

Les matériaux préparés par FIB
leurs limitations, artefacts, autres
"bizarreries" et quelques solutions....

Imène ESTEVE



Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

Sommaire

- 🎃 L'implantation
- 🎃 Le redépôt
- 🎃 l'amorphisation
- 🎃 Le beurrage
- 🎃 Les gravures sur isolants
- 🎃 Le curtaining
- 🎃 Le rippling
- 🎃 Les effets thermiques



L'IMPLANTATION



Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

L'INTERACTION IONS-MATIERE



SUR MATERIAU MASSIF

- Pulvérisation d'atomes cibles
- Etat liquide après 1 ps*
- Relaxation et création de défauts après 10 ps



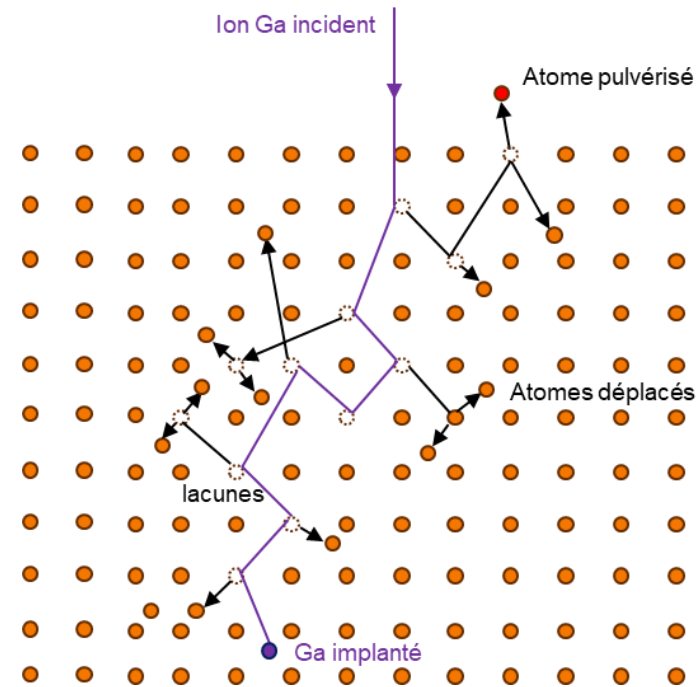
IMPLANTATION D'IONS Ga⁺



AMORPHISATION



DOMMAGES ELECTRIQUES



Le Ga.... QUELQUES ELEMENTS PROBLEMATIQUES

Fragilisation par du Ga dans Ag, Al, Cd, Cu, Fe, Sn et Zn

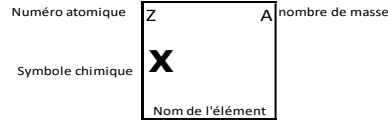


Al

DIFFUSION-AMALGAME

TABLEAU PERIODIQUE DES ELEMENTS

1 IA																		18 VIIIA																														
K	H Hydrogène																	He Hélium																														
L	Li Lithium	Be Béryllium																	Ne Néon																													
M	Na Sodium	Mg Magnésium																	Ar Argon																													
N	K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titane	V Vanadium	Cr Chrome	Mn Manganèse	Fe Fer	Co Cobalt	Ni Nickel	Cu Cuivre	Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Sélénium	Br Brome	Kr Krypton																														
O	Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdène	Tc Technétium	Ru Ruthénium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Argent	Cd Cadmium	In Indium	Sn Étain	Sb Antimoine	Te Tellure	I Iode	Xe Xénon																														
P	Cs Césium	Ba Baryum	57 à 71 Lanthanides	Hf Hafnium	Ta Tantale	W Tungstène	Re Rhénium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platine	Au Or	Hg Mercure	Tl Thallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astate	Rn Radon																														
Q	Fr Francium	Ra Radium	89 à 103 Actinides	Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Ds Darmstadtium	Rg Roentgenium	Cn Copernicium	Uut Ununtrium	Fl Flerovium	Uup Ununpentium	Lv Livermorium	Uus Ununseptium	Uuo Ununoctium																														
<table border="1"> <tr> <td>La Lanthane</td> <td>Ce Césium</td> <td>Pr Prasodyme</td> <td>Nd Néodyme</td> <td>Pm Prométhium</td> <td>Sm Samarium</td> <td>Eu Europium</td> <td>Gd Gadolinium</td> <td>Tb Terbium</td> <td>Dy Dysprosium</td> <td>Ho Holmium</td> <td>Er Erbium</td> <td>Tm Thulium</td> <td>Yb Ytterbium</td> <td>Lu Lutetium</td> </tr> <tr> <td>Ac Actinium</td> <td>Th Thorium</td> <td>Pa Protactinium</td> <td>U Uranium</td> <td>Np Neptunium</td> <td>Pu Plutonium</td> <td>Am Américium</td> <td>Cm Curium</td> <td>Bk Berkélium</td> <td>Cf Californium</td> <td>Es Einsteinium</td> <td>Fm Fermium</td> <td>Md Mendelevium</td> <td>No Nobelium</td> <td>Lw Lawrencium</td> </tr> </table>																			La Lanthane	Ce Césium	Pr Prasodyme	Nd Néodyme	Pm Prométhium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium	Ac Actinium	Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Américium	Cm Curium	Bk Berkélium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Md Mendelevium	No Nobelium	Lw Lawrencium
La Lanthane	Ce Césium	Pr Prasodyme	Nd Néodyme	Pm Prométhium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium																																		
Ac Actinium	Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Américium	Cm Curium	Bk Berkélium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Md Mendelevium	No Nobelium	Lw Lawrencium																																		



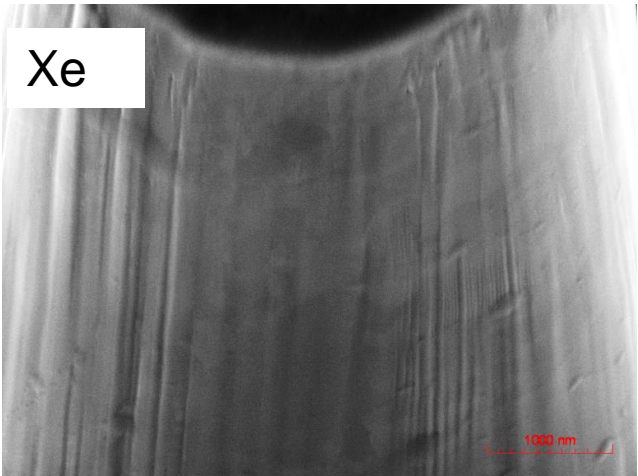
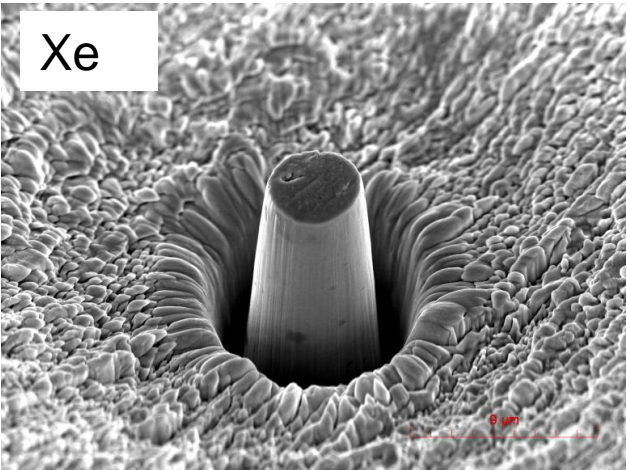
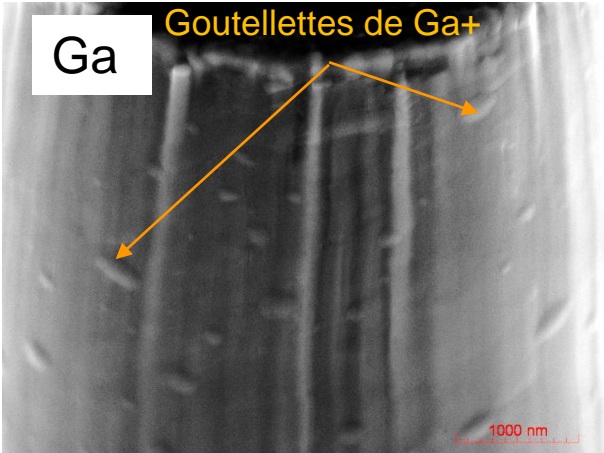
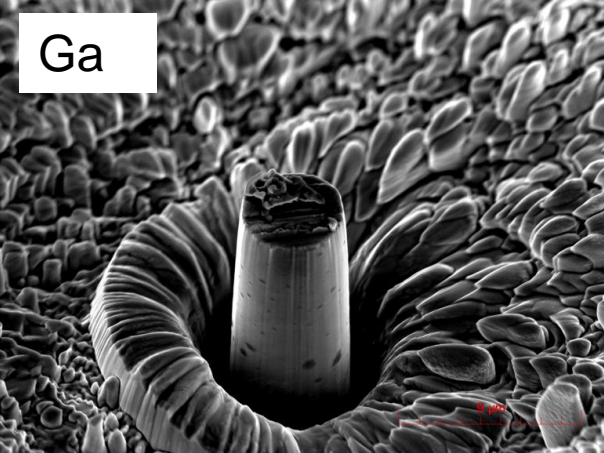
Sn
SUBLIMATION

- Alcalins
- Alcalino-terreux
- Autres métaux
- Métaux de transition
- Lanthanides
- Actinides
- Semi-métaux
- Non métaux
- Halogènes
- Gaz rares



