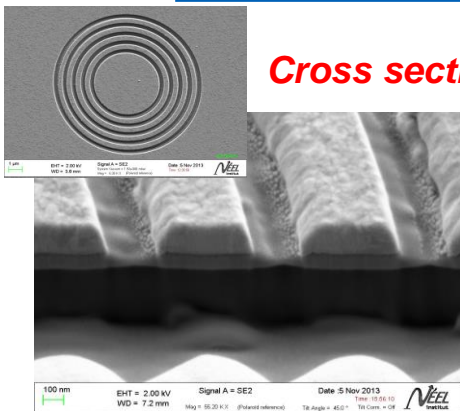
FIB-Zeiss Nvision CMTc-PTA-PFMC

- injecteur de gaz = contactage-collage
- micromanipulateur
- platine eucentrique



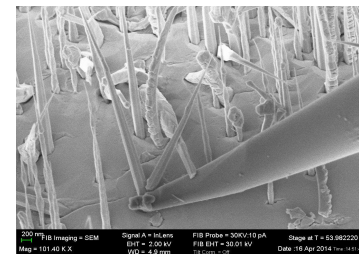
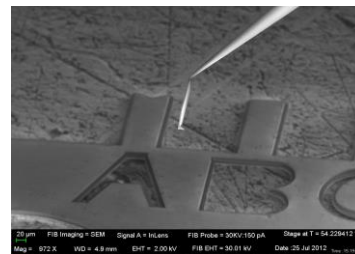
LITHOGRAVER

Cross section & Litho-ionique :



VOIR & MANIPULER

Micro/Nano-lego(µm) :



Découper pour mesurer & comprendre, modifier pour corriger;
Sculpter la matière à l'échelle nano

Extraire, Transférer un objet UNIQUE

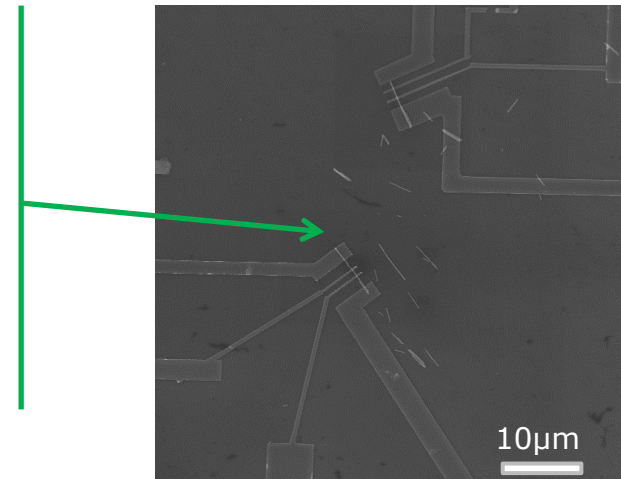
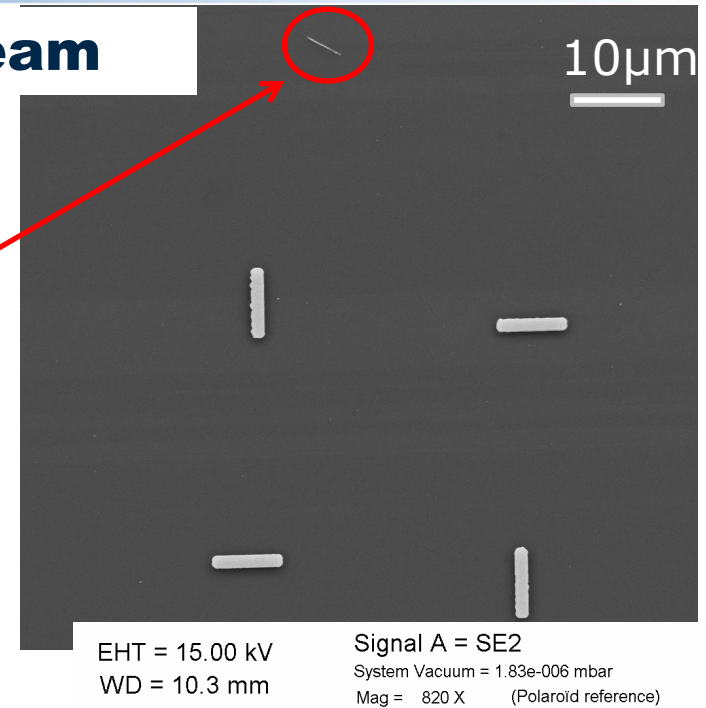
Le dual beam SEM-FIB et sa baguette magique

- **Mais pourquoi la baguette Magique**
 - **Enjeux**
 - **Quelques Outils disponibles**

- **Exemples**
 - **Manipulation de micro objets**
 - **Manipulation de nano objets**

Outil existant de lithographie eBeam

- **Dispersion sur substrat Lithographié**
 - grattage, centrifugation, ultrason en solution ...
- **Repérage**
 - MEB, AFM, Optique ...
- **Alignement design/photo**
 - Transfert dans le logiciel de litho
- **Lithographie e-Beam avec alignement sur les repères Ti/Au**
 - Un peu fastidieux



Le dual beam SEM-FIB et sa baguette magique

- **Mais pourquoi la baguette Magique**

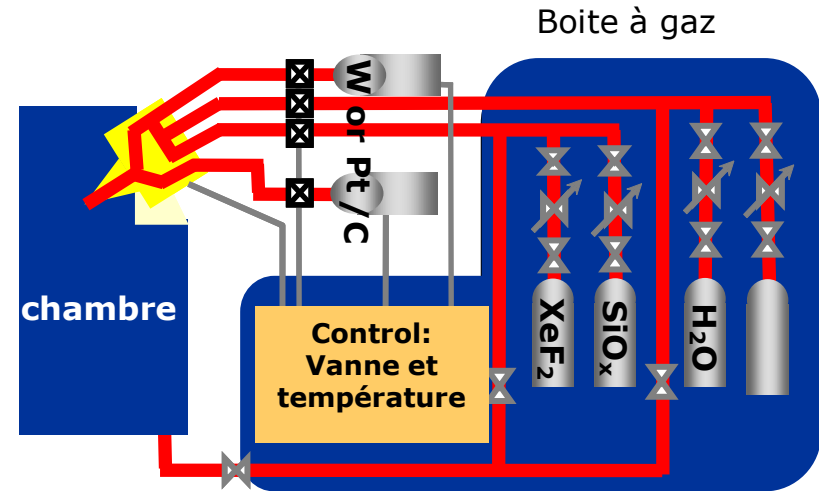
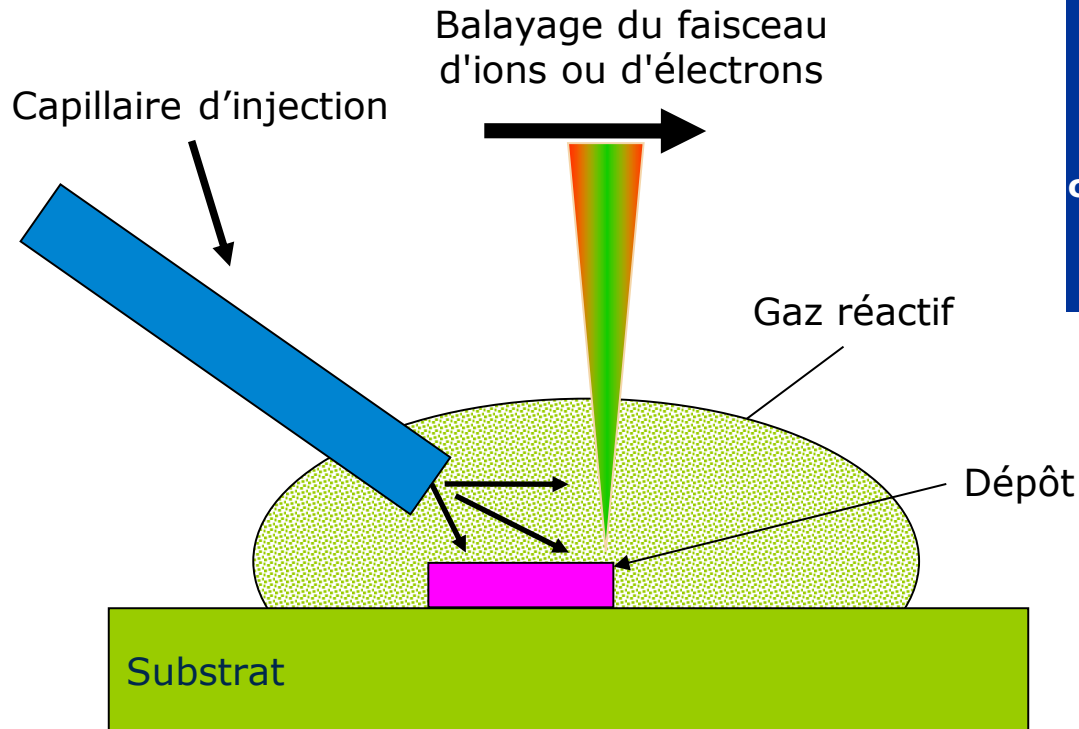
- **Enjeux**

- **Étudier un objet (micro ou nanométrique)**
- **Sélectionner un objet localisé ou non**
- **L'attraper puis le transférer d'un substrat à un autre**

- **Quelques Outils disponibles :**

- **Taille et forme de la pointe d'extraction**
- **Préparation échantillon**

1^{er} outil : Le dépôt assisté par SEM ou FIB

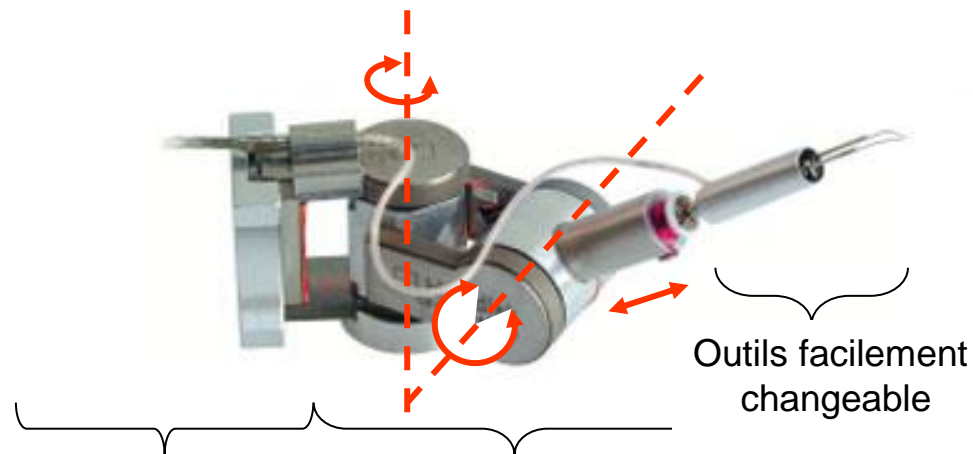


Dépôt possible :

Pt, W, C, SiO₂ et « H₂O »

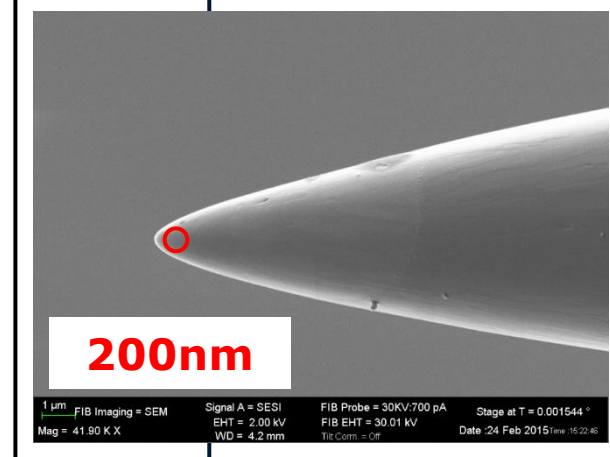
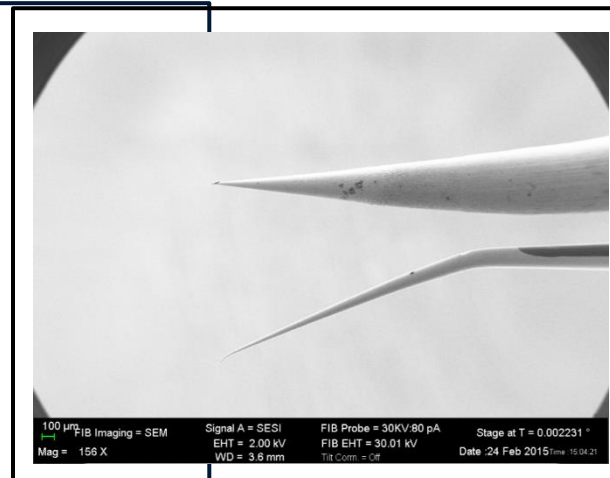
2^{ème} outil : micromanipulateur