LE GALLIUM.... et L' ALUMINIUM

IMPLANTATION ET DIFFUSION DU GALLIUM



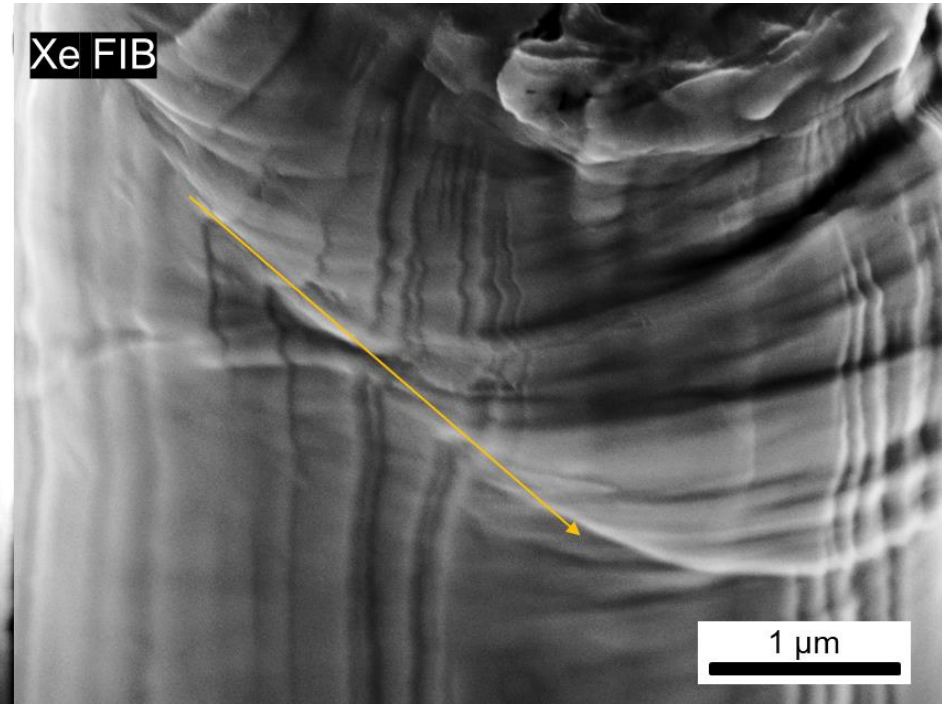
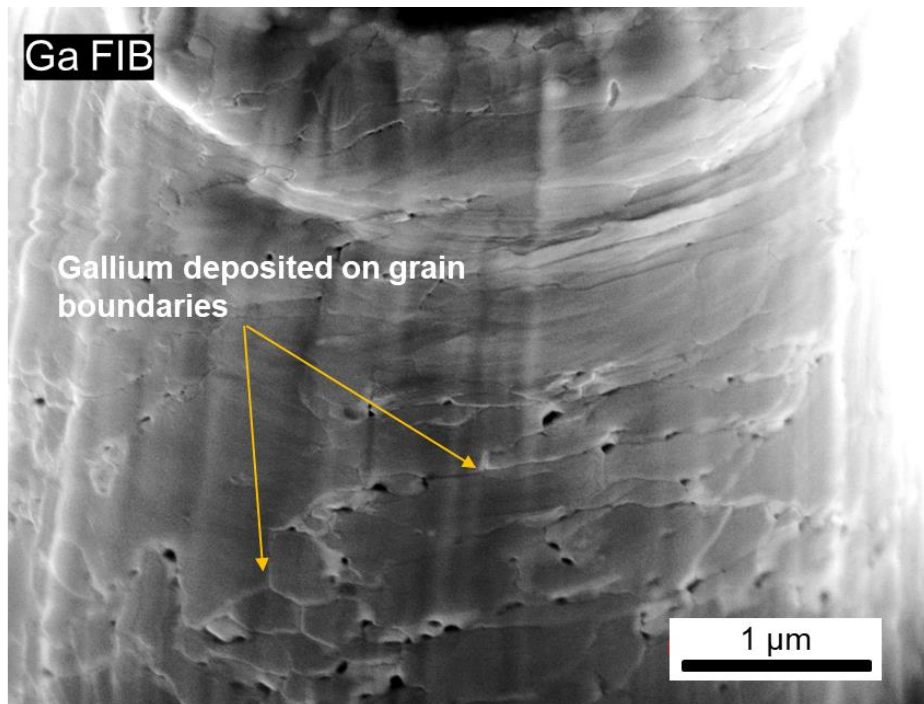
An array of pillars prepared by Xe+ Plasma FIB from UFG aluminum.
Sample courtesy of J. Kopeček (Institute of Physics ASCR)



LE GALLIUM.... Et L' ALUMINIUM



CONCENTRATION DE GALLIUM AU JOINTS DE GRAIN



Pillar prepared by Ga FIB – failure along grain boundaries visible Pillar prepared by Xe Plasma FIB – slip bands visible



Comportement mécanique affecté par implantation de Ga

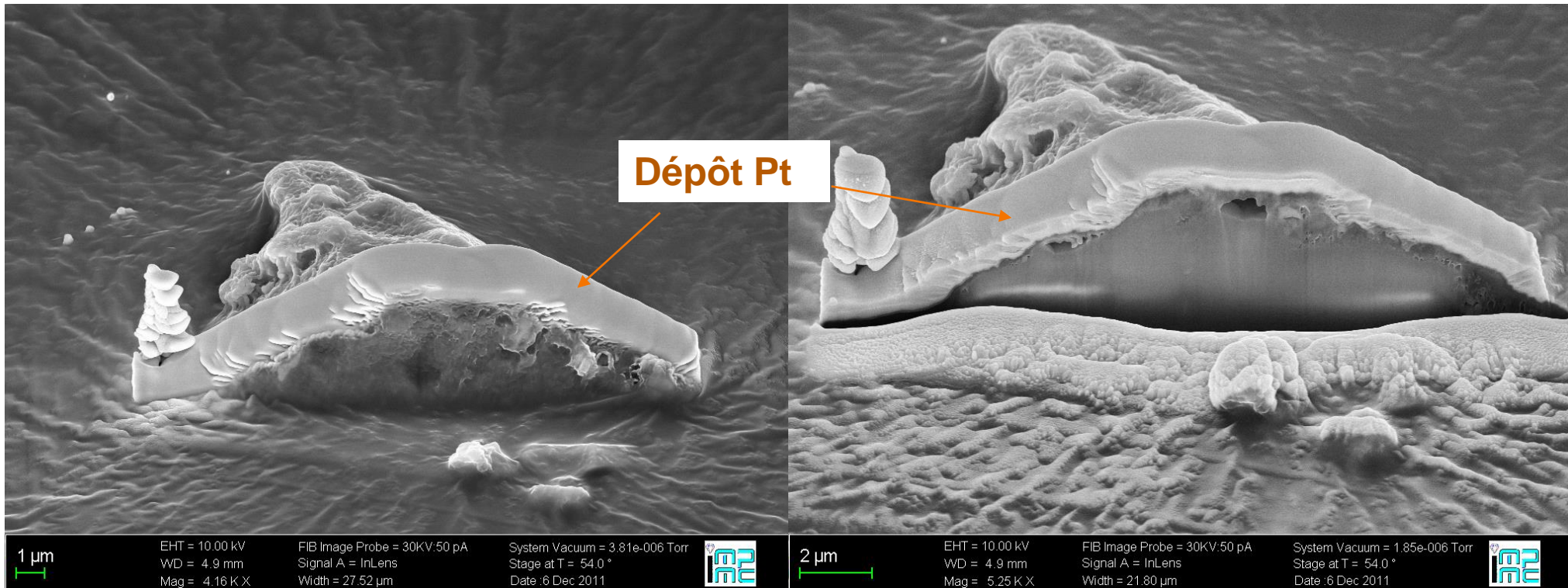
L'IMPLANTATION SOLUTION #1



PROTEGER LA ZONE D'INTERÊT

Il est possible de la protéger par la réalisation d'un :

- dépôt métallique comme du Pt par exemple

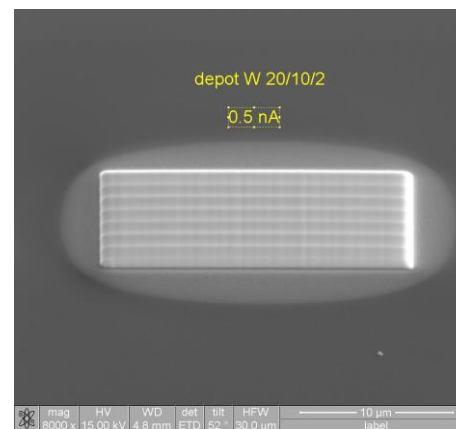
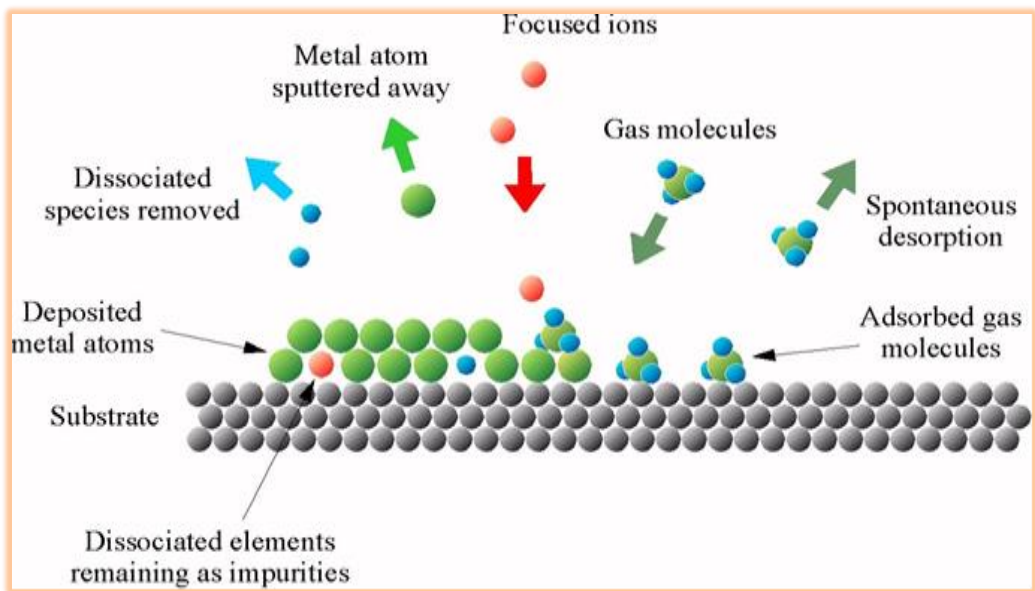


L'IMPLANTATION SOLUTION #1

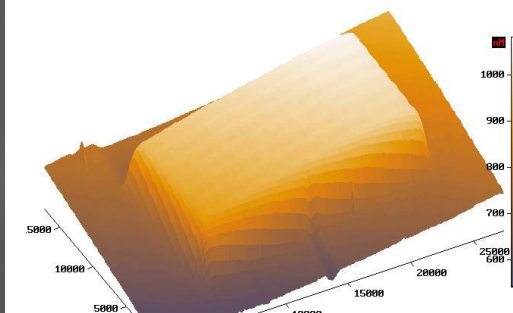


REALISER UN DEPÔT DE PROTECTION

Différents matériaux peuvent ainsi être déposés:
W, PT, C, SiOx.