1 à 4 micromanipulateurs dans la chambre
mouvement en coordonnées sphériques

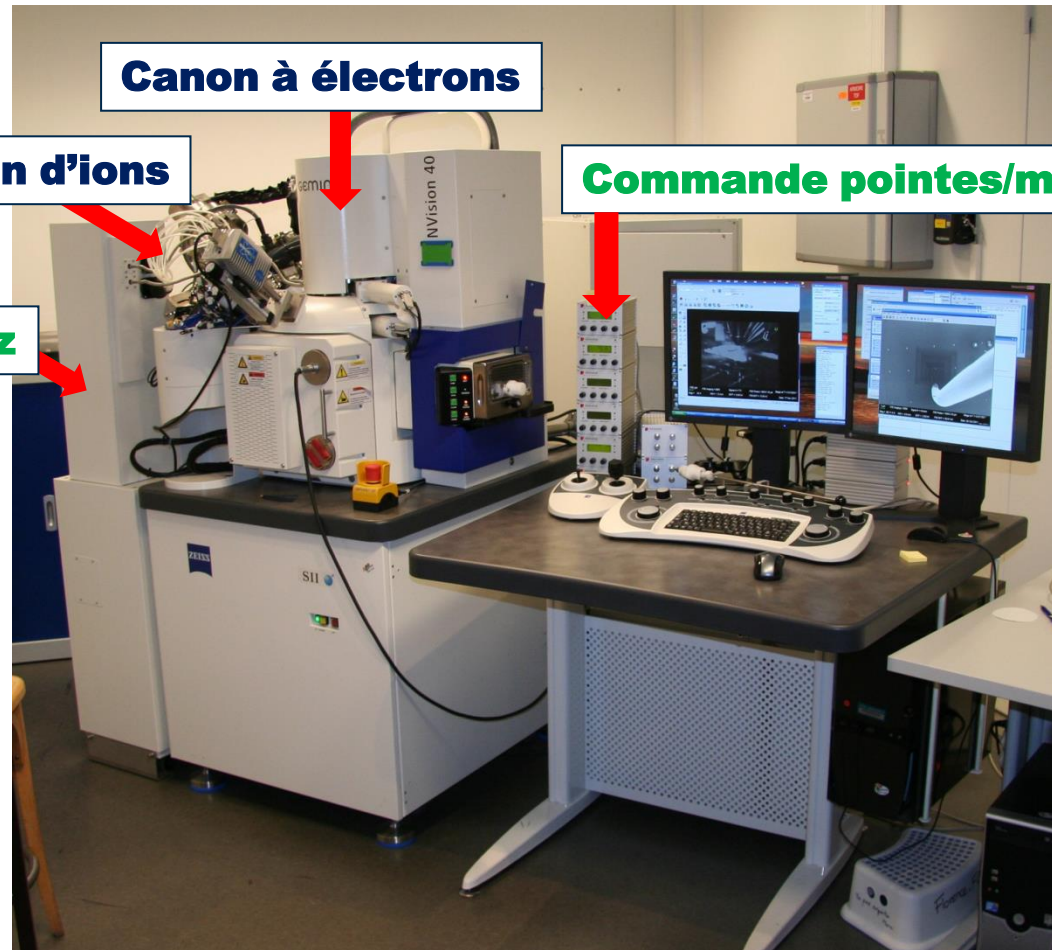


Fixation et
connexion

2 mouvements de
rotation par piezo
+
1 mouvement de translation



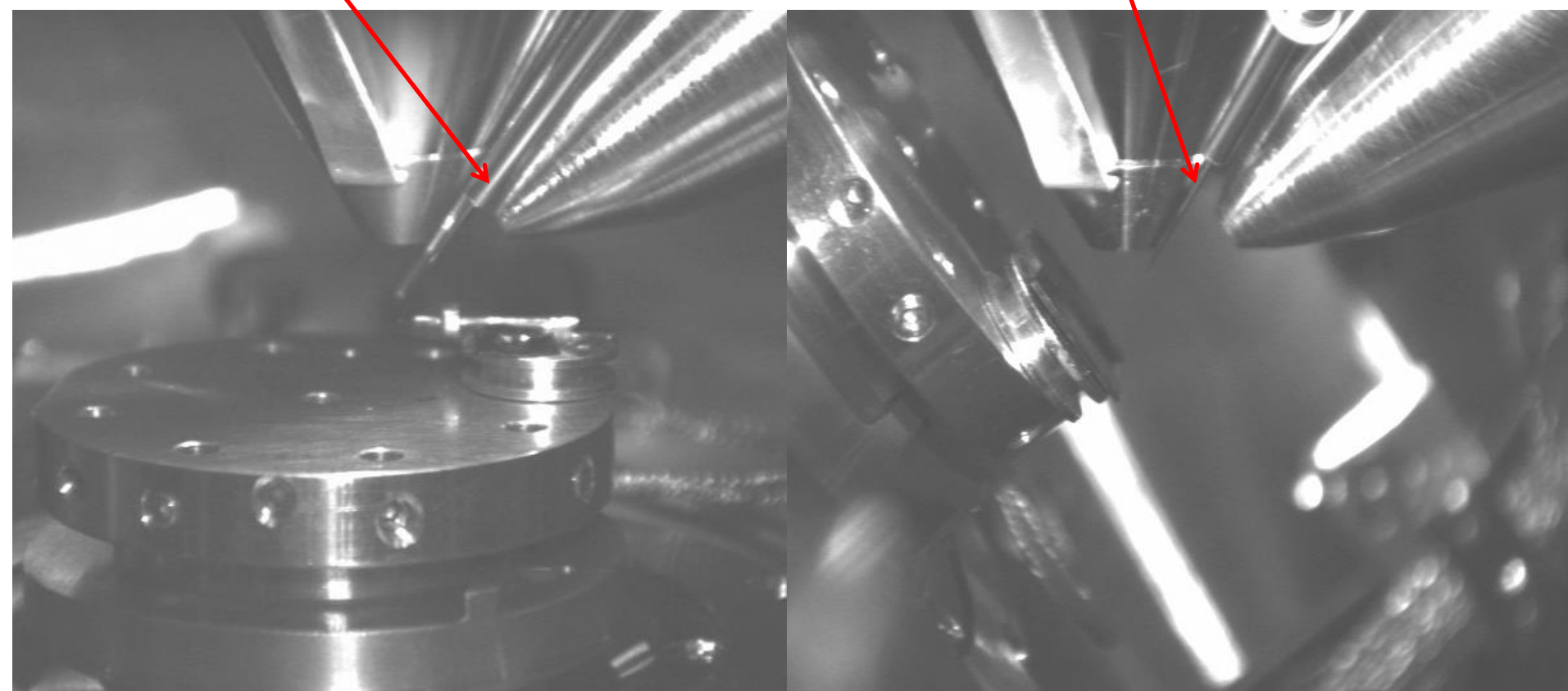
Intégration de ces outils dans un SEM-FIB



Dual beam-Zeiss Nvision CMTc-PTA-PFMC

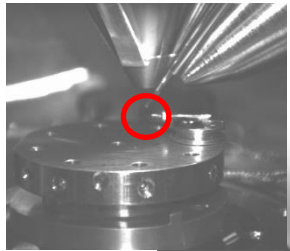
Capillaire d'injection
dans la chambre

Micromanipulateur
dans la chambre



**Capillaire d'injection
dans la chambre**

**Micromanipulateur
dans la chambre**



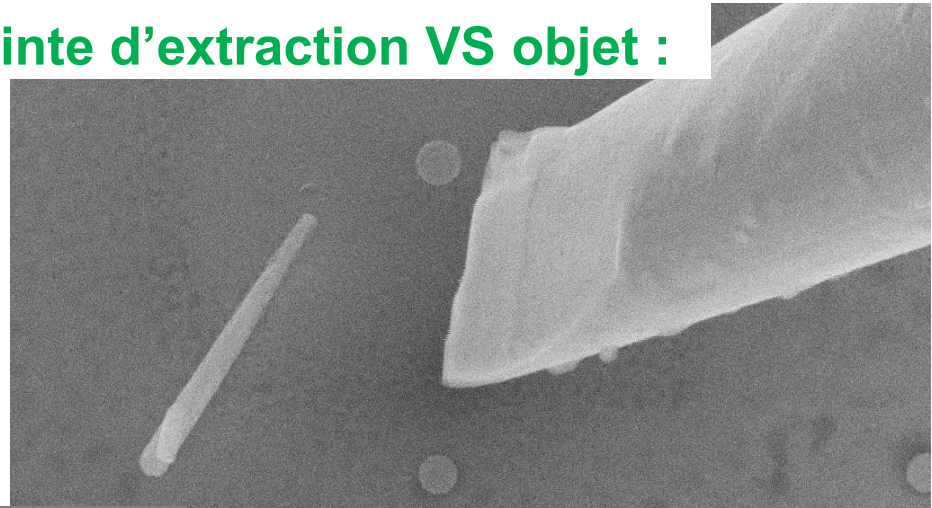
100µm

100 µm FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:80 pA Stage at T = 0.008067 °
 Mag = 328 X WD = 4.9 mm EHT = 2.00 kV FIB EHT = 30.01 kV

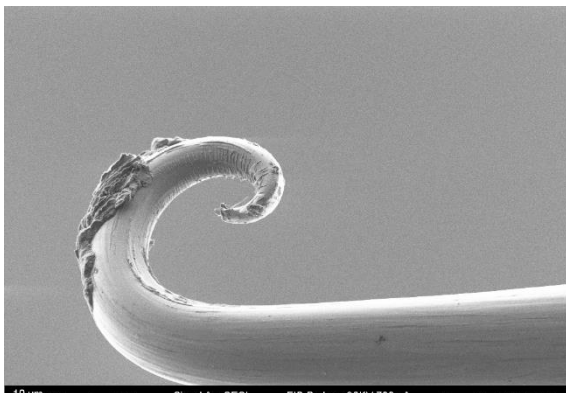
IMPORTANCE de la taille de la pointe d'extraction VS objet :



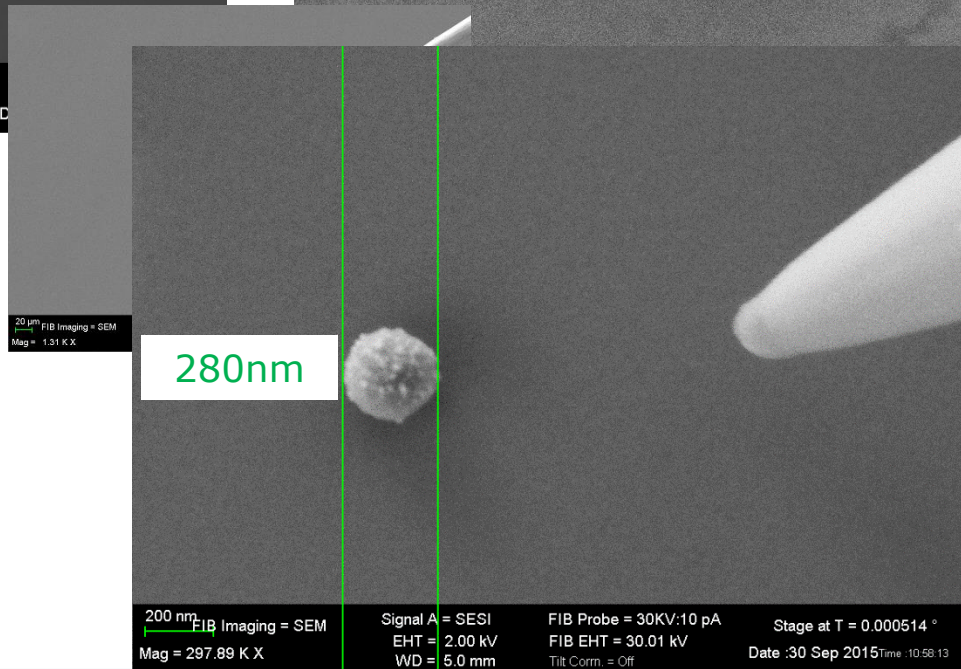
1 μm FIB Imaging = SEM
Mag = 29.66 K X
Signal A = SESI
EHT = 20.00 kV
WD = 5.1 mm
FIB Probe = 30KV:10 pA
FIB EHT = 17.50 kV
Tilt Corr. = Off



Stage at T = -0.003262 °
Date :8 Apr 2015 Time :10:46:08



10 μm FIB Imaging = SEM
Mag = 8.02 K X
Signal A = SESI
EHT = 2.00 kV
WD = 4.1 mm
FIB Probe = 30KV:700 pA
FIB EHT = 30.01 kV
Tilt Corr. = Off
Stage at T = 0.001201 °
Date :24 Feb 2015 Time :16:21:53

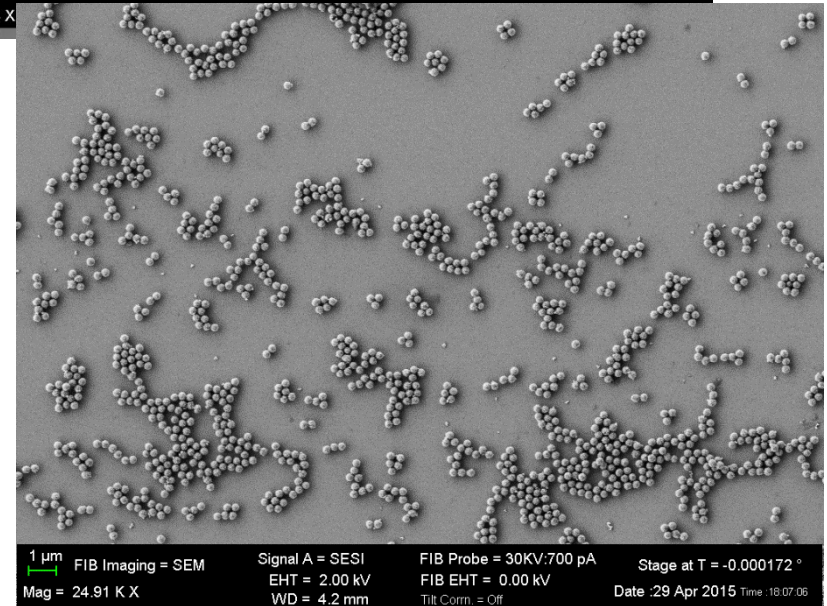
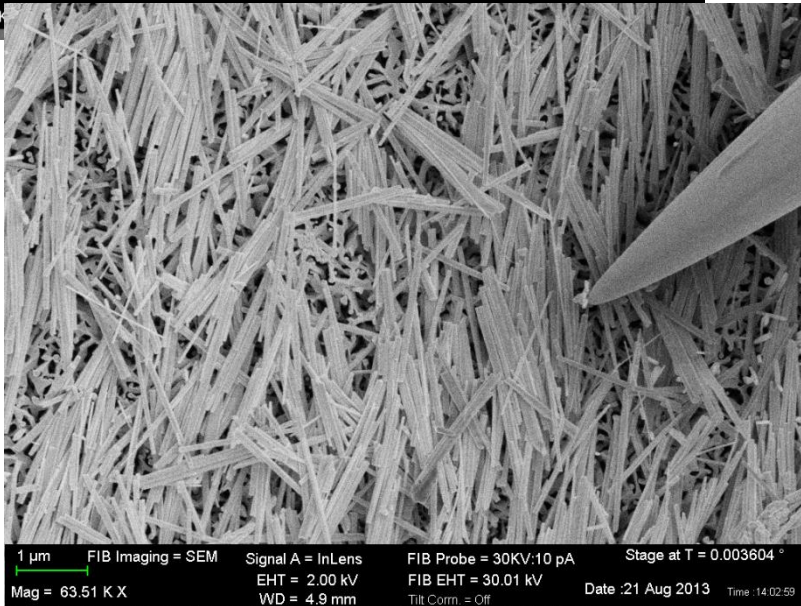


20 μm FIB Imaging = SEM
Mag = 1.31 K X

280nm

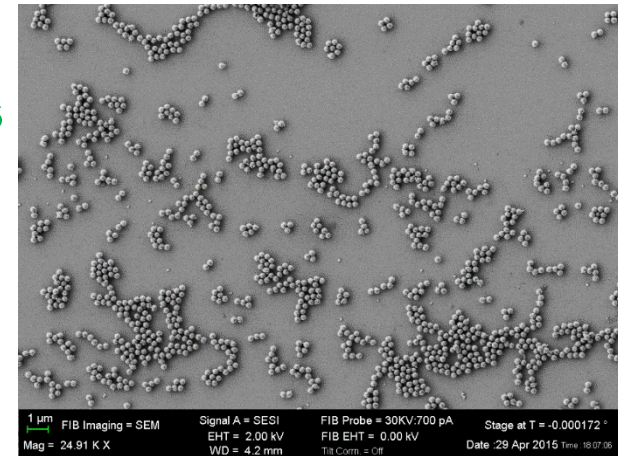
200 nm FIB Imaging = SEM
Mag = 297.89 K X
Signal A = SESI
EHT = 2.00 kV
WD = 5.0 mm
FIB Probe = 30KV:10 pA
FIB EHT = 30.01 kV
Tilt Corr. = Off
Stage at T = 0.000514 °
Date :30 Sep 2015 Time :10:58:13