Dépôt de W sur du Si



Imagerie AFM du dépôt



DEPOT IONIQUE VS DEPOT ELECTRONIQUE

IBID vs EBID



S'IL FAUT PROTEGER L'EXTREME SURFACE

Il est possible de la protéger par la réalisation d'un :

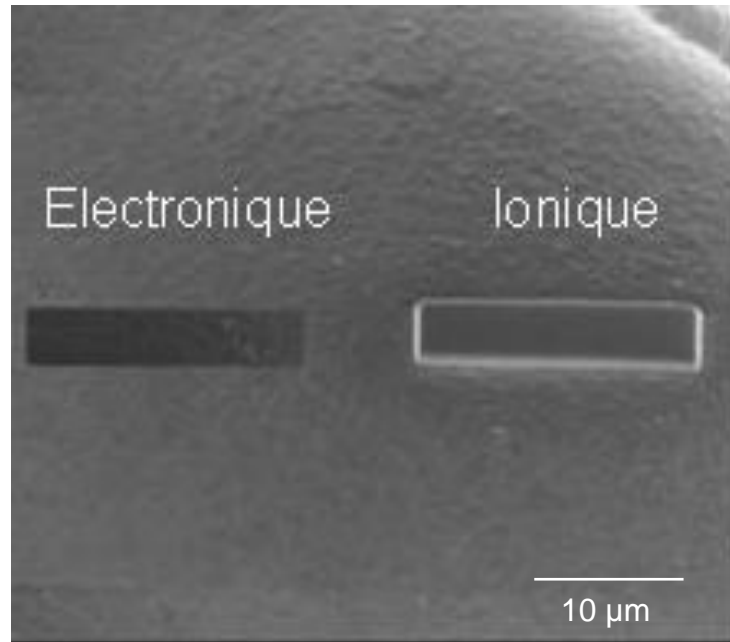
- dépôt électronique au préalable
- d'un dépôt ionique

EBID Electron Beam Induced Deposition

Composé riche en C
et peu de Pt

Vitesse de dépôt
lente

**l'extrême
surface est
préservée**



IBID Ion Beam Induced Deposition

Composé riche en Pt
et peu de C

Vitesse de dépôt
rapide

**l'extrême
surface
abrasée**



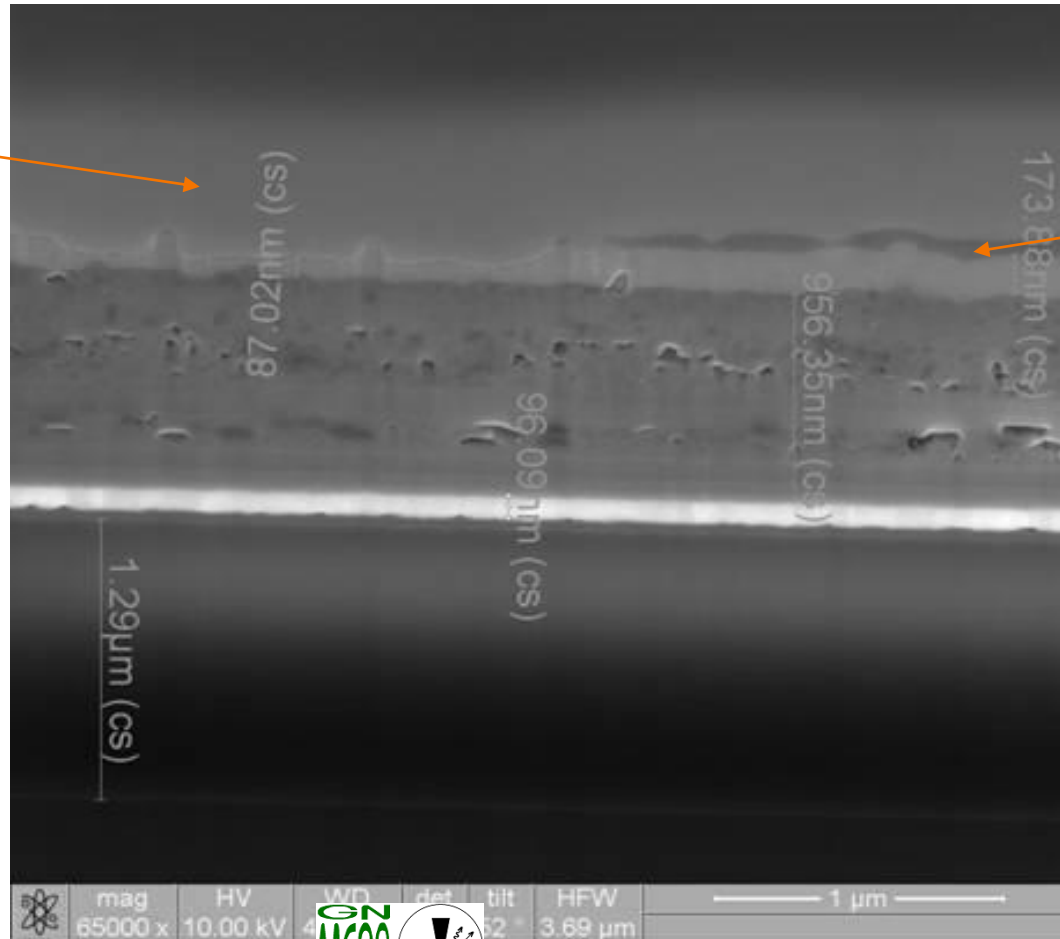
DEPOT IONIQUE VS DEPOT ELECTRONIQUE IBID vs EBID



AVEC ET SANS COUCHE SACRIFICIELLE

Dépôt Pt ionique
ou IBID
uniquement :
l'extrême surface
abrasée

87 nm mesuré



Dépôt Pt e-
ou EBID
Préalable
Extrême
surface
préservée

173 nm mesuré

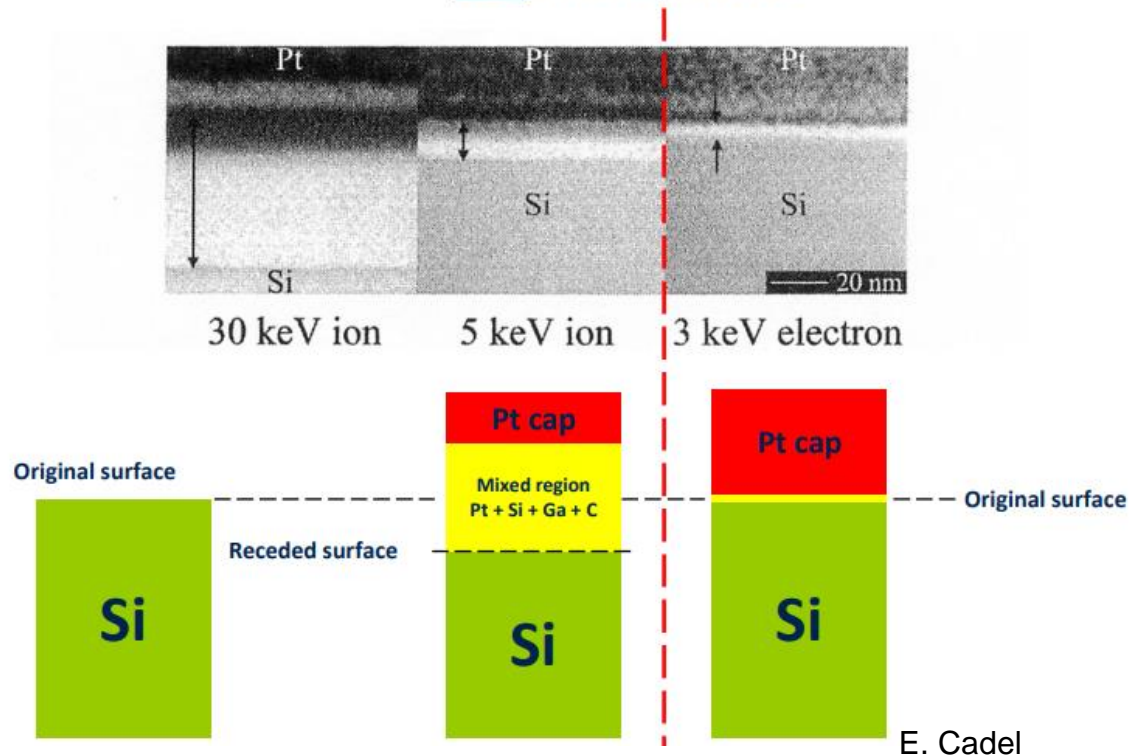


DEPOT IONIQUE VS DEPOT ELECTRONIQUE IBID vs EBID



S'IL FAUT PROTEGER L'EXTREME SURFACE

Pt : IBID/EBID



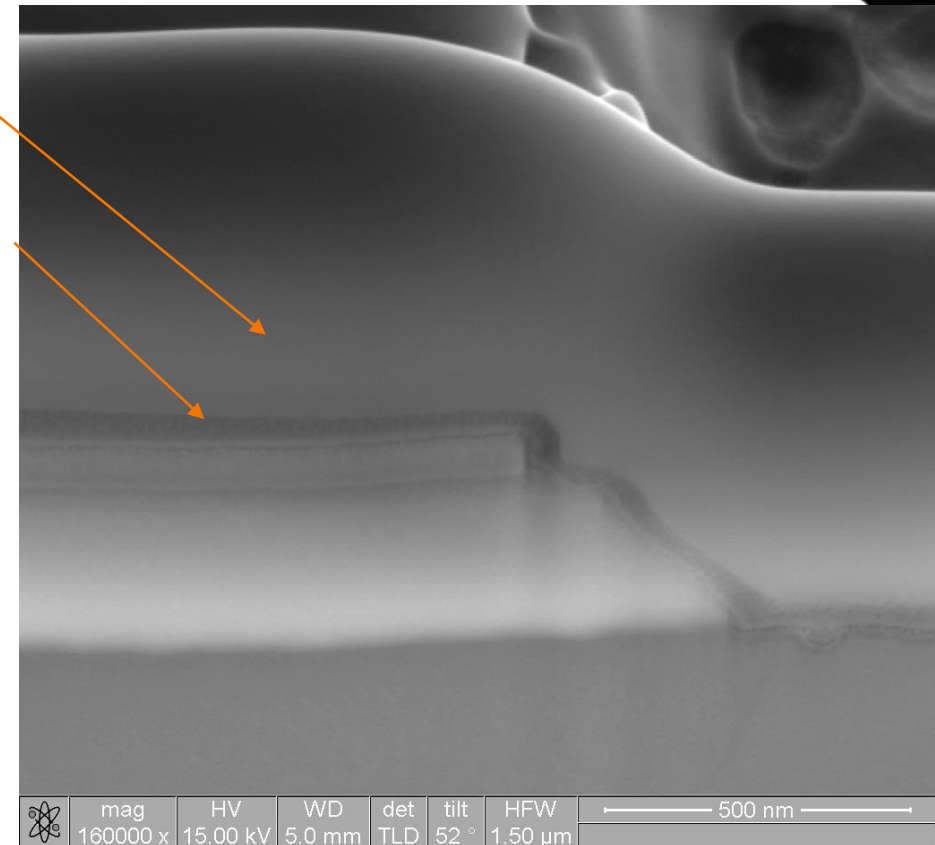
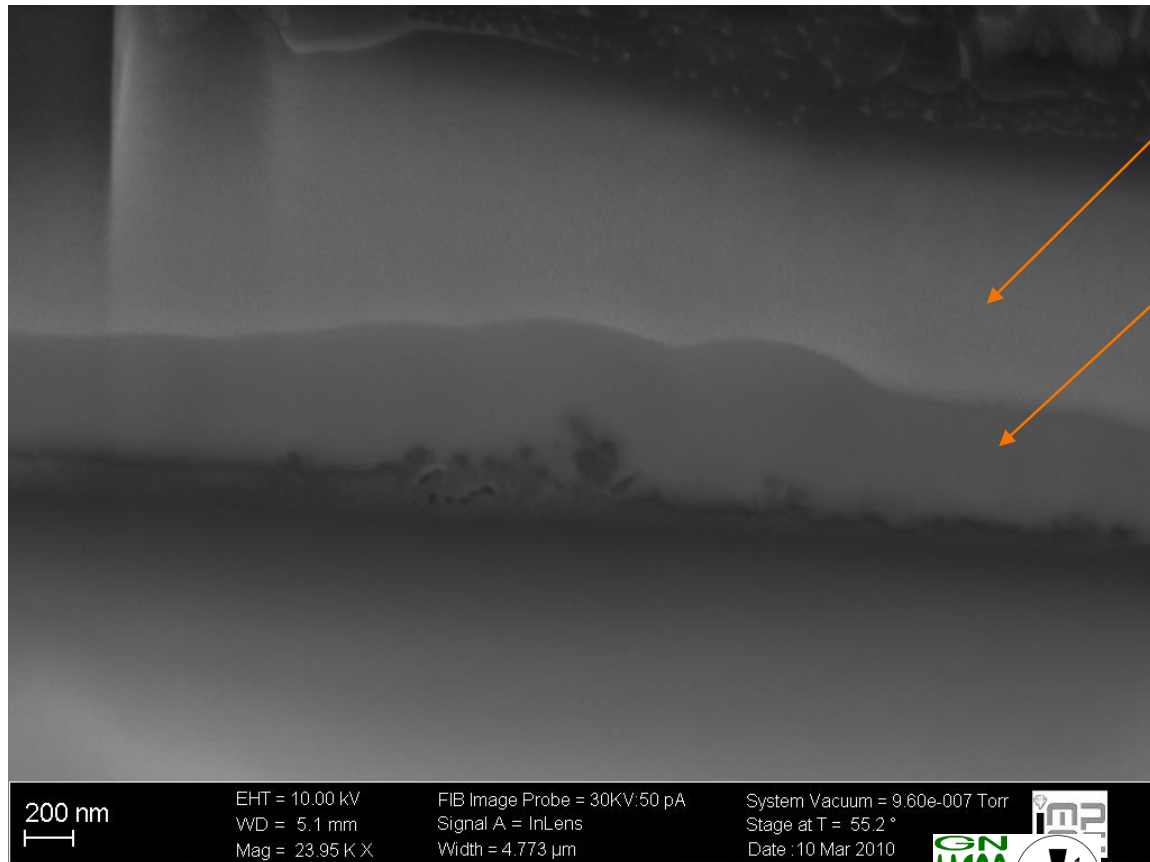
Il est également possible de réaliser des lames inversées

DEPOT IONIQUE ET DEPOT ELECTRONIQUE LA COMPLEMENTARITE



AVEC COUCHE SACRIFICIELLE

Extrême surface protégée



L'IMPLANTATION SOLUTION #2



CHANGER LA NATURE DES IONS INCIDENTS

Il est possible de minimiser l'implantation :

- EN UTILISANT UNE AUTRE SOURCE QUE DU Ga



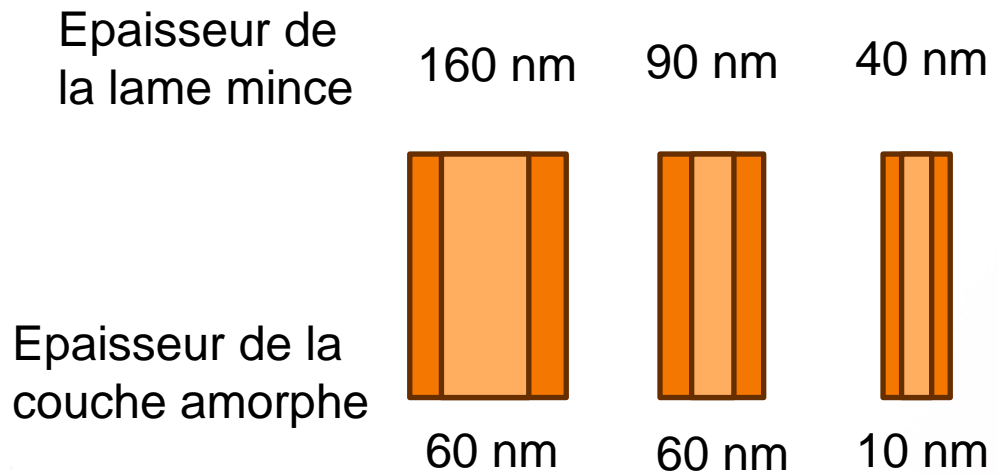
L'Amorphisation

L'AMORPHISATION, C'EST QUOI ?



ENDOMMAGEMENT DE LA STRUCTURE CRISTALLINE

Lors de l'amincissement des lames, sur Si :



L'AMORPHISATION, SOLUTION # 1



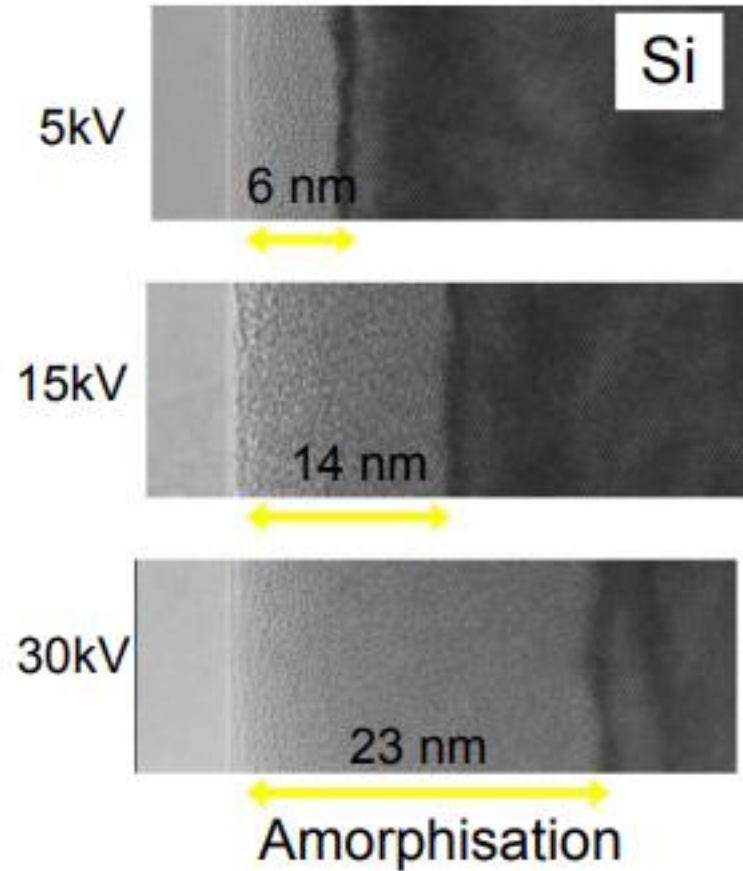
LA BASSE TENSION

Il est possible de la réduire en :

- amincissant les lame à basse tension
- en diminuant les angles



Limiter l'impact des ions gallium dans la structure cristalline de l'échantillon



** Schaffer, M, et. al., "Sample preparation for atomic-resolution STEM at low voltages by FIB", *Ultramicroscopy* 114 (2012) 62-71

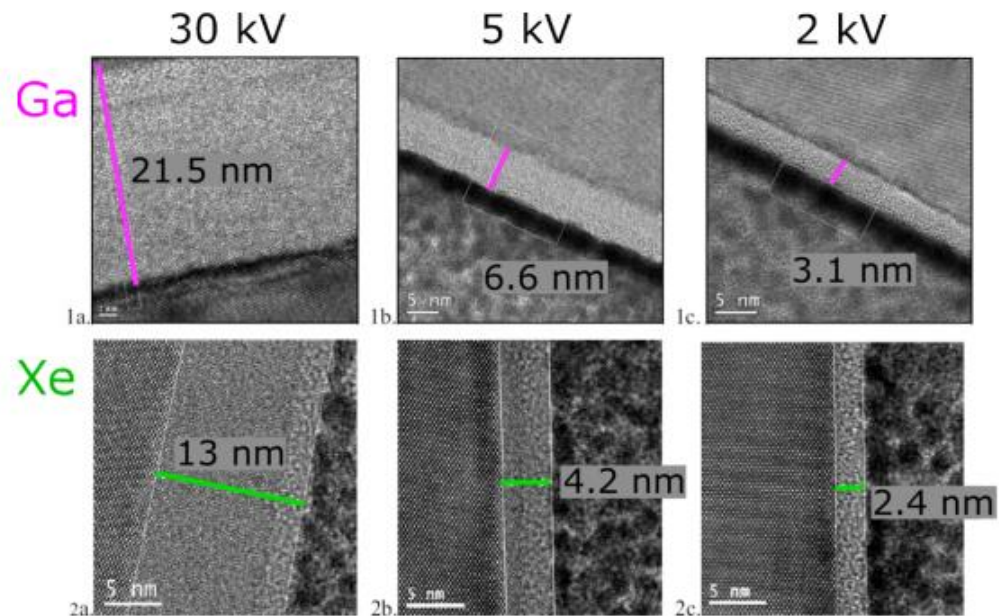
L'AMORPHISATION SOLUTION # 2



EN UTILISANT DES IONS PLUS GROS

Il est possible de minimiser l'épaisseur d'amorphisation en :

- EN UTILISANT DES IONS PLUS GROS COMME DU Xe



Overview of amorphization layer thickness in Si, from *

* Kelley, R, "Xe+ FIB milling and measurement of amorphous silicon damage", *Microsc. Microanal.* **19** (Suppl2), (2013) 862-863

L'AMORPHISATION, SOLUTION # 2



CHANGER LE TYPE D'IONS

Il est possible d'enlever une partie de l'amorphisation de surface par :

- des nettoyages plasma Ar+ par exemple



AVEC DES « PLASMA CLEANERS »

*** Süess, M, et. al., "Minimization of amorphous layer in Ar+ ion milling for UHR-TEM"
Ultramicroscopy 111 (2011) 1224-1232

A dark, atmospheric illustration of a Halloween scene. In the background, a large, multi-towered haunted house sits on a hill under a full moon and a cloudy sky with several bats flying. In the foreground, two glowing jack-o'-lanterns with menacing faces are placed on a wooden surface. The overall color palette is dark blues, greys, and oranges from the pumpkins.

Le redépôt

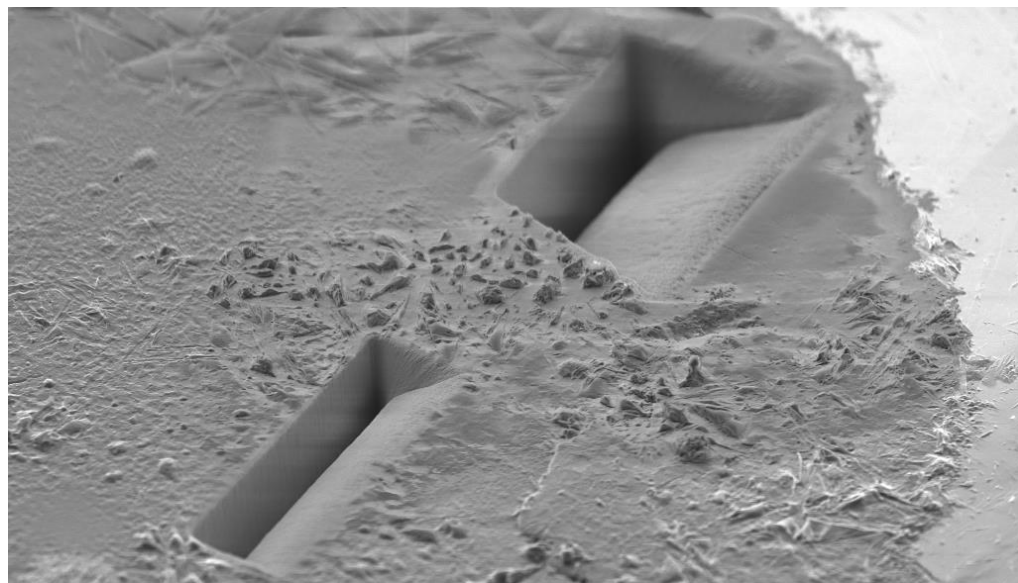


Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LE REDEPÔT : C'EST QUOI ?