IMPORTANCE de la préparation de l'échantillon :



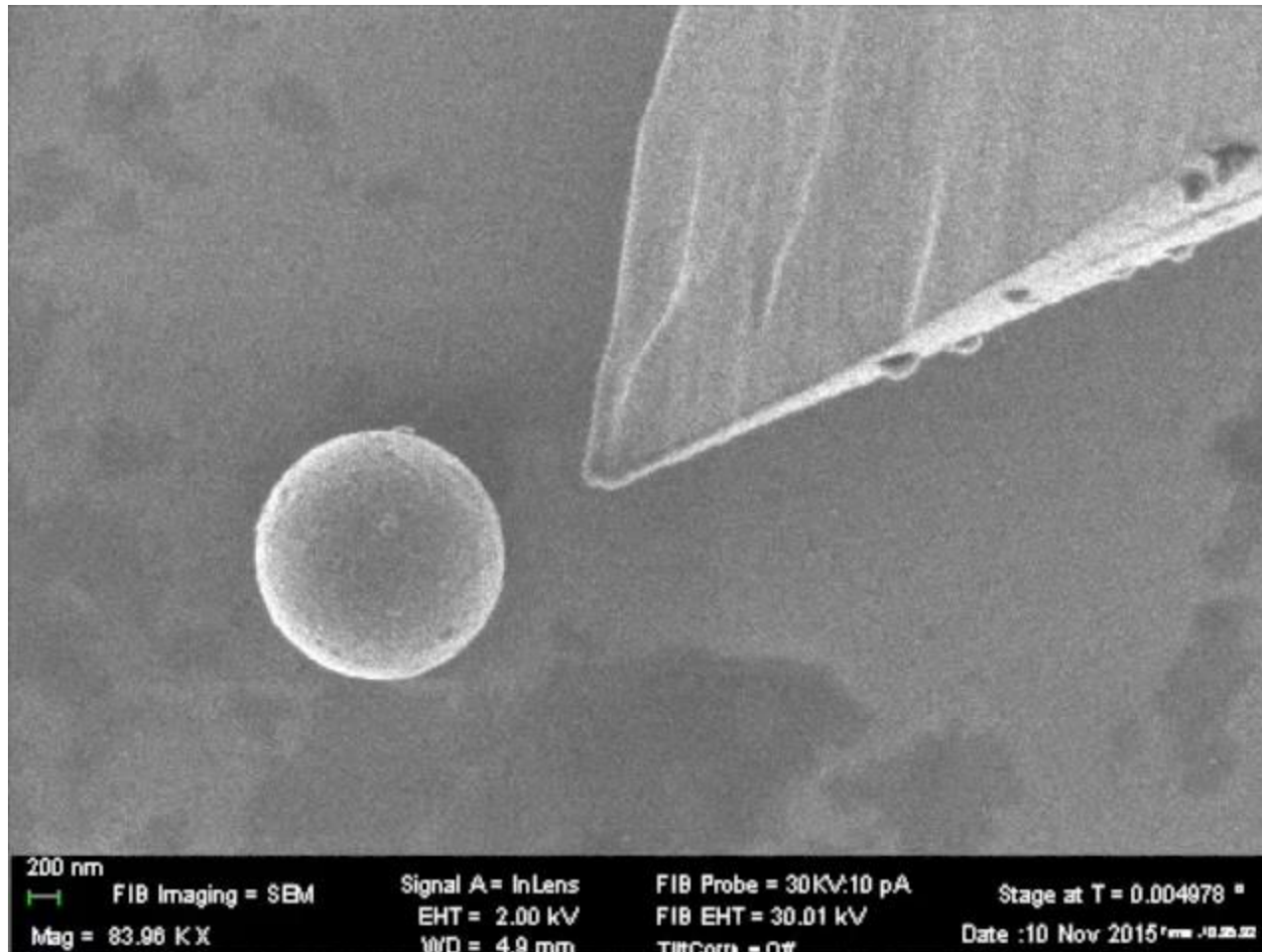
Le dual beam SEM-FIB et sa baguette magique

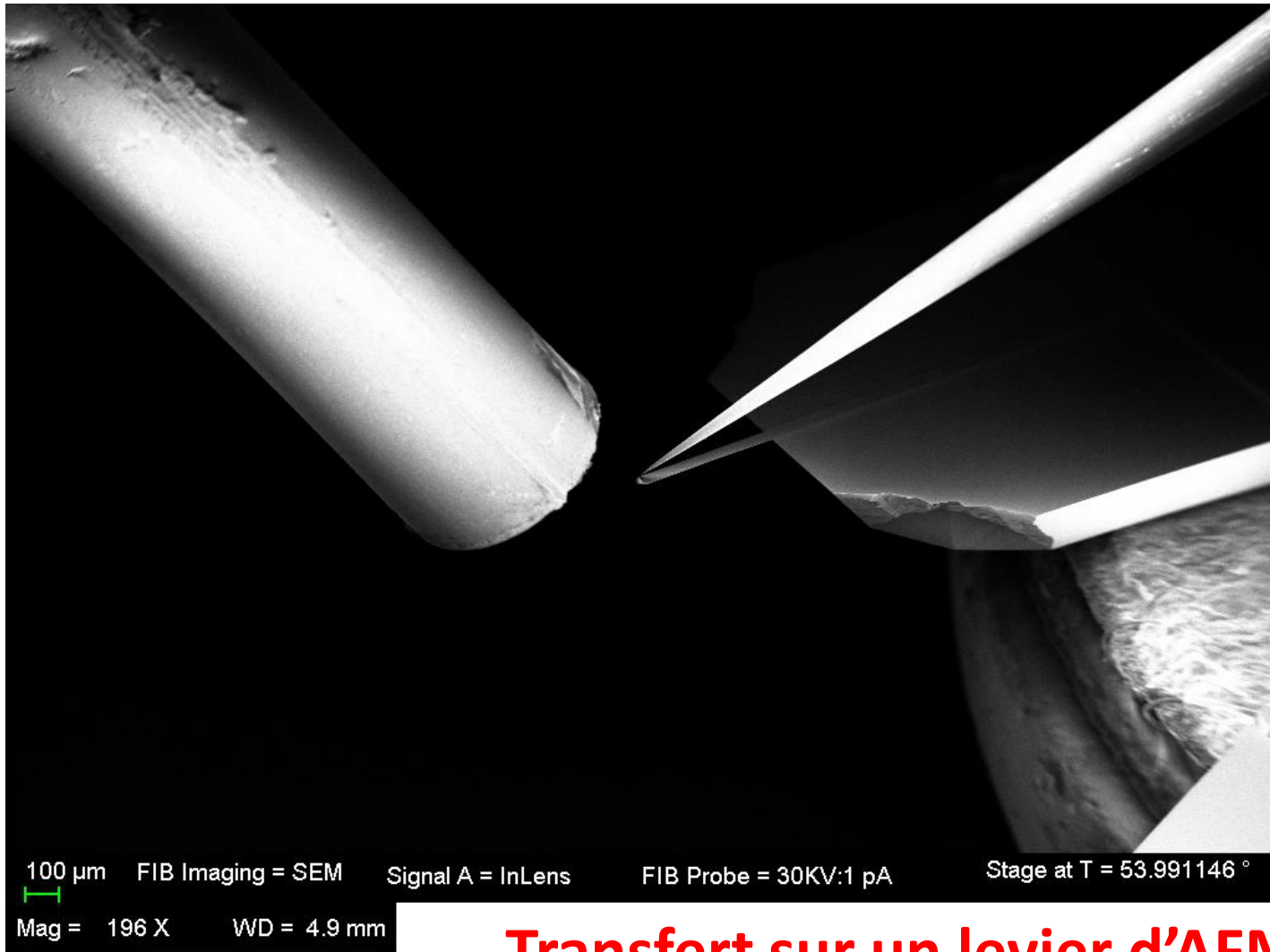
- **Mais pourquoi la baguette Magique**
 - **Enjeux**
 - **Quelques Outils disponibles**
 - **Préparation échantillon**
 - **Taille et forme de la pointe d'extraction**
- **Exemples**
 - **Manipulation de micro objets**
 - **Fabrication de sondes MFM**



Fabrication d'une sonde MFM avec une sphère en NdFeB:

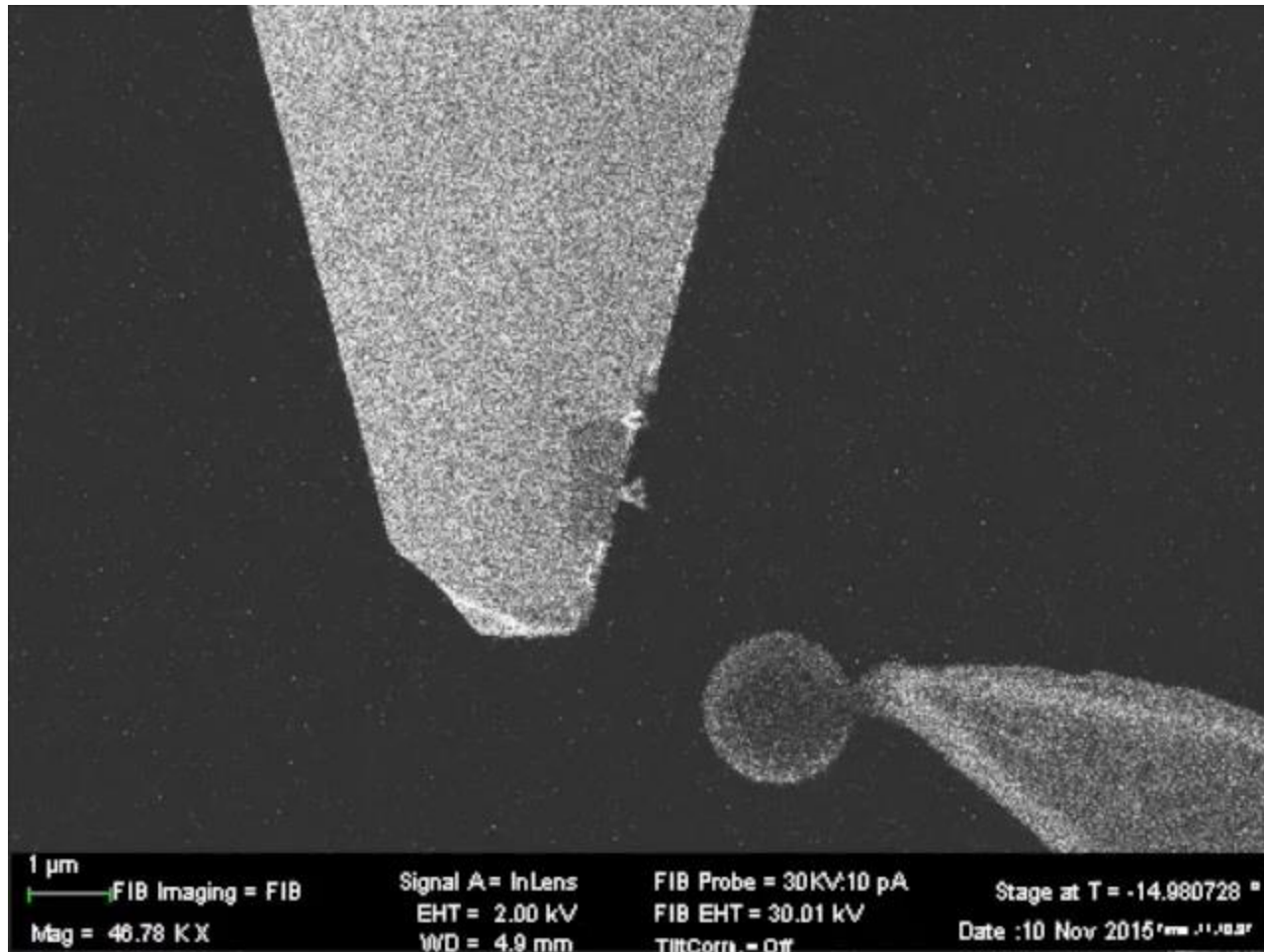
Astuce pour l'extraction d'un objet:



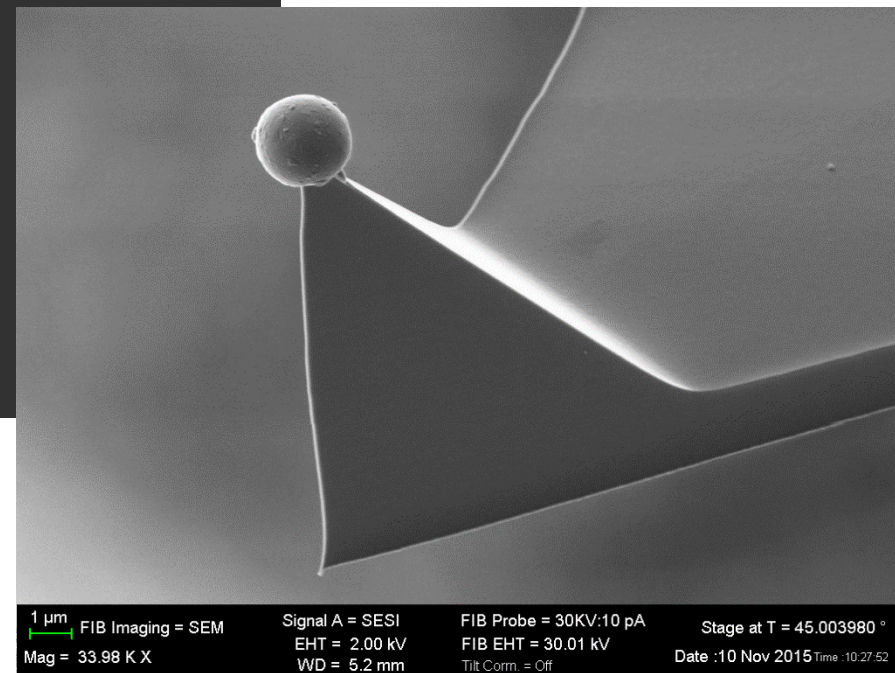
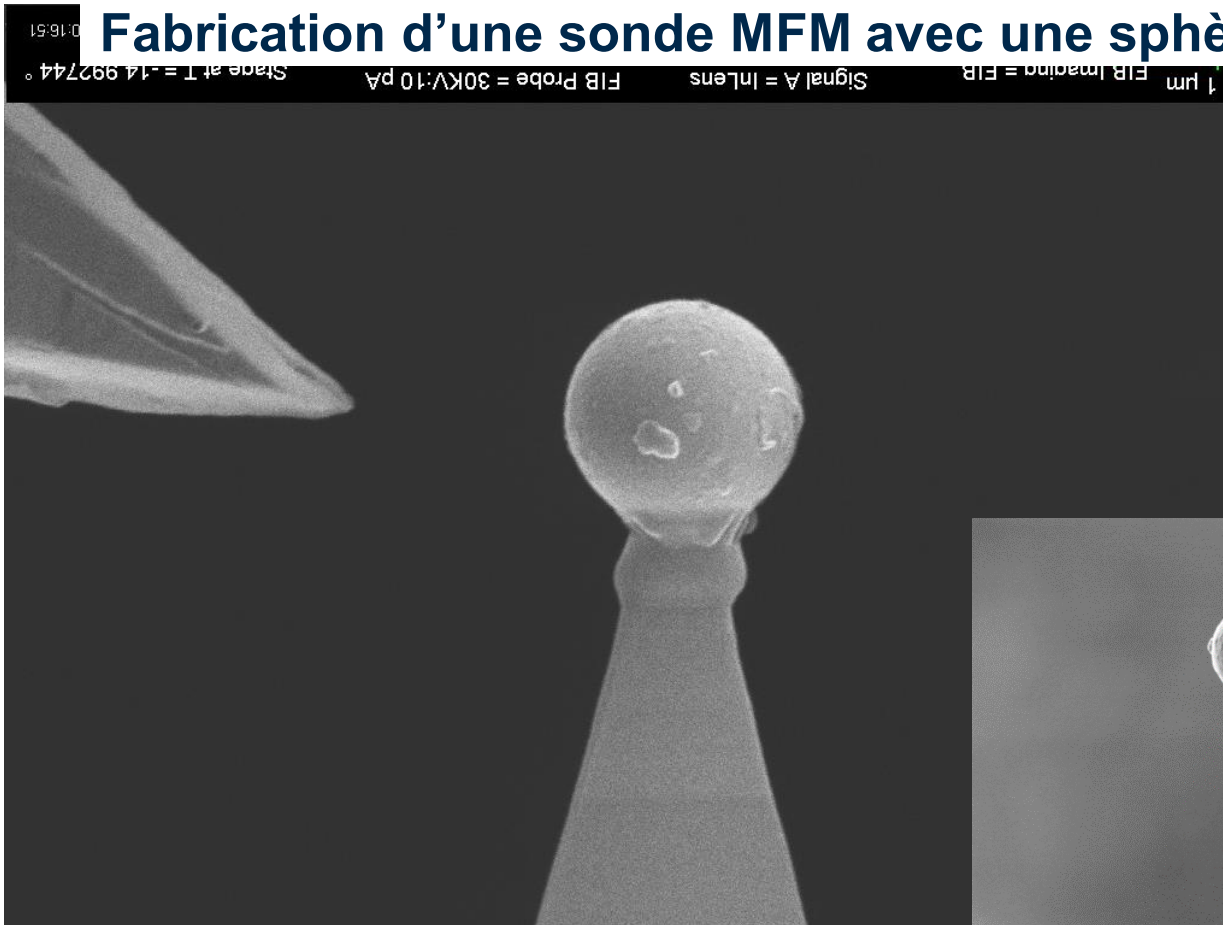