LA MATIERE EXCAVEE RETOMBE AU ABORDS OU SUR LES POURTOURS DE LA ZONE ABRASEE



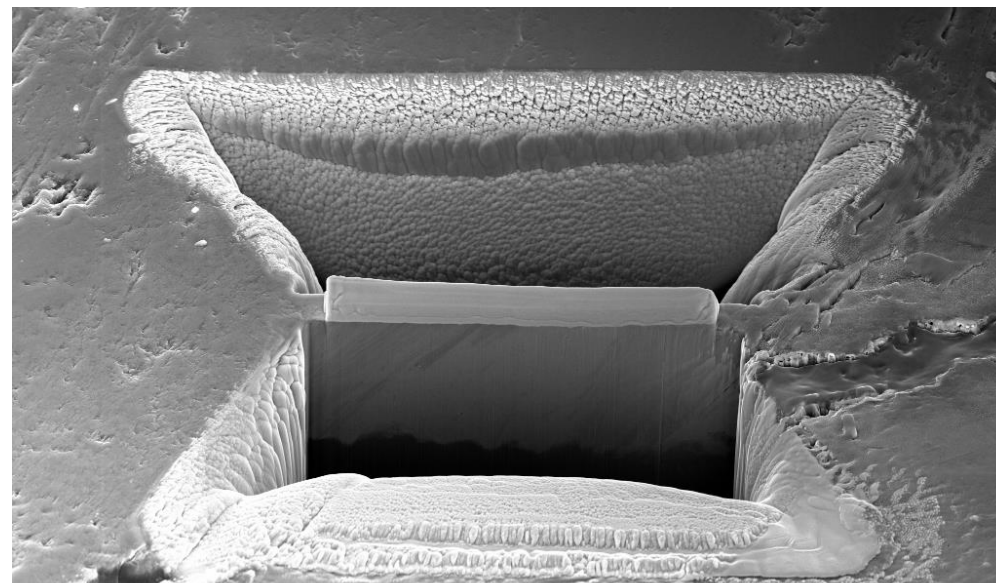
ECHANTILLON HP-HT

10 μ m

EHT = 3.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 126.4 μ m

Image Pixel Size = 123.4 nm
Mag = 2.39 K X



ROCHE NICKELIFERE

10 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 5.1 mm
Mag = 1.30 K X

FIB Image Probe = 30KV: 10 pA
Signal A = InLens
Width = 87.76 μ m

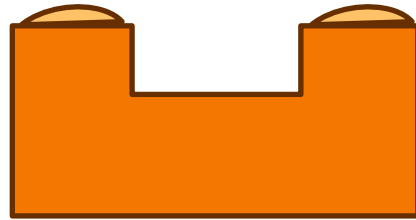
System Vacuum = 1.35e-006 mbar
Stage at T = 54.0 °
Date : 9 Jun 2010



LE REDEPÔT : C'EST QUOI ?

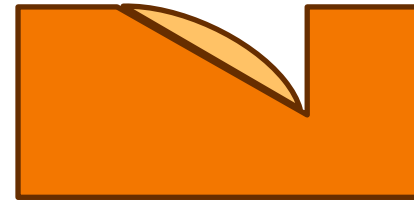


DEPENDANT DU BALAYAGE



Trame par trame

- Imagerie
- Gravure horizontale
- Delayering
- Faible redépôt



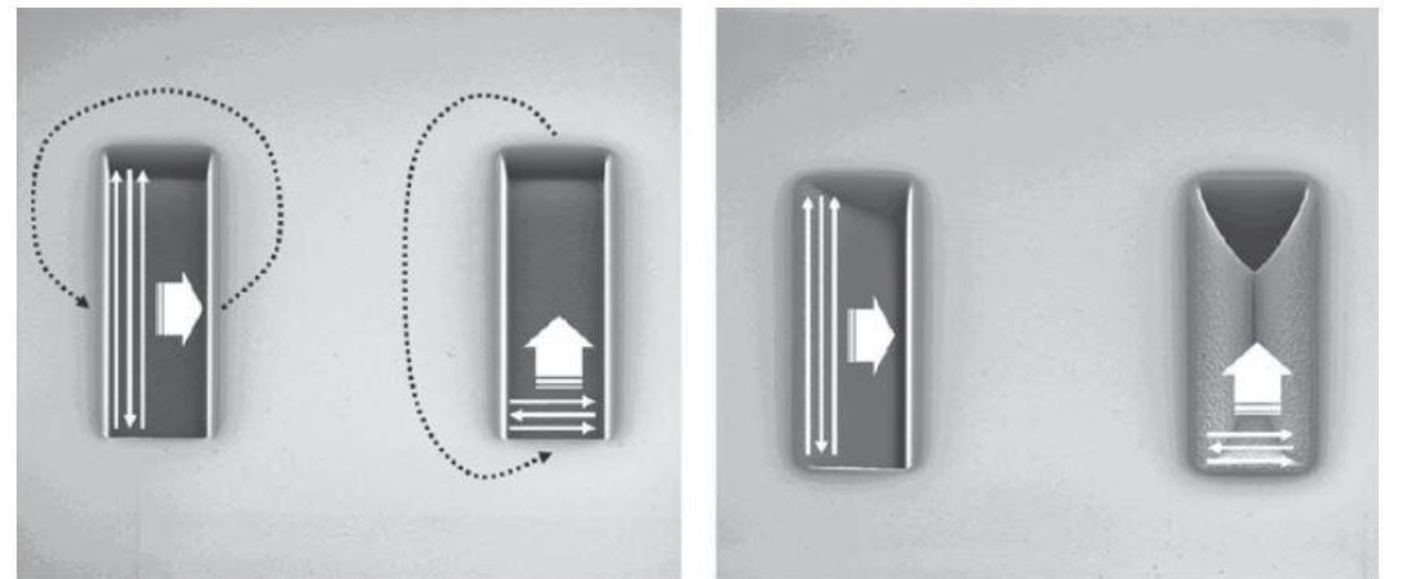
Ligne par ligne

- Cross-section/Polissage
- Excavation gros volume
- Plans inclinés
- Delayering
- Fort redépôt au fond et les bords

LE REDEPÔT : SOLUTION # 1



DEPENDANT DU FACTEUR DE FORME ET DU SENS



BOITE DE 10 X 2 μm



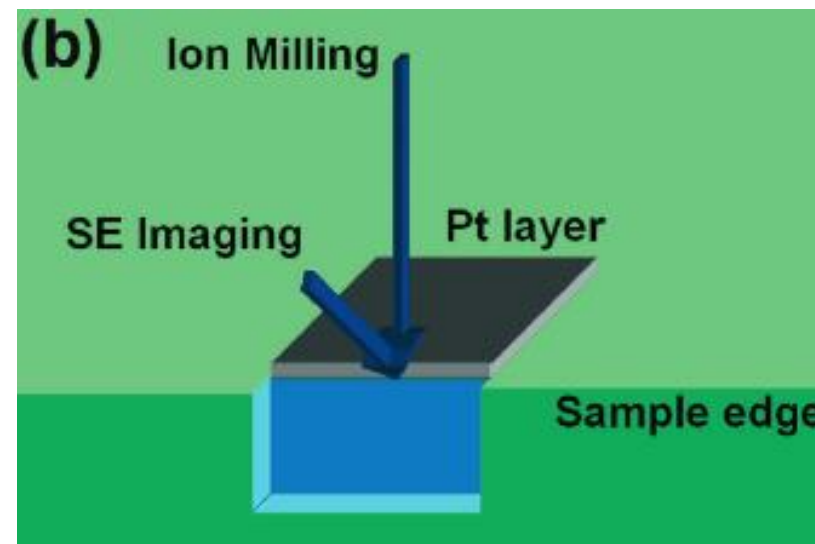
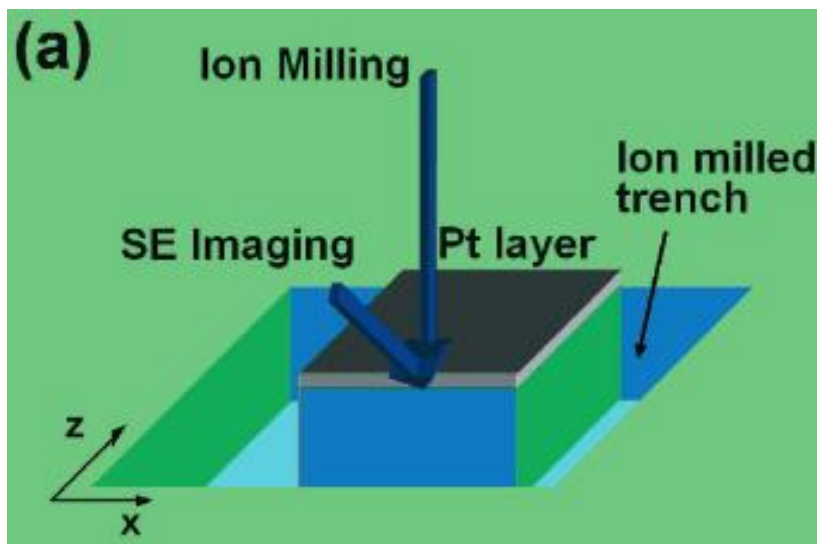
PARAMETRES AJUSTABLES

- Type de balayage : serpentín, multipass....
- Dwell Time = temps de pose par pixel
- Spacing = recouvrement entre pixel en x et y
- Dose = valeur exprimée en $\text{nC}/\mu\text{m}^2$
- Pixel size = taille du pixel
- Probe Size = taille du faisceau (choix du diaphragme de courant)

LE REDEPÔT : SOLUTION # 2



LE LIMITER EN GRAVANT UN BORD

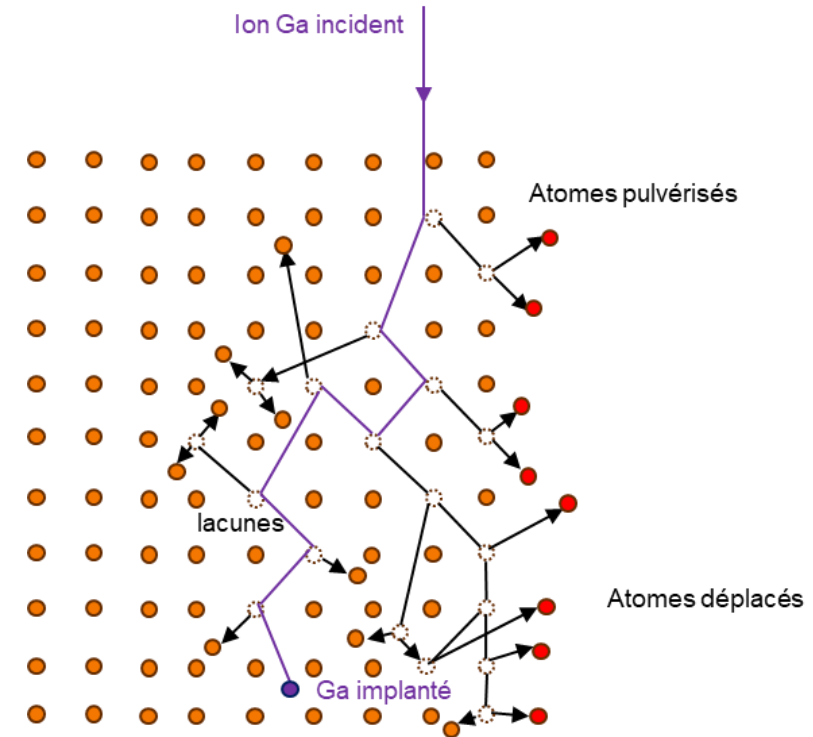
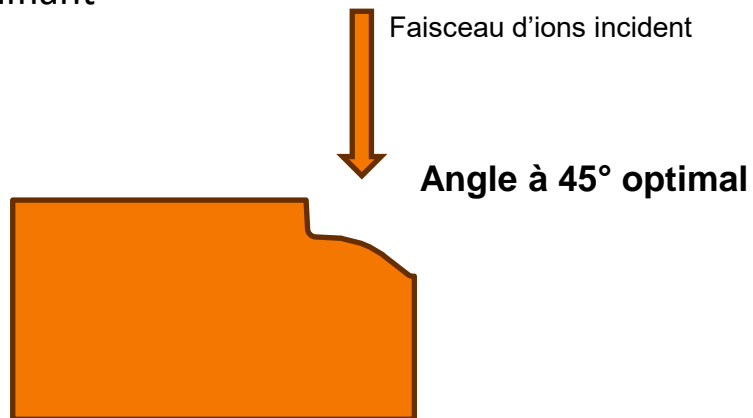