Transfert sur un levier d'AFM

Transfert et Collage de l'objet:



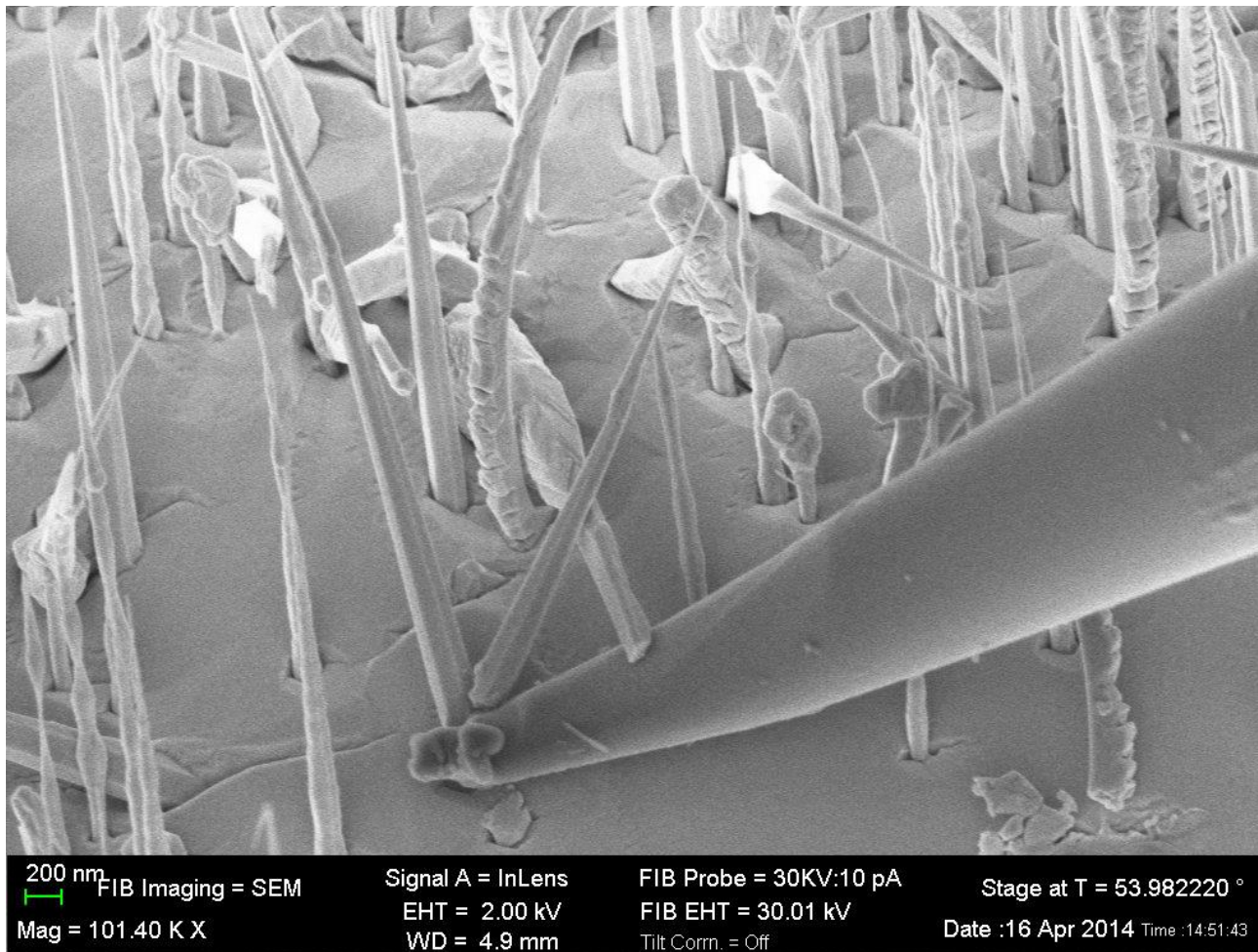
Fabrication d'une sonde MFM avec une sphère en NdFeB:



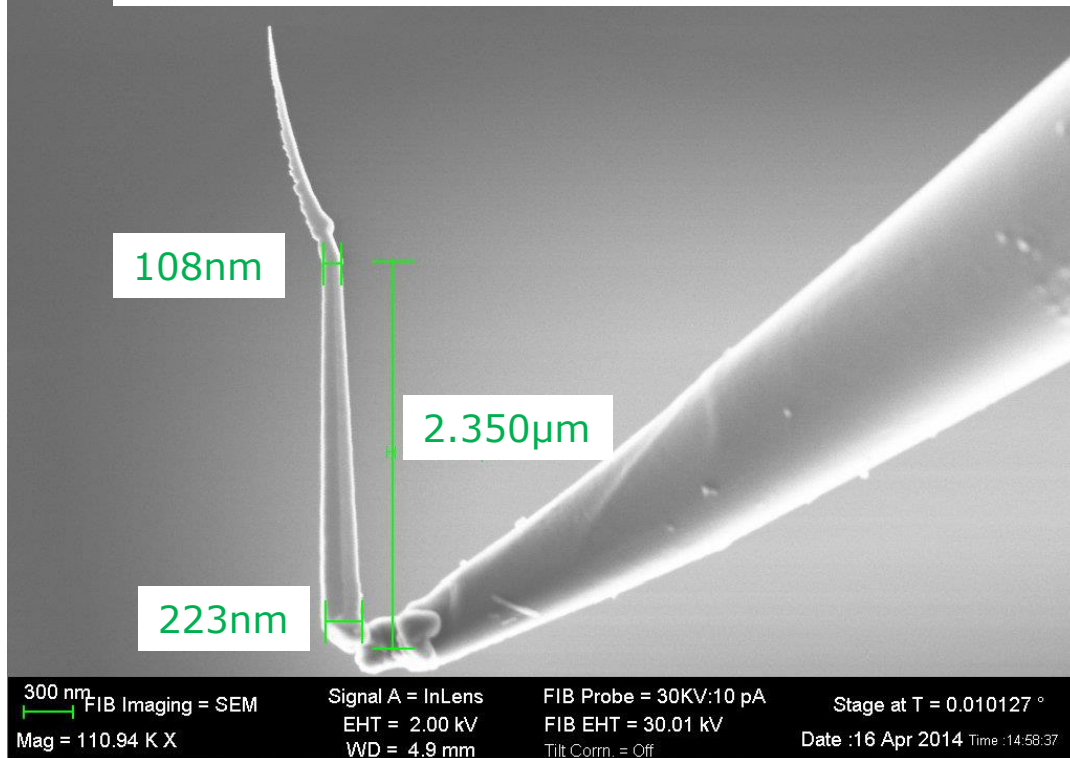
Le dual beam SEM-FIB et sa baguette magique

- **Mais pourquoi la baguette Magique**
 - **Enjeux**
 - **Quelques Outils disponibles**
- **Exemples**
 - **Manipulation de micro objets**
 - **Manipulation de nano objets**
 - **Nano-fils VS membrane TEM**
 - **Nano-fils VS antenne lithographiée**

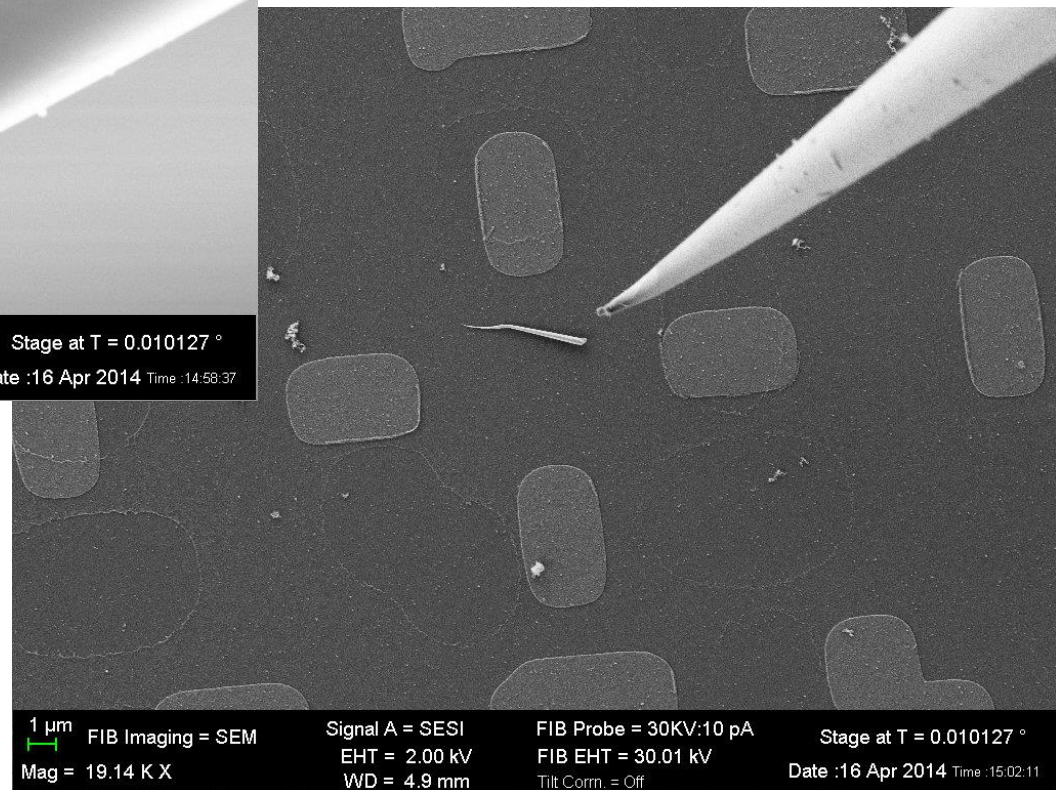
Transfert d'un FILS ZnTe-CdMnTe du substrat de croissance :

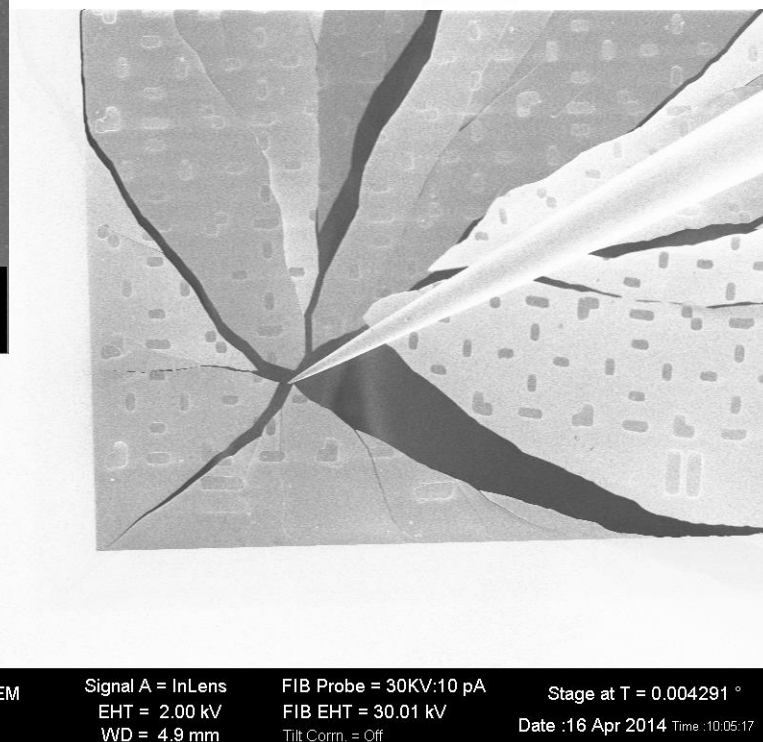
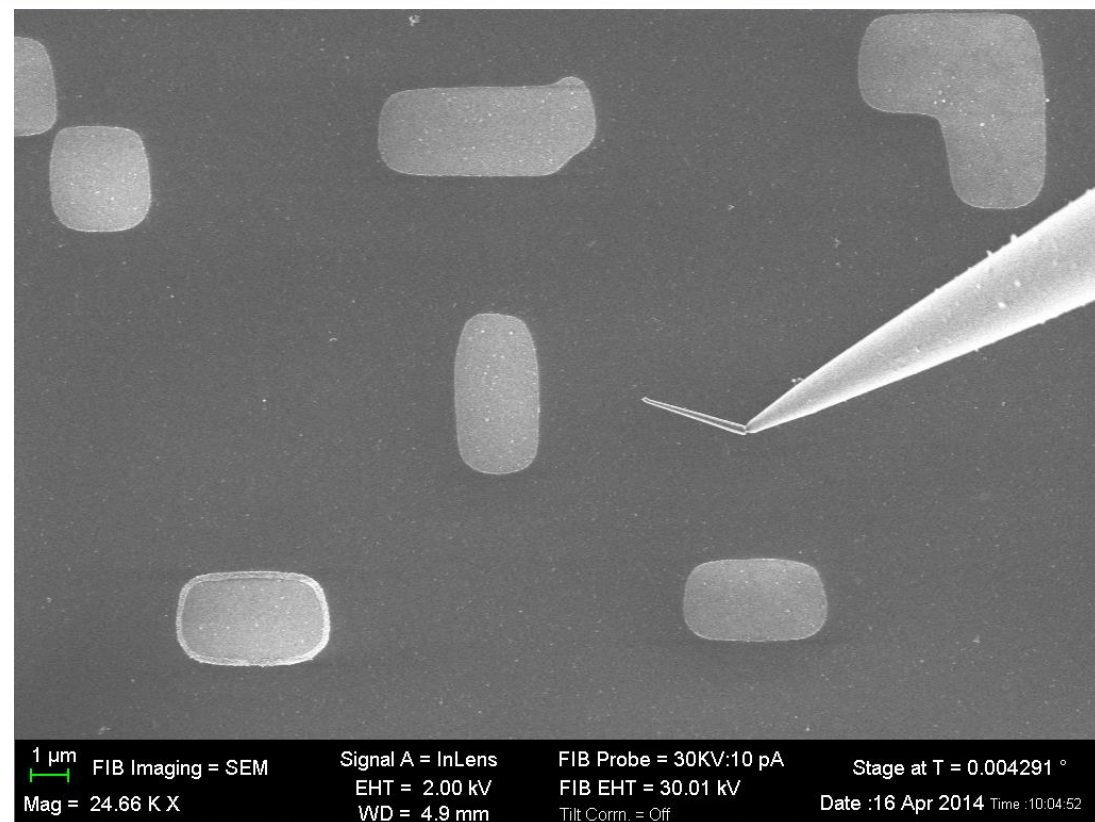


Caractérisation in-situ des dimensions du fils extrait:



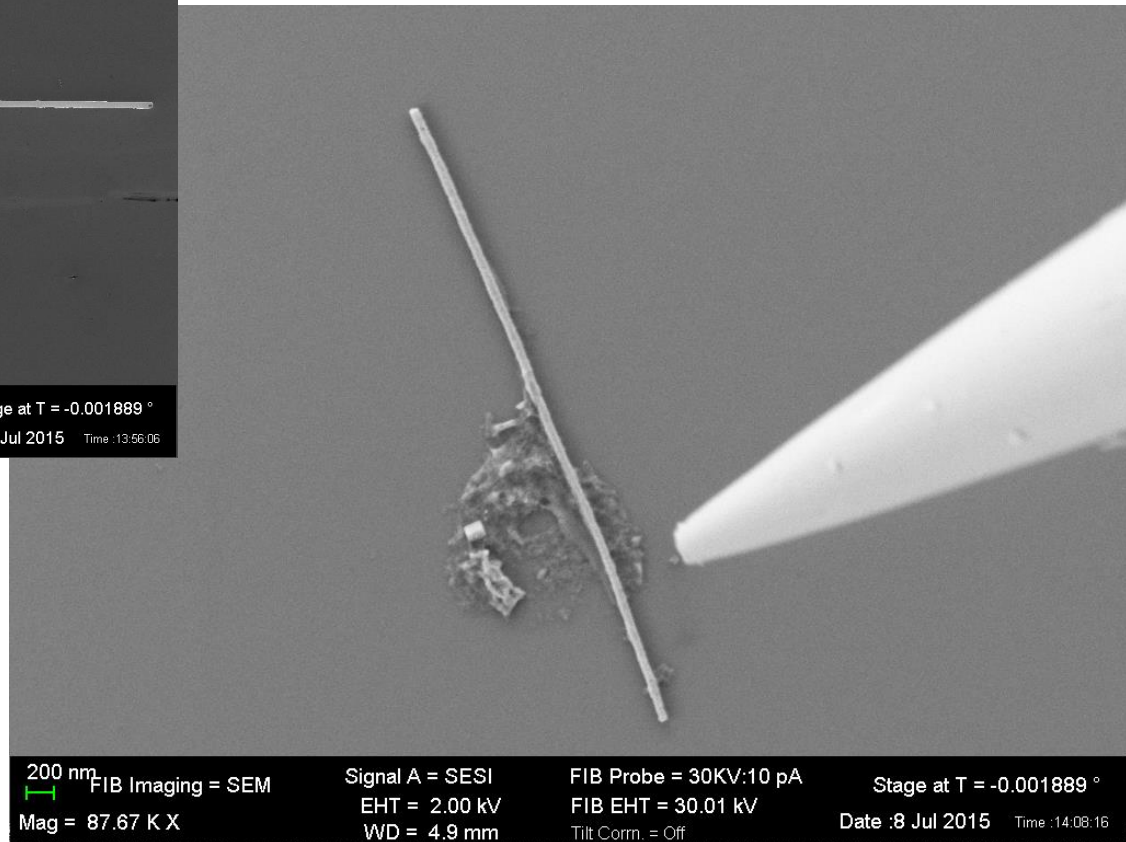
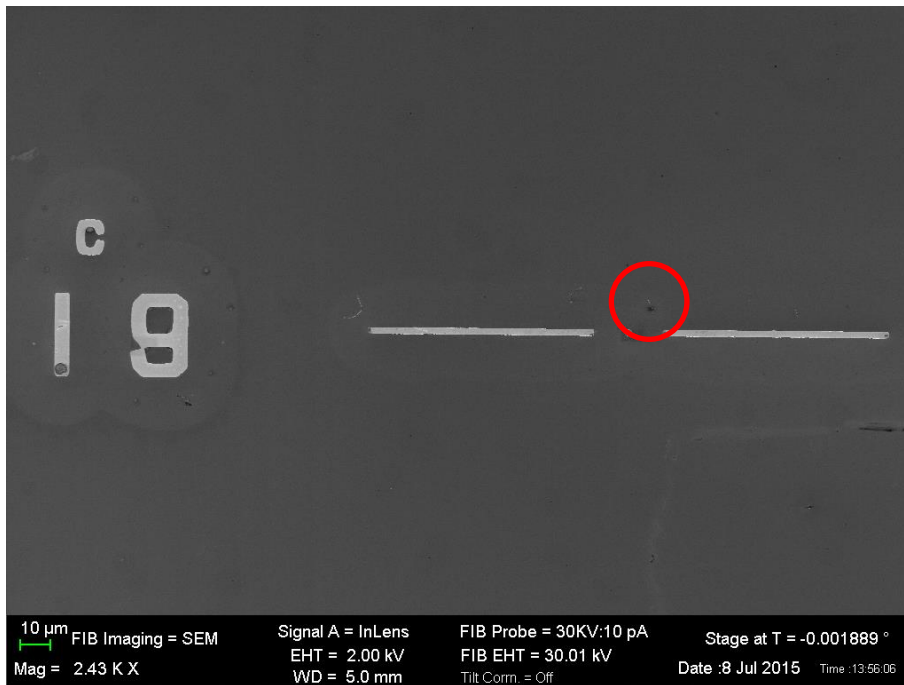
**Atterrissage en douceur du
fils extrait sur sa membrane
de Si_3N_4 pour la
caractérisation au TEM**



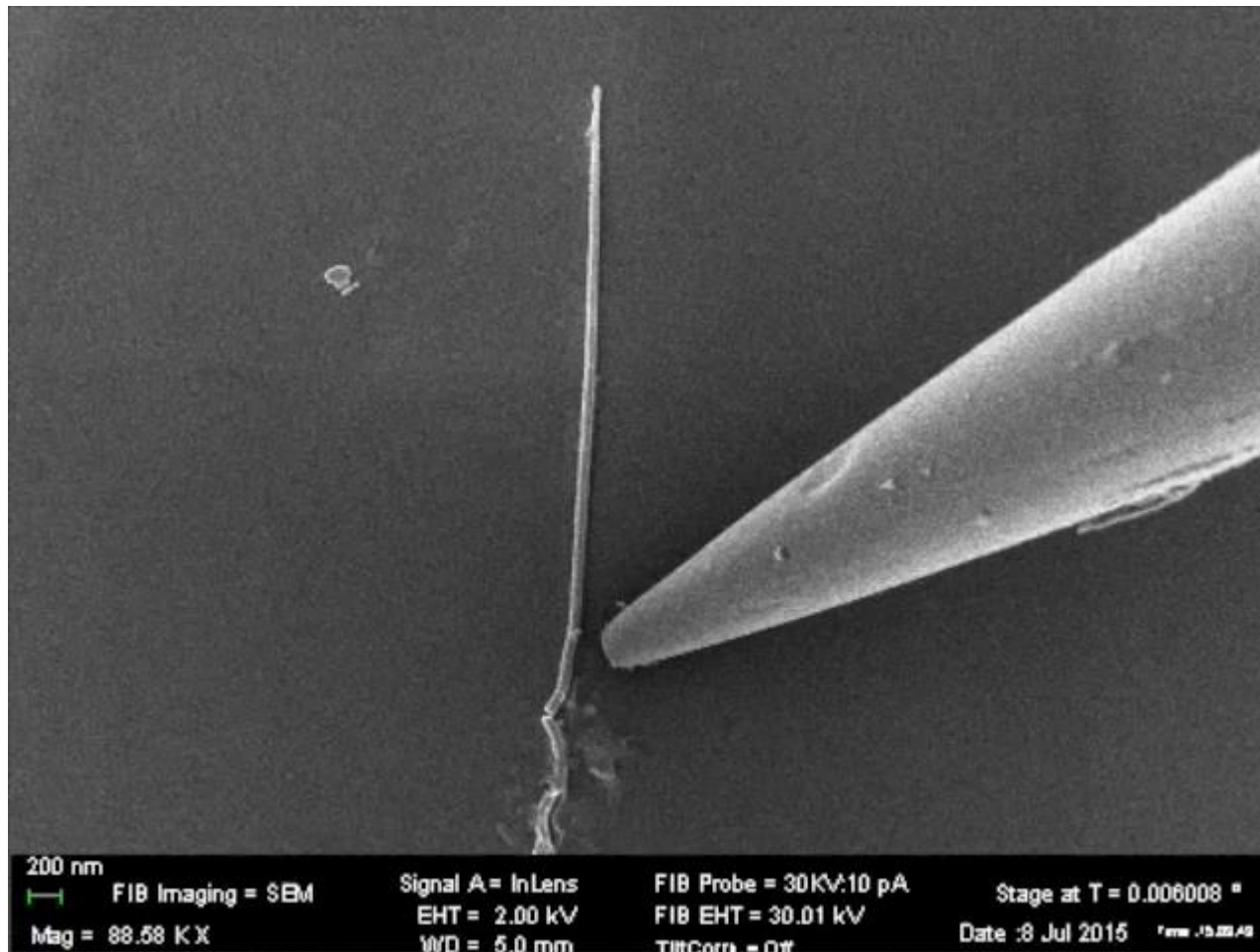


Atterrissage ... FRACASSANT du fils

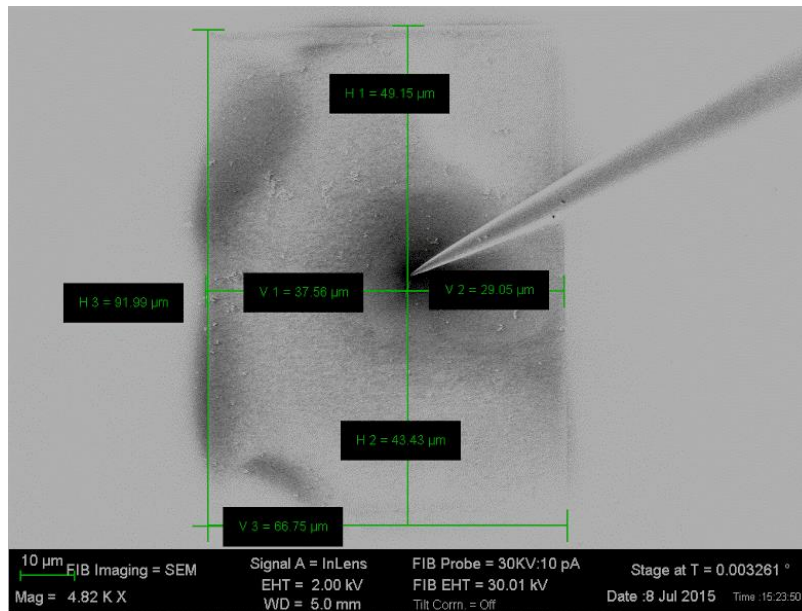
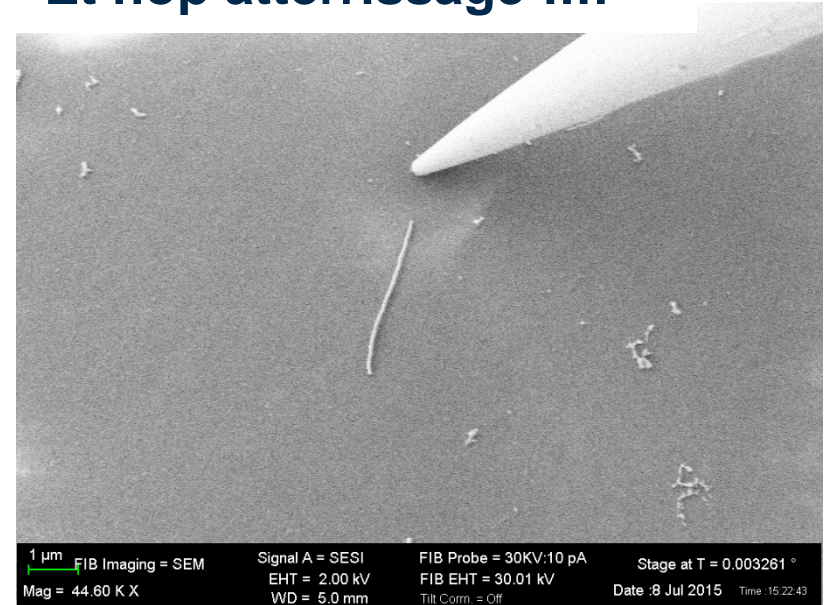
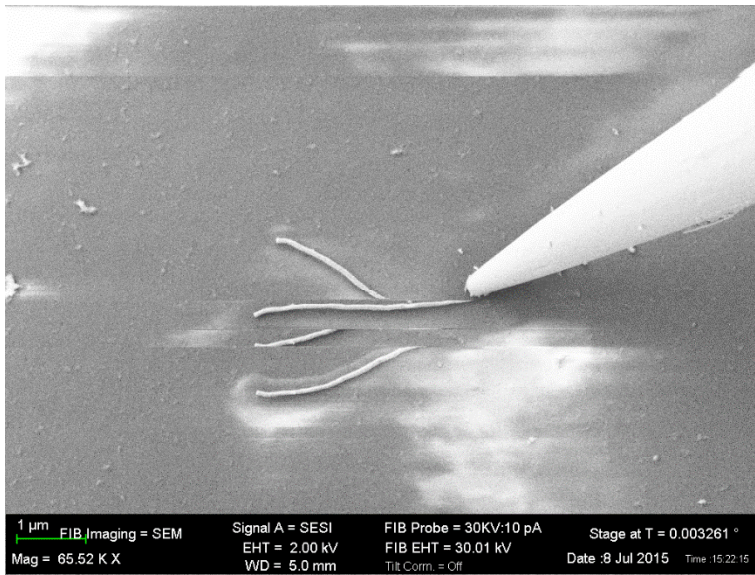
Un nano fils en Ni étudié (EDX) posé sur Si à transférer sur une membrane Si_3N_4 pour caractérisation au TEM :