LE REDEPÔT : SOLUTION # 2



L'INTERACTION ION-MATIÈRE SUR UN BORD

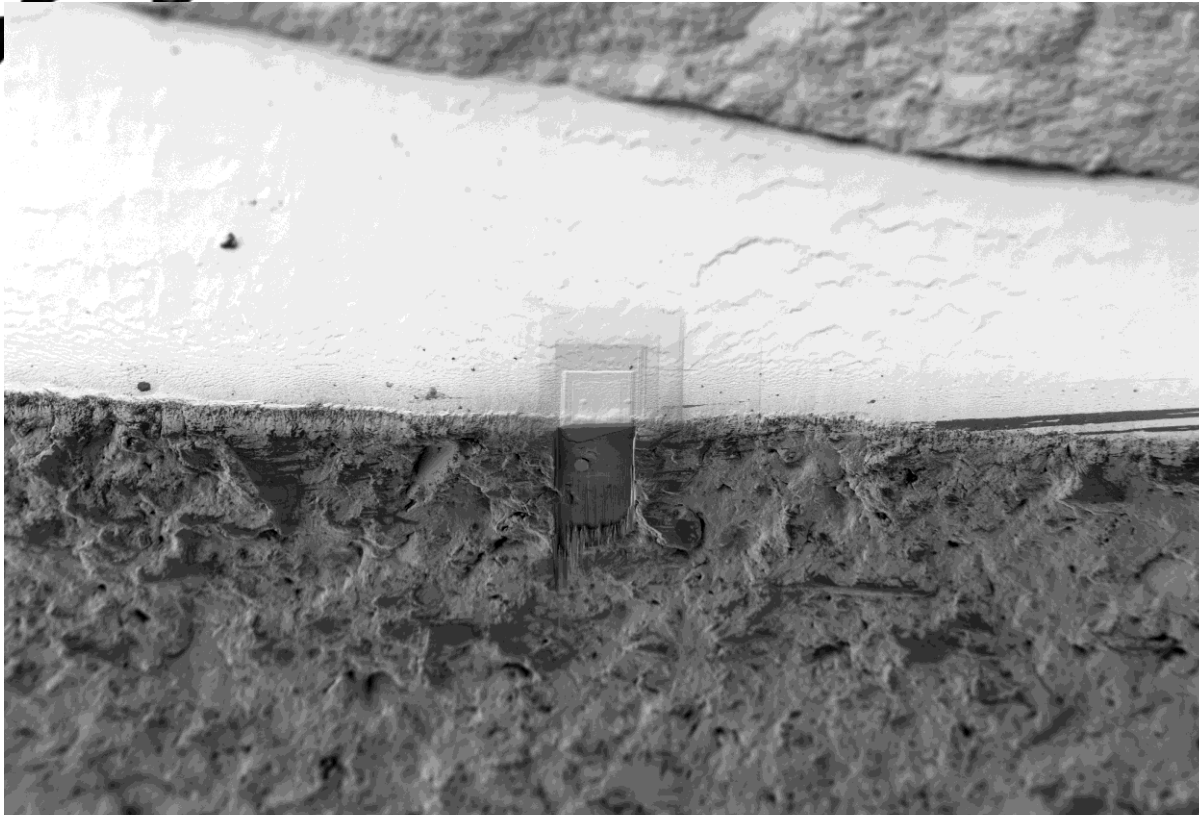
- Augmentation du taux de pulvérisation (x8)*
- Stratégie de balayage importante
→ milling ligne par ligne efficace
- Dwell time long pour augmenter la profondeur du mur
→ gravure accélérée
- Redépôt insignifiant



LE REDEPÔT : SOLUTION #2



SUR UN BORD

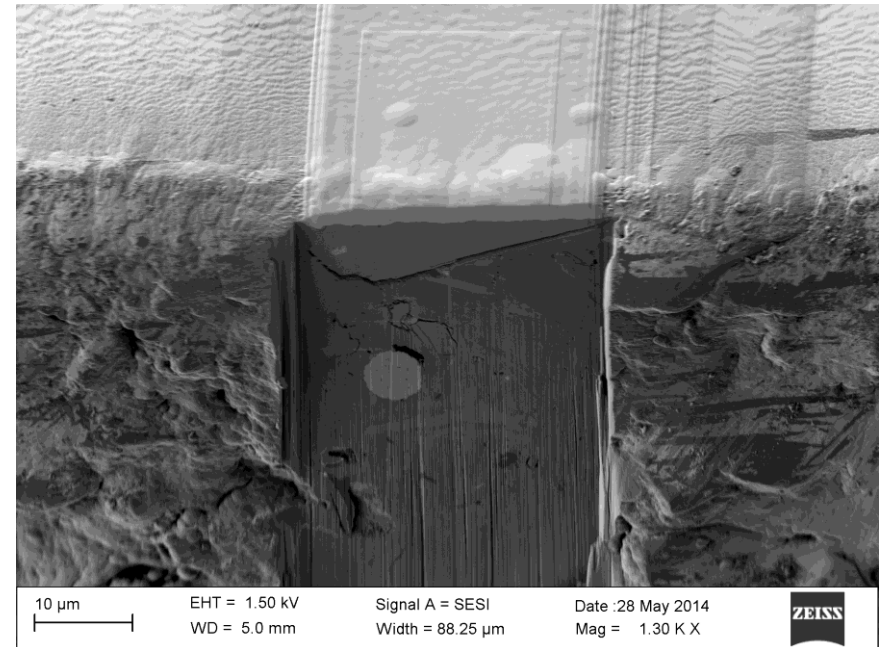


20 μ m

EHT = 1.50 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 506.2 μ m

Date :28 May 2014
Mag = 226 X



10 μ m

EHT = 1.50 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 88.25 μ m

Date :28 May 2014
Mag = 1.30 K X



LE REDEPÔT : SOLUTION # 3



GRAVURE ASSISTEE PAR GAZ



Gravure accélérée du diamant **x 8** avec adjonction de $\text{MgSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$



Gravure sélective du Si par du XeF_2 ou CaF_2



Le beurrage



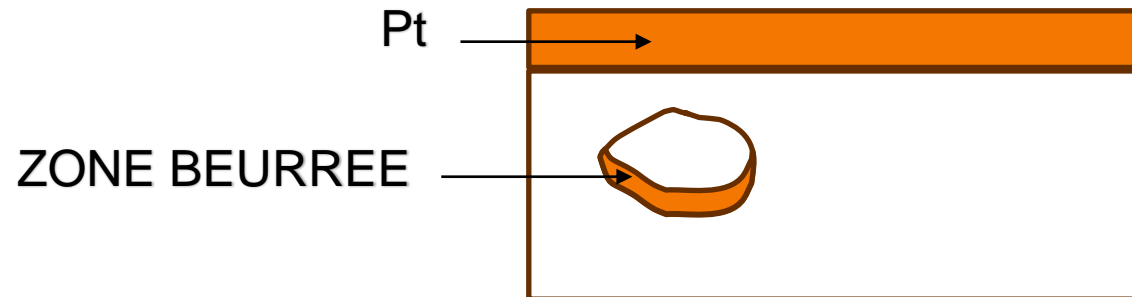
Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LE BEURRAGE C'EST QUOI ?



FORME DE REDEPOT MULTI-COUCHE MIXTE Pt/Ga/matière abrasée

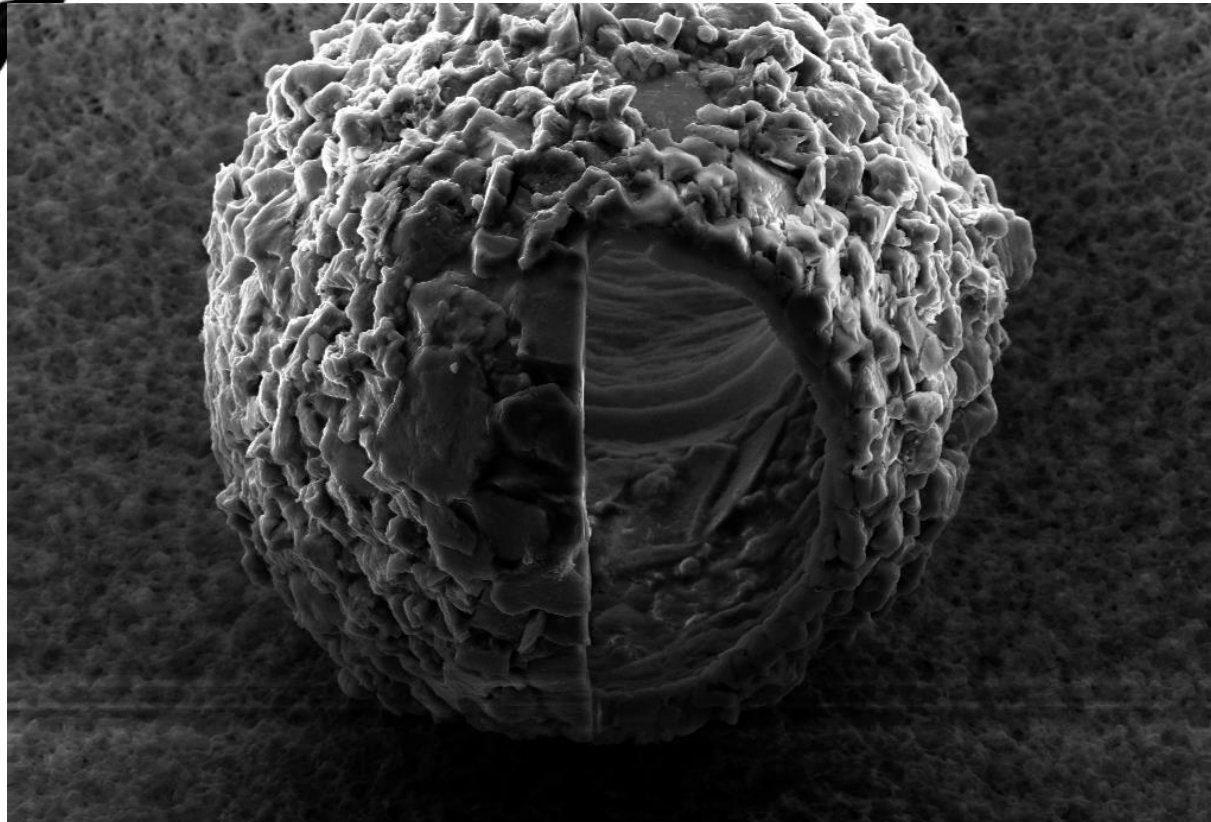
- SI LE MATERIAU EST PROTEGE PAR UN DEPÔT
- SUR LA MATIERE ORGANIQUE
- EN DESSOUS DES POROSITES
- DANS LES POROSITES



LE BEURRAGE



PAS DE DEPÔT OK

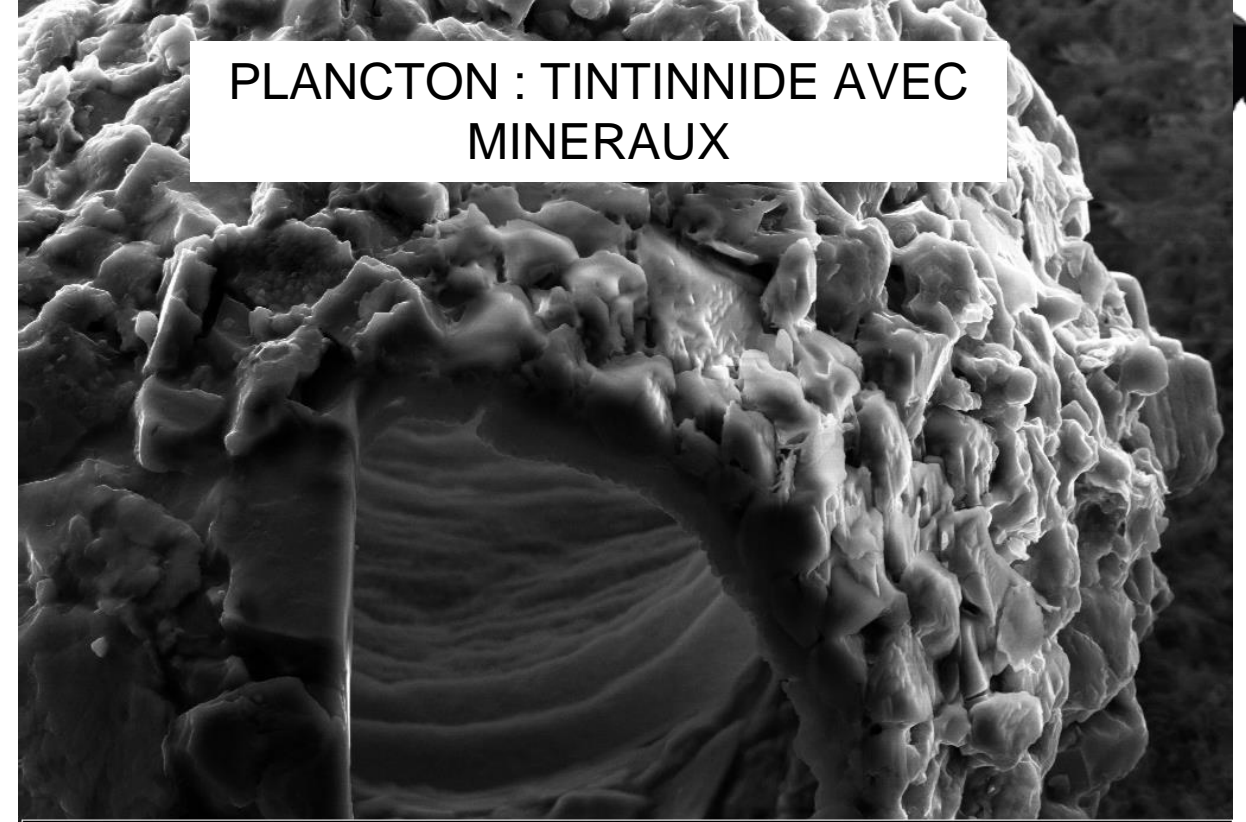


10 μ m

EHT = 10.00 kV
Width = 82.63 μ m
Signal A = SEI

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Mag = 1.38 K X
WD = 5.1 mm

Date : 7 Jan 2010
Tilt Angle = 0.0 °
System Vacuum = 6.48e-007 Torr



PLANCTON : TINTINNIDE AVEC MINERAUX

2 μ m

EHT = 10.00 kV
Width = 42.90 μ m
Signal A = SEI

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Mag = 2.67 K X
WD = 5.1 mm

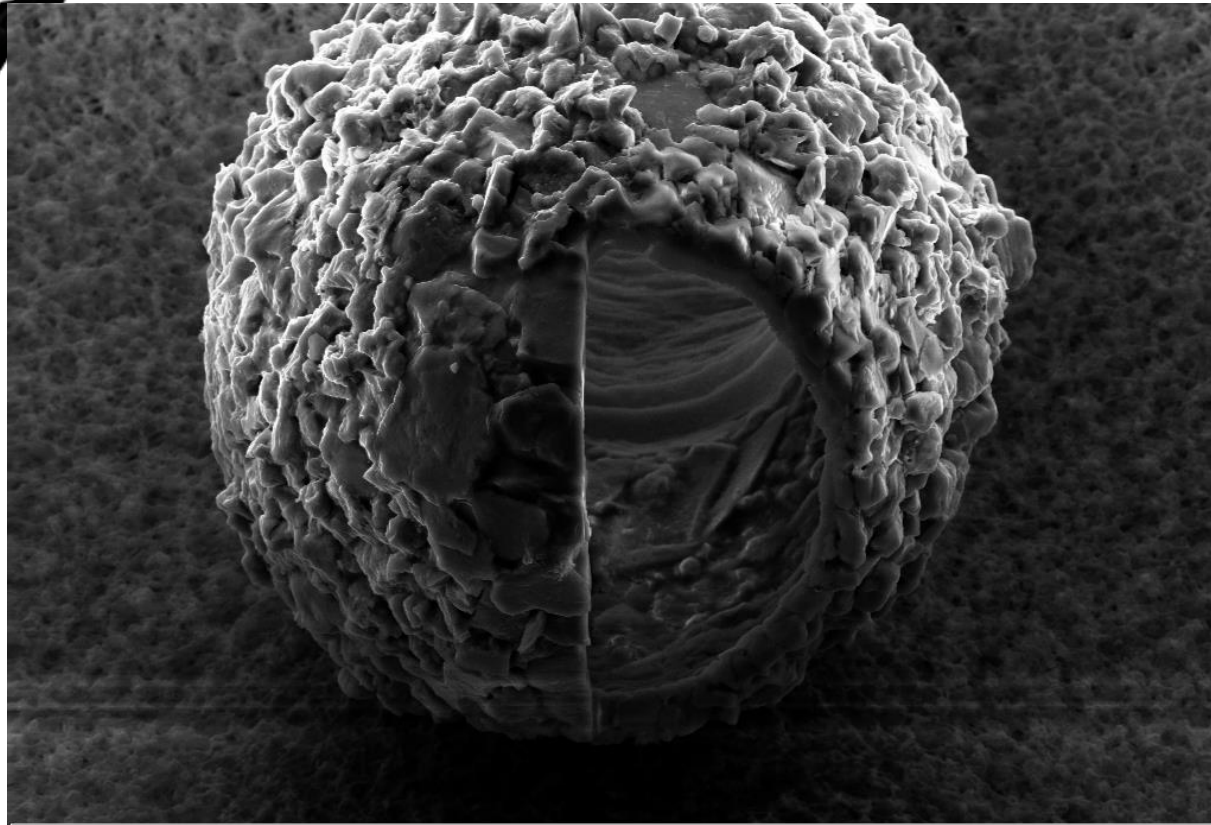
Date : 7 Jan 2010
Tilt Angle = 0.0 °
System Vacuum = 6.44e-007 Torr