IMPORTANCE de la préparation de l'échantillon, oui MAIS:



**Atterrissage en douceur du
fils extrait sur sa
membrane, ça charge !!!
Et hop atterrissage !!!!**

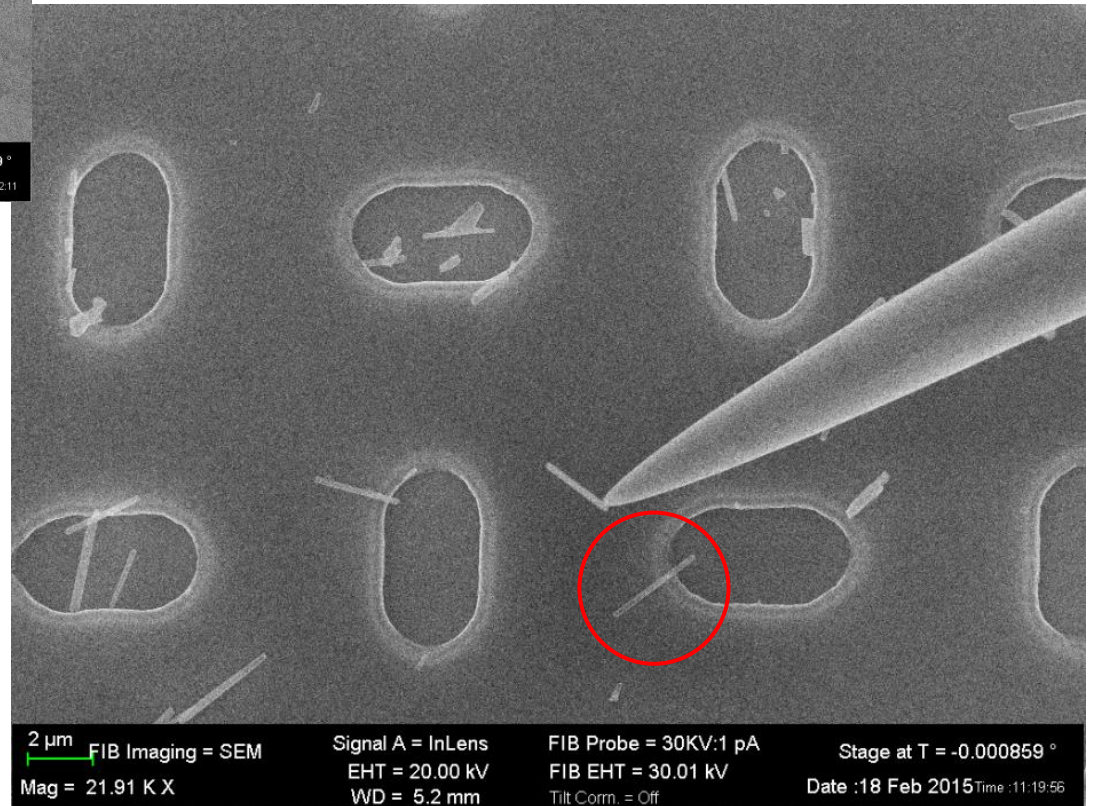
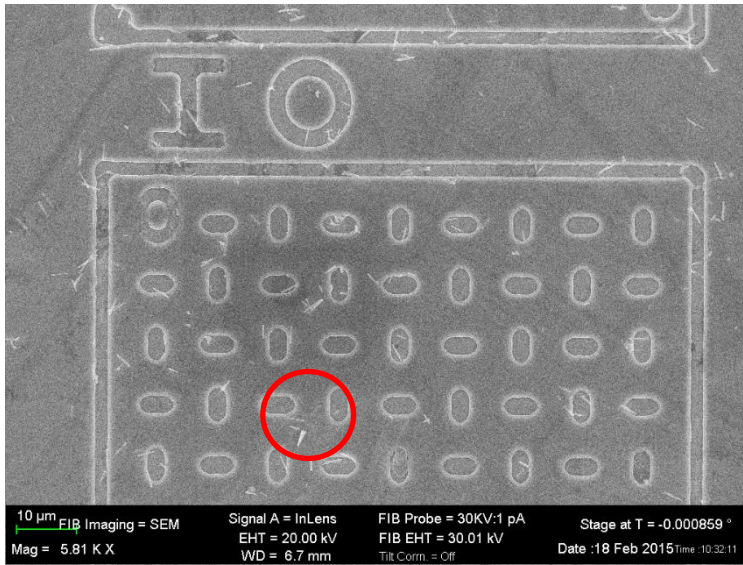


**La pointe sert de mire pour
repérer le fils sur la
membrane pour le retrouver
facilement plus tard.**

fils-GaAsAlGaAs

Caractérisé en cathodoluminescence
Objectif:

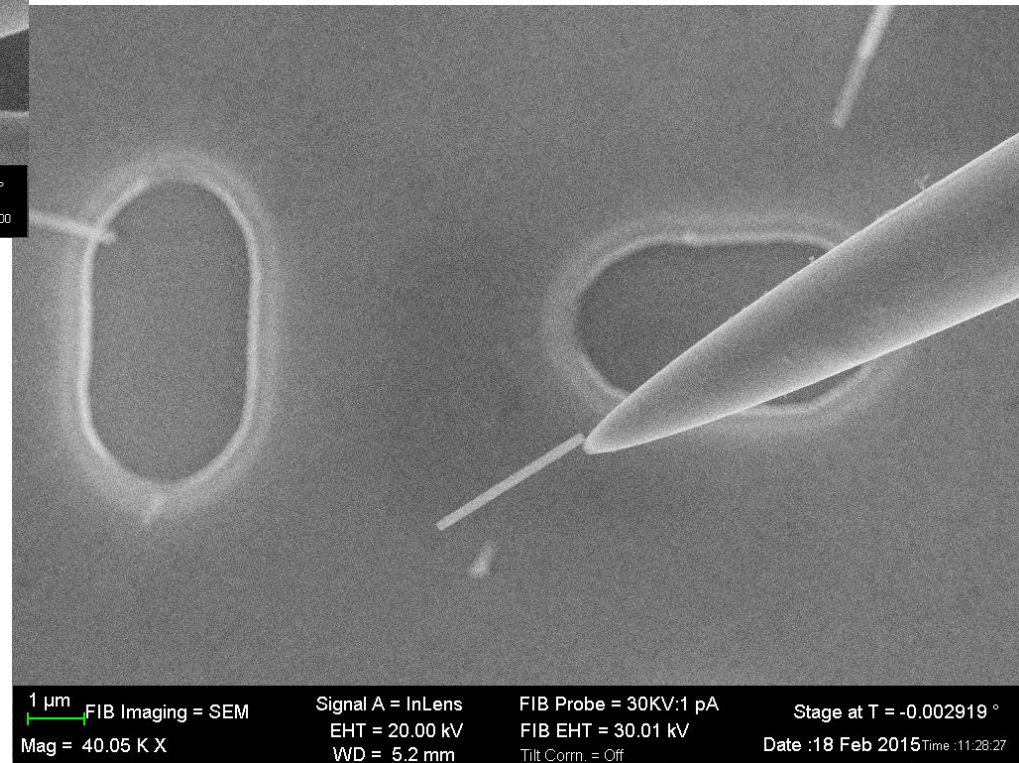
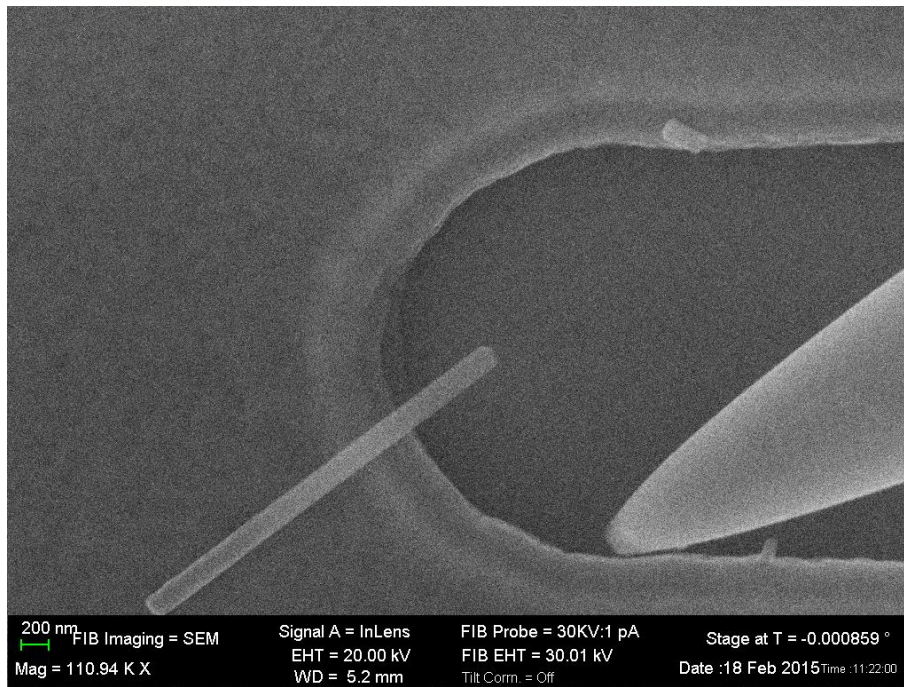
Le positionner prêt d'une antenne en Or



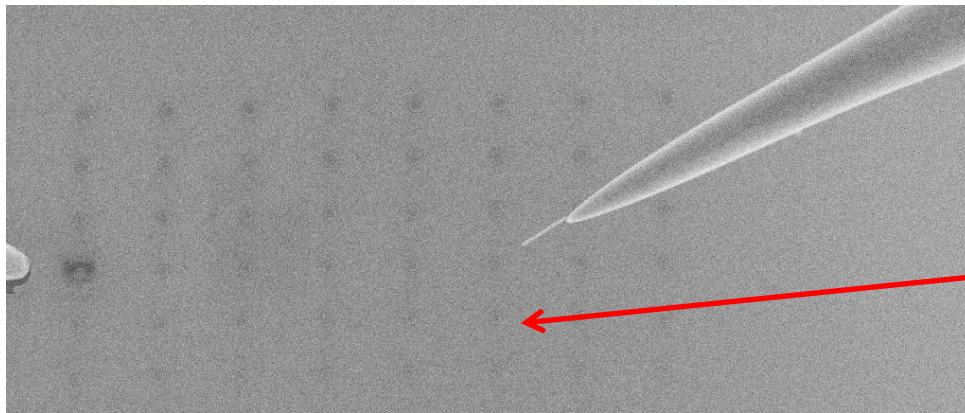
fils-GaAsAlGaAs

Etape 1, venir en contact (sans le perdre)

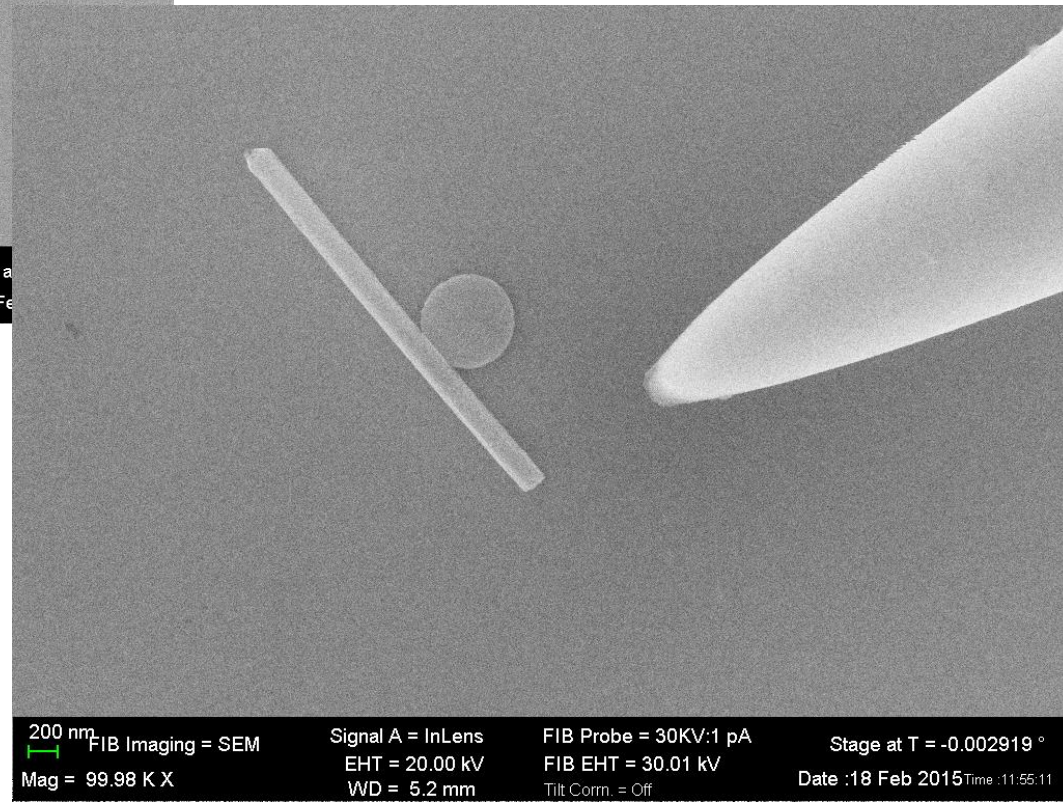
Etape 2, « coller » (juste ce qu'il faut)



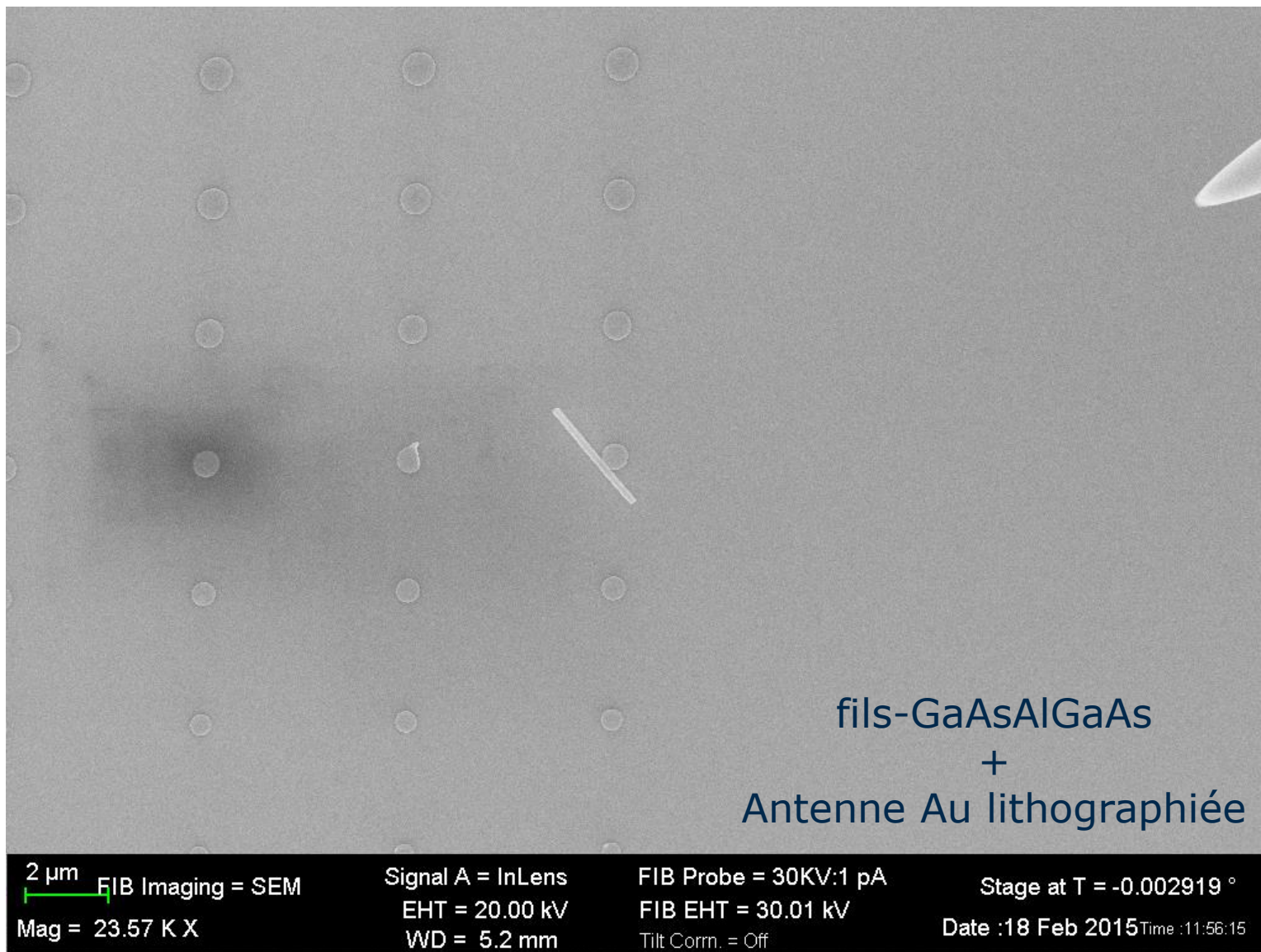
films-GaAsAlGaAs
+
Antenne Au lithographiée

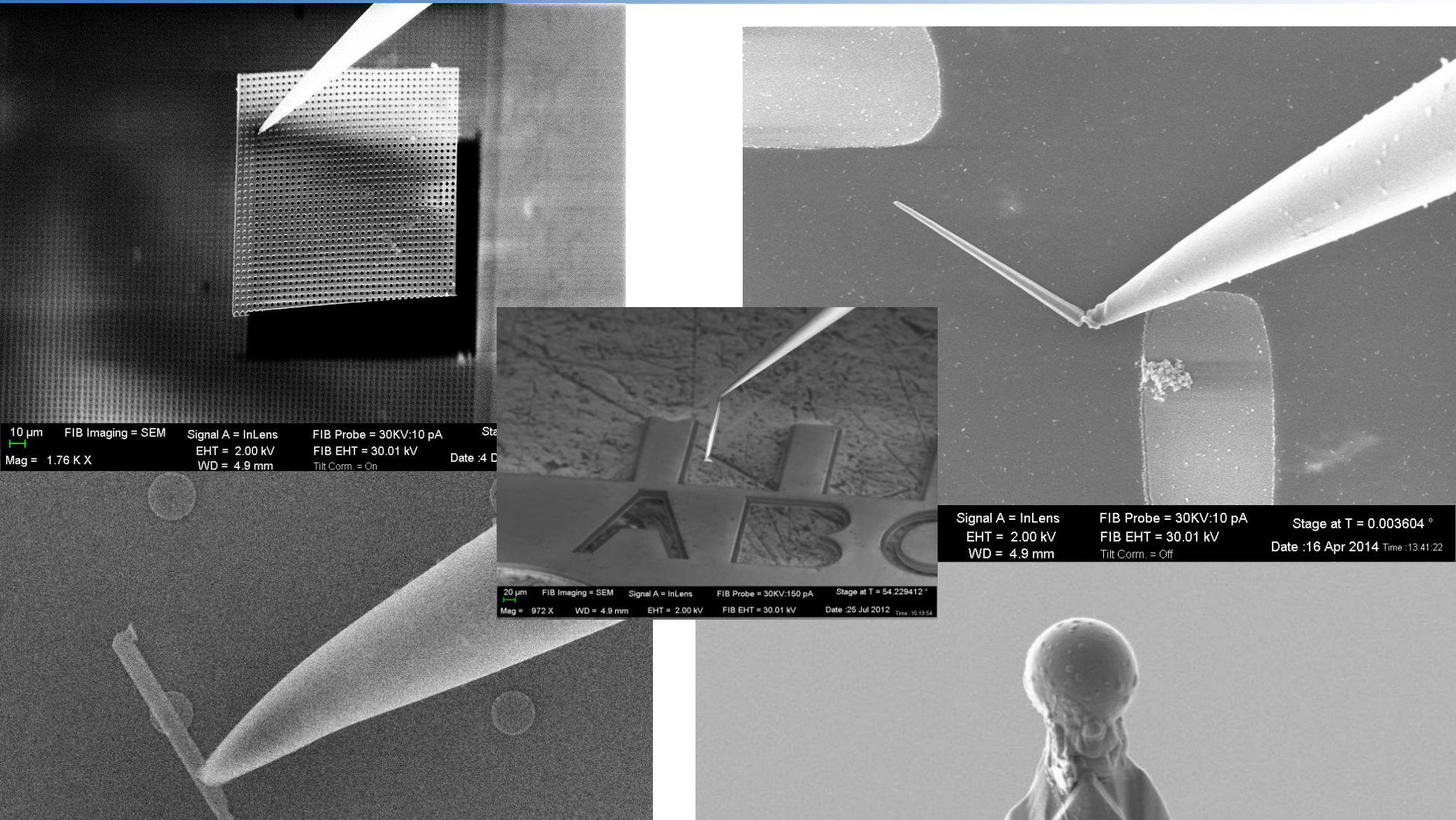


2 μ m FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:1 pA Stage a
Mag = 12.63 K X EHT = 20,00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date :18 Fe
WD = 5.2 mm Tilt.Corr. = Off



200 nm FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:1 pA Stage at T = -0.002919 °
Mag = 99.98 K X EHT = 20.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date :18 Feb 2015 Time :11:55:11
WD = 5.2 mm Tilt.Corr. = Off





10 µm FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:10 pA Stage at T = 0.003604 °
 Mag = 1.76 K X EHT = 2.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date : 16 Apr 2014 Time : 13:41:22
 WD = 4.9 mm Tilt Corr. = On

Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:10 pA Stage at T = 0.003604 °
 EHT = 2.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date : 16 Apr 2014 Time : 13:41:22
 WD = 4.9 mm Tilt Corr. = Off

20 µm FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:150 pA Stage at T = 54.229412 °
 Mag = 972 X WD = 4.9 mm EHT = 2.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date : 25 Jul 2012 Time : 15:19:54

1 µm FIB Imaging = SEM Signal A = InLens FIB Probe = 30KV:10 pA Stage at T = 53.993893 °
 Mag = 74.73 K X EHT = 20.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date : 11 Jul 2012 Time : 15:10:51
 WD = 5.2 mm Tilt Corr. = Off

Merci pour votre attention

Le dual beam SEM-FIB et sa baguette magique

- **Mais pourquoi la baguette Magique**

- **Enjeux**

- **Étudier un objet (micro ou nanométrique)**
- **Sélectionner un objet localisé ou non**
- **L'attraper et le transférer d'un substrat à un autre**

- **Quelques Outils disponibles**

- **Préparation échantillon**
- **Taille et forme de la pointe d'extraction**

- **Exemples**

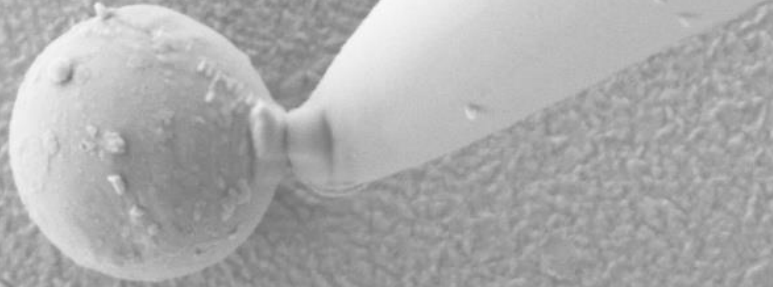
- **Manipulation de micro objets**

- **Fabrication de sondes MFM**

- **Manipulation de nano objets**

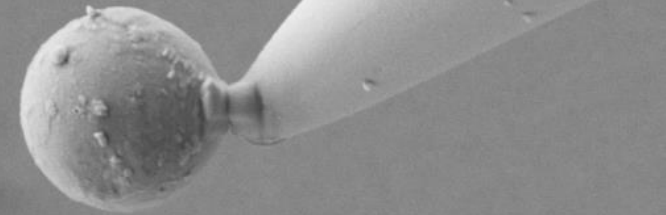
- **Nanofils vs grille TEM ou Antenne**

Fabrication d'une sonde MFM avec une sphère en NdFeB:



200 nm FIB Imaging = SEM Signal A = SESI FIB Probe
Mag = 123.55 K X WD = 4.9 mm EHT = 2.00 kV FIB EHT

Contact & collage



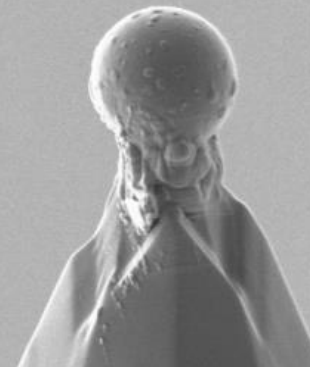
200 nm FIB Imaging = SEM Sig
Mag = 92.35 K X WD = 4.9 mm

Extraction du substrat d'origine



100 μ m FIB Imaging
Mag = 196 X WD

Transfert sur un levier d'AFM



1 μ m FIB Imaging = SEM Signal A = SESI FIB Probe = 30KV:40 pA Stage at T = 53.993893 °
Mag = 30.19 K X WD = 5.1 mm EHT = 2.00 kV FIB EHT = 30.01 kV Date :11 Jul 2012 Time :15:10:51

FIB à Néel



FIB-Zeiss Nvision CMTc-PTA-PFMC

- injecteur de gaz = contactage-collage
- micromanipulateur
- platine eucentrique



Source Gallium



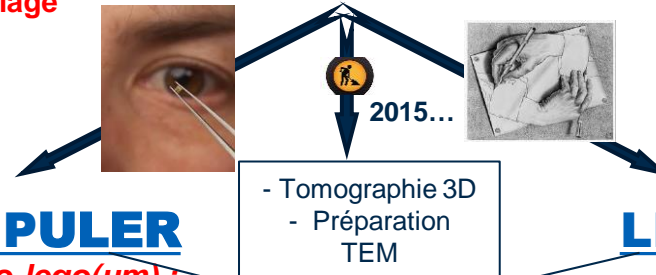
Faisceau

- quelques nm
- courant pA à 40nA
- énergie 30 à 5kV



FIB-leo1530 Institut Néel

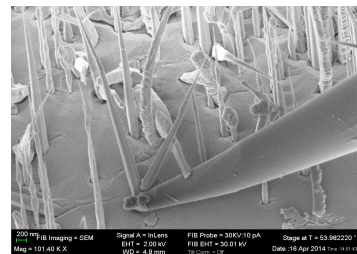
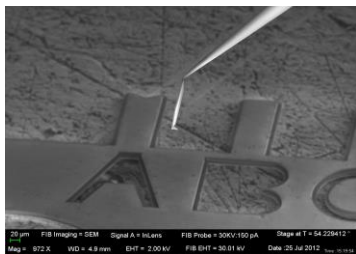
- pilotage Raith
- disponibilité
- fiabilité



VOIR & MANIPULER

Micro/Nano-lego(μm) :

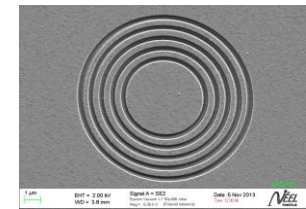
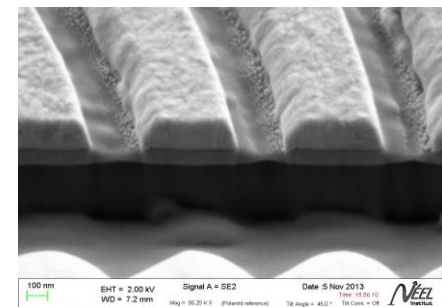
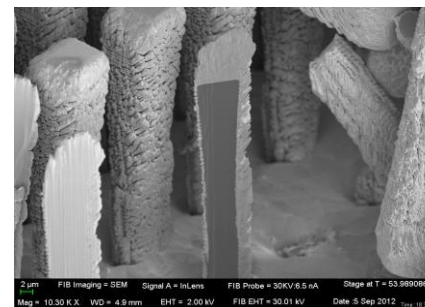
Le micromanipulateur permet d'extraire, de transférer un objet UNIQUE :

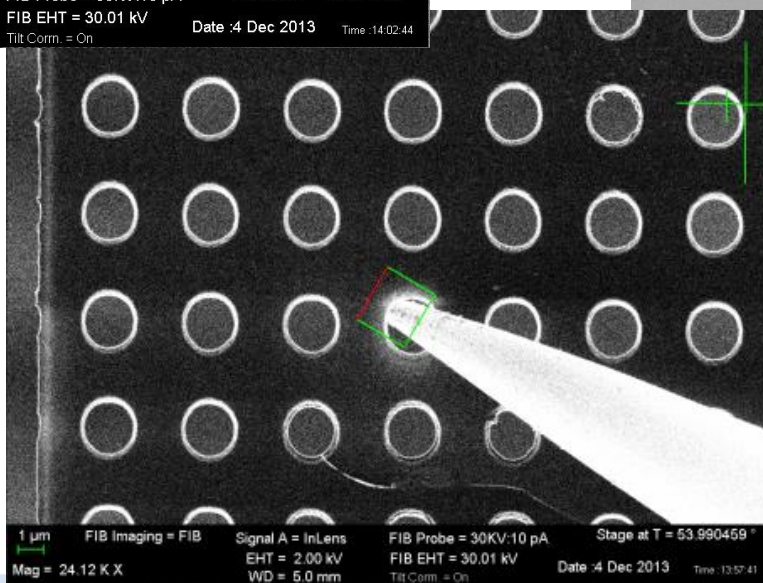
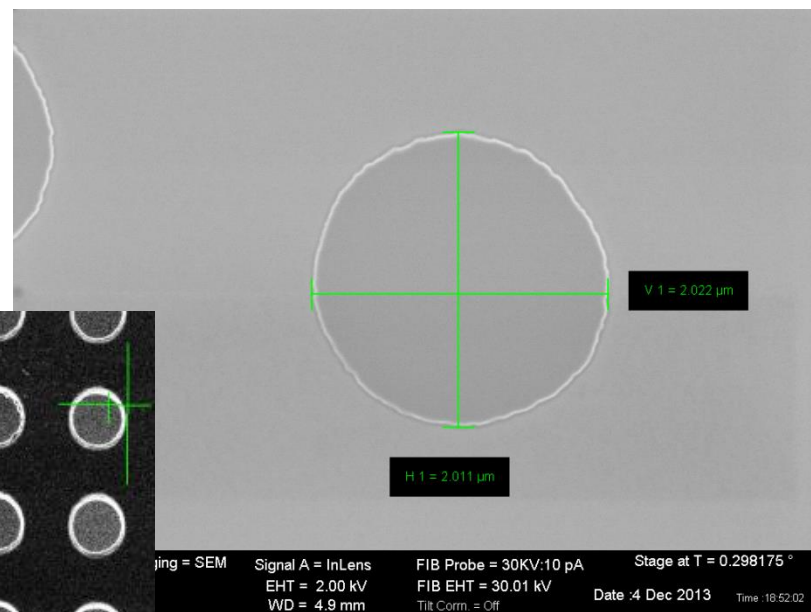
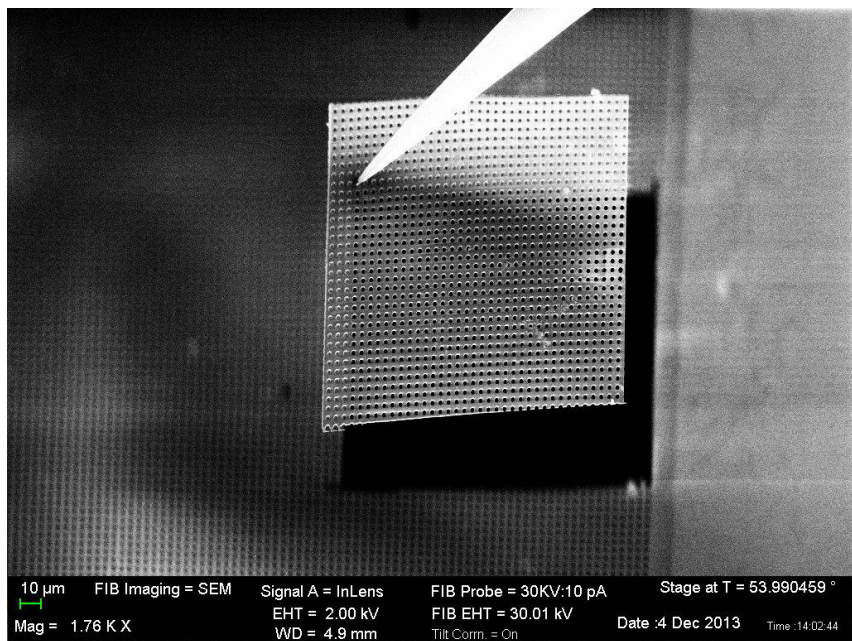


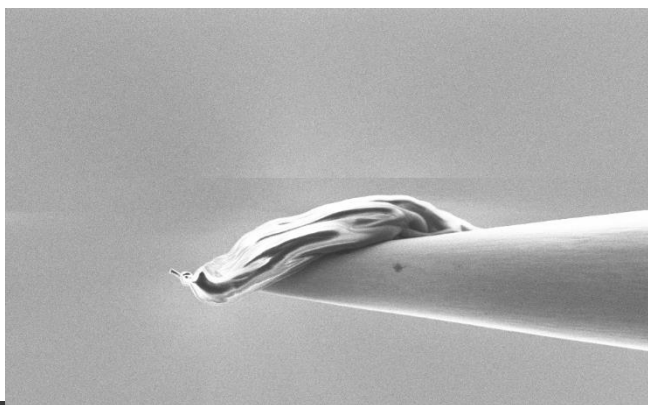
LITHOGRAVER

Cross section & Litho-ionique :

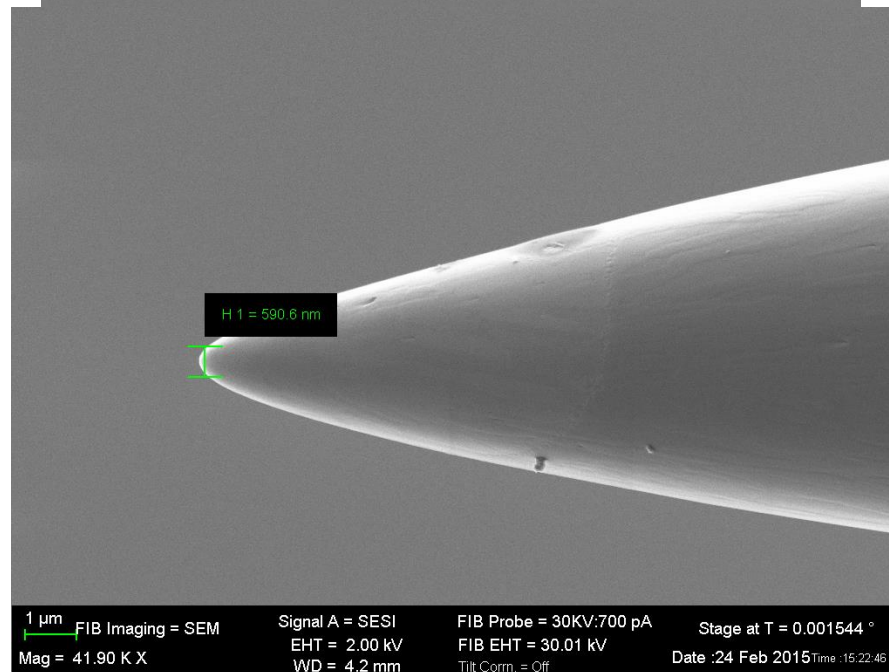
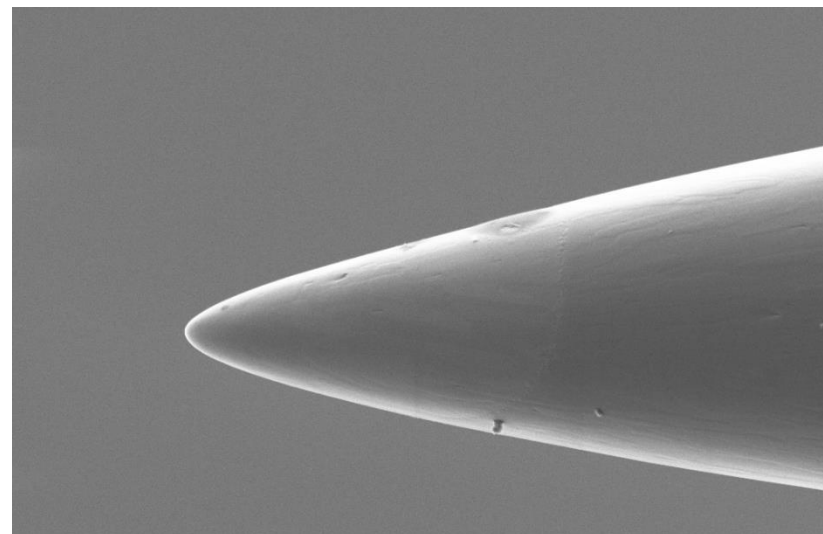
Découper pour mesurer & comprendre, modifier pour corriger;
Sculpter la matière à l'échelle nano



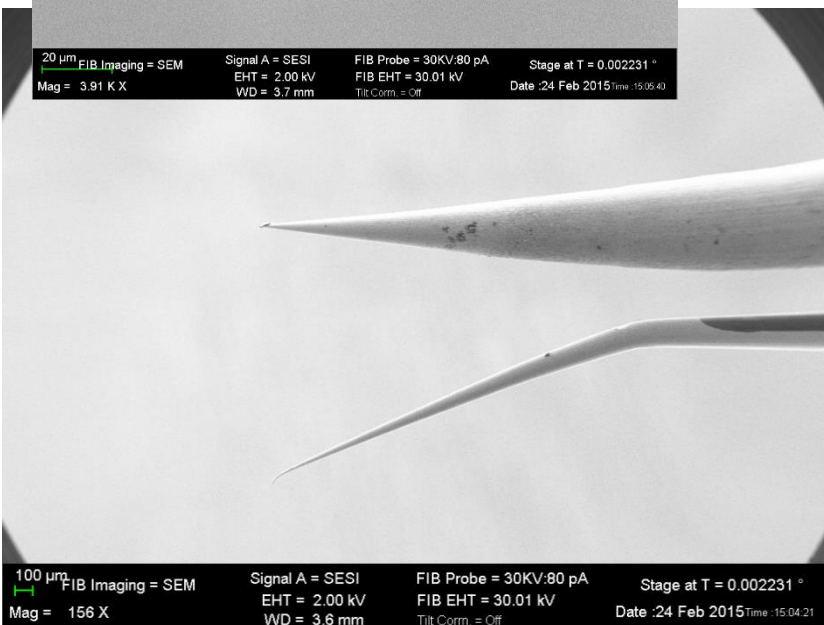




20 μm FIB Imaging = SEM
 Mag = 3.91 K X
 Signal A = SESI
 EHT = 2.00 kV
 WD = 3.7 mm
 FIB Probe = 30KV:80 pA
 FIB EHT = 30.01 kV
 Tilt Corr. = Off
 Stage at T = 0.002231 °
 Date :24 Feb 2015 Time :15:05:40



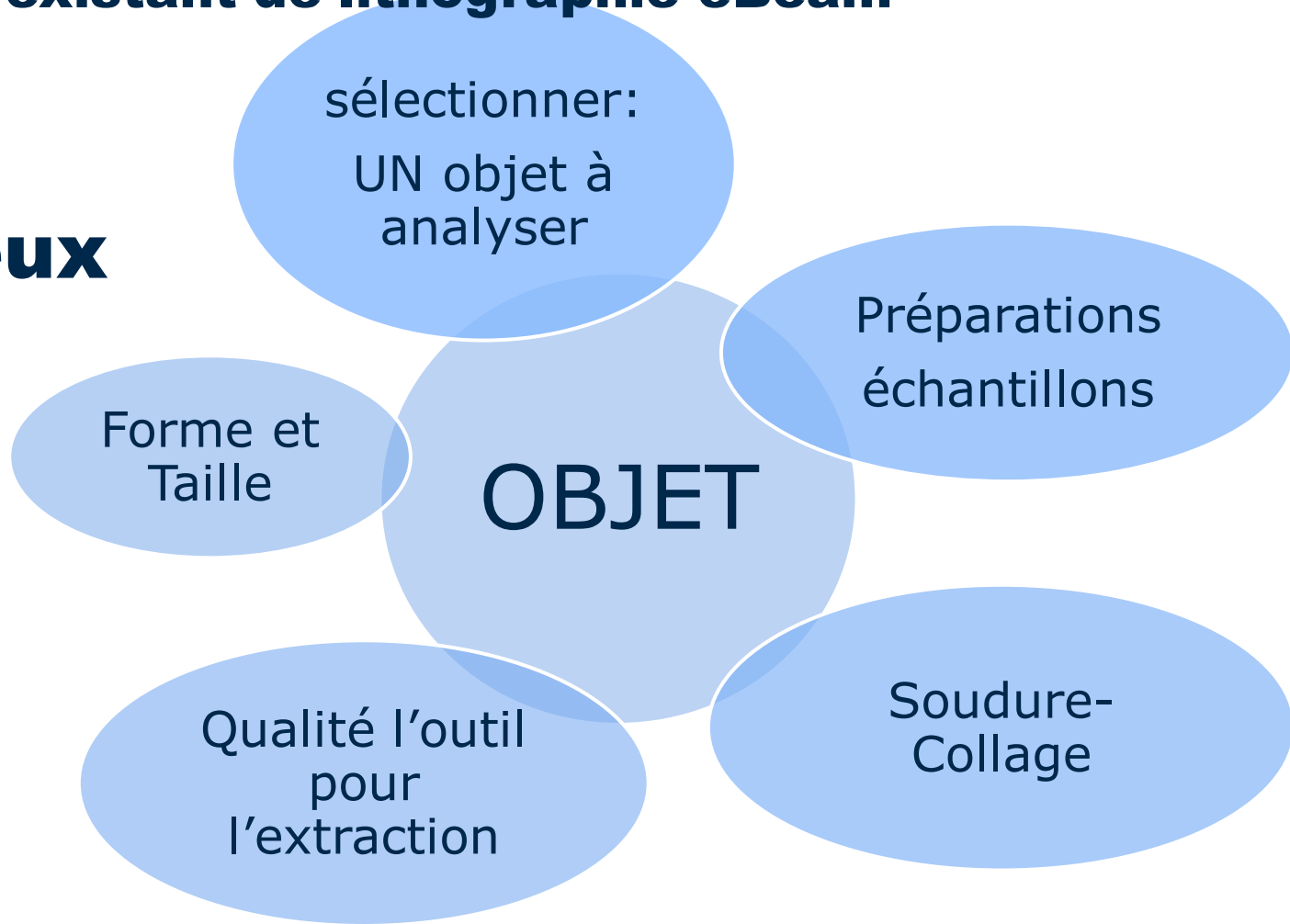
1 μm FIB Imaging = SEM
 Mag = 41.90 K X
 Signal A = SESI
 EHT = 2.00 kV
 WD = 4.2 mm
 FIB Probe = 30KV:700 pA
 FIB EHT = 30.01 kV
 Tilt Corr. = Off
 Stage at T = 0.001544 °
 Date :24 Feb 2015 Time :15:22:46



100 μm FIB Imaging = SEM
 Mag = 156 X
 Signal A = SESI
 EHT = 2.00 kV
 WD = 3.6 mm
 FIB Probe = 30KV:80 pA
 FIB EHT = 30.01 kV
 Tilt Corr. = Off
 Stage at T = 0.002231 °
 Date :24 Feb 2015 Time :15:04:21

Outils existant de lithographie eBeam

Enjeux



Nouveaux outils existant avec l'utilisation de FIB-SEM