LE BEURRAGE



PAS DE DEPÔT OK



10 μm

EHT = 10.00 kV
Width = 82.63 μm
Signal A = SESI

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Mag = 1.38 K X
WD = 5.1 mm

Date : 7 Jan 2010
Tilt Angle = 0.0 °
System Vacuum = 6.48e-007 Torr



1 μm

EHT = 5.00 kV
Width = 7.250 μm
Signal A = InLens

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Mag = 15.77 K X
WD = 5.1 mm

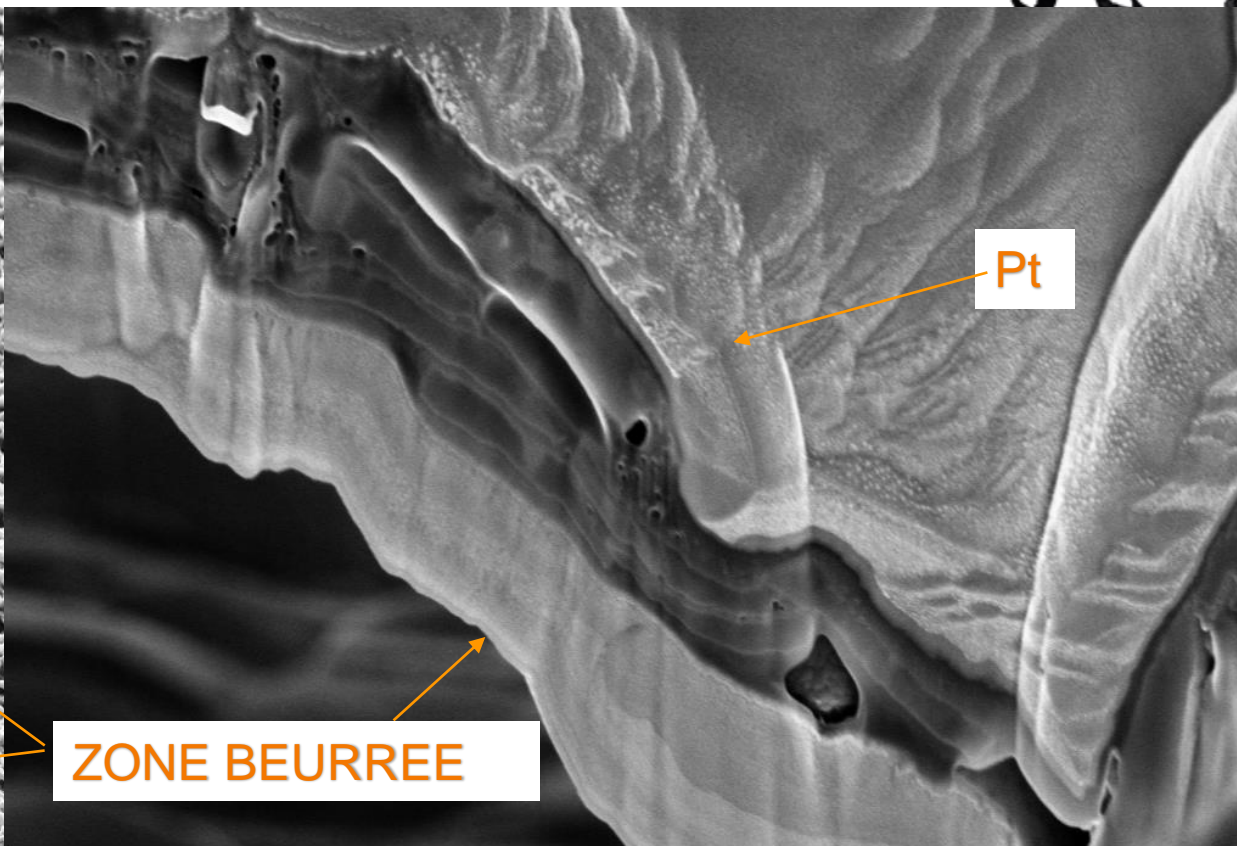
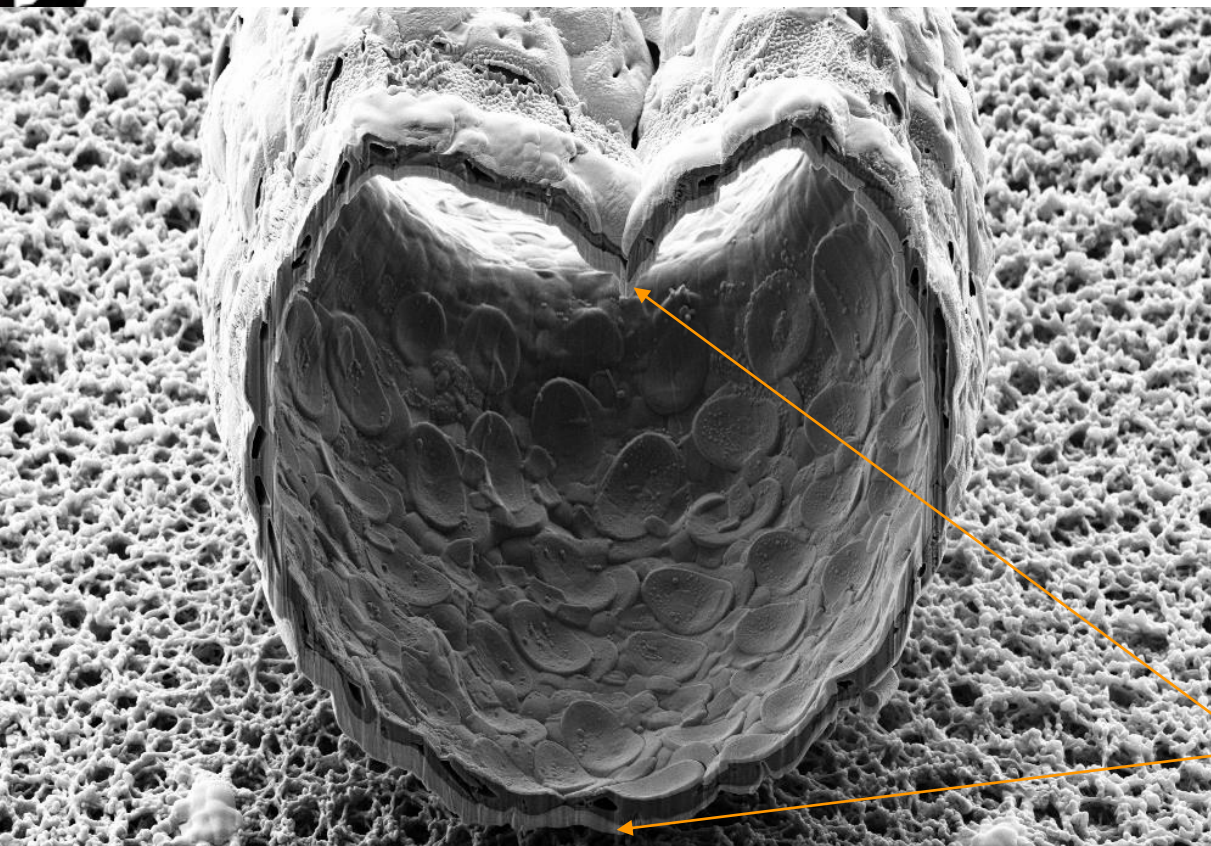
Date : 7 Jan 2010
Tilt Angle = 0.0 °
System Vacuum = 6.48e-007 Torr



LE BEURRAGE



AVEC UN DEPÔT



10 μ m
EHT = 5.00 kV
WD = 5.1 mm
Mag = 1.33 K X
FIB Image Probe = 30KV:10 pA
Signal A = SESI
Width = 85.96 μ m
System Vacuum = 1.03e-006 Torr
Stage at T = 54.0 °
Date : 16 Apr 2010

1 μ m
EHT = 5.00 kV
WD = 5.1 mm
Mag = 14.54 K X
FIB Image Probe = 30KV:10 pA
Signal A = InLens
Width = 7.866 μ m
System Vacuum = 9.71e-007 Torr
Stage at T = 54.5 °
Date : 16 Apr 2010



LE BEURRAGE



AVEC UN DEPÔT

NACRE

Pt

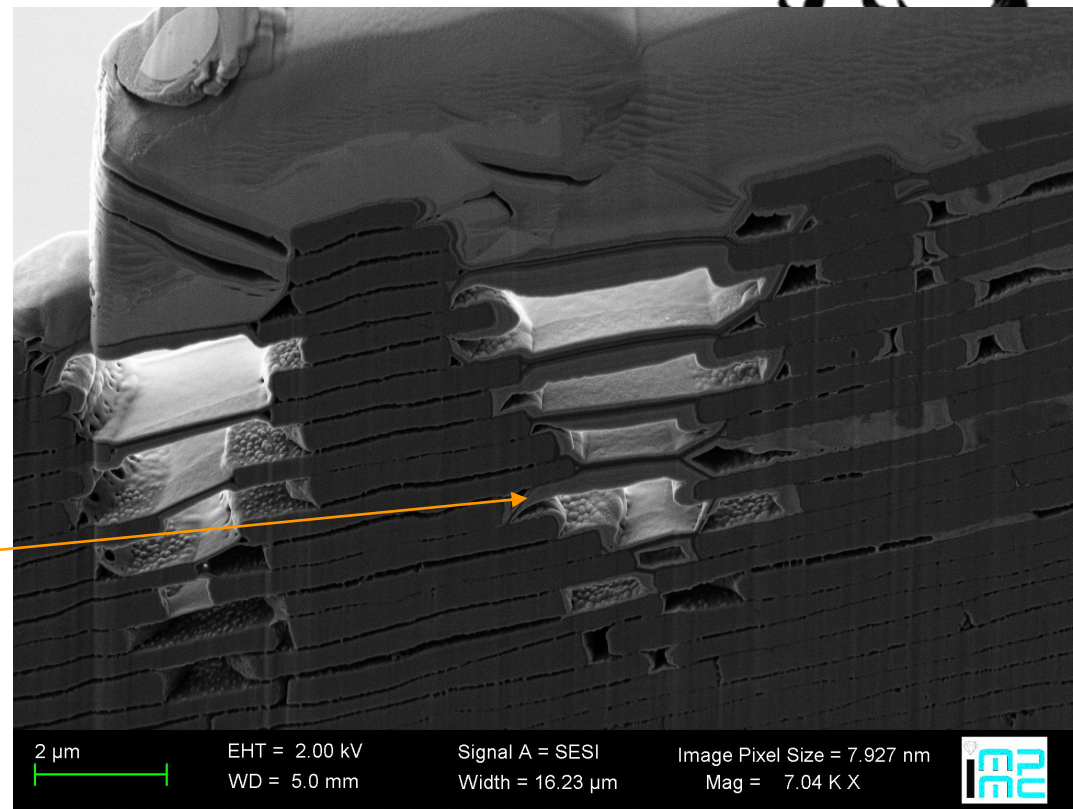
BEURRAGE

2 μ m

EHT = 2.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 30.29 μ m

Image Pixel Size = 14.79 nm
Mag = 3.77 K X



2 μ m

EHT = 2.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 16.23 μ m

Image Pixel Size = 7.927 nm
Mag = 7.04 K X





La gravure sur isolants

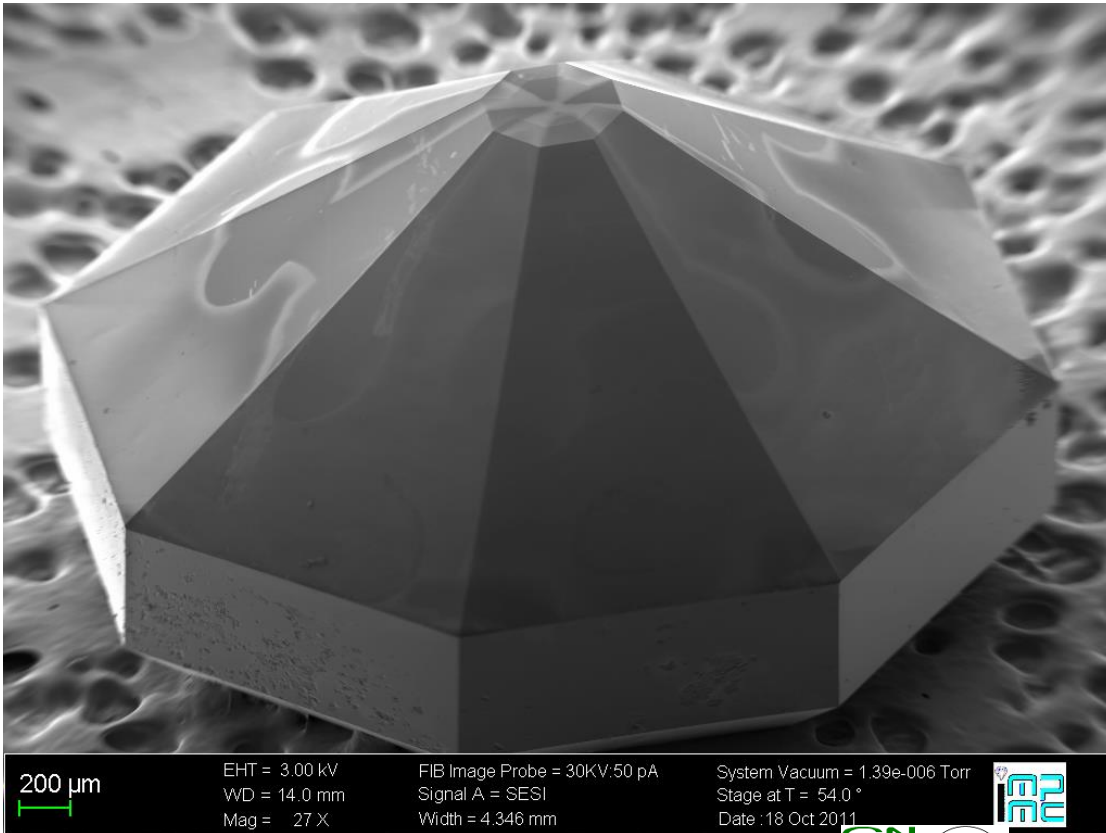
Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LA GRAVURE SUR ISOLANT



LE FAISCEAU PATINE

- La surface se charge positivement, les ions incidents sont déviés
- L'efficacité de gravure diminue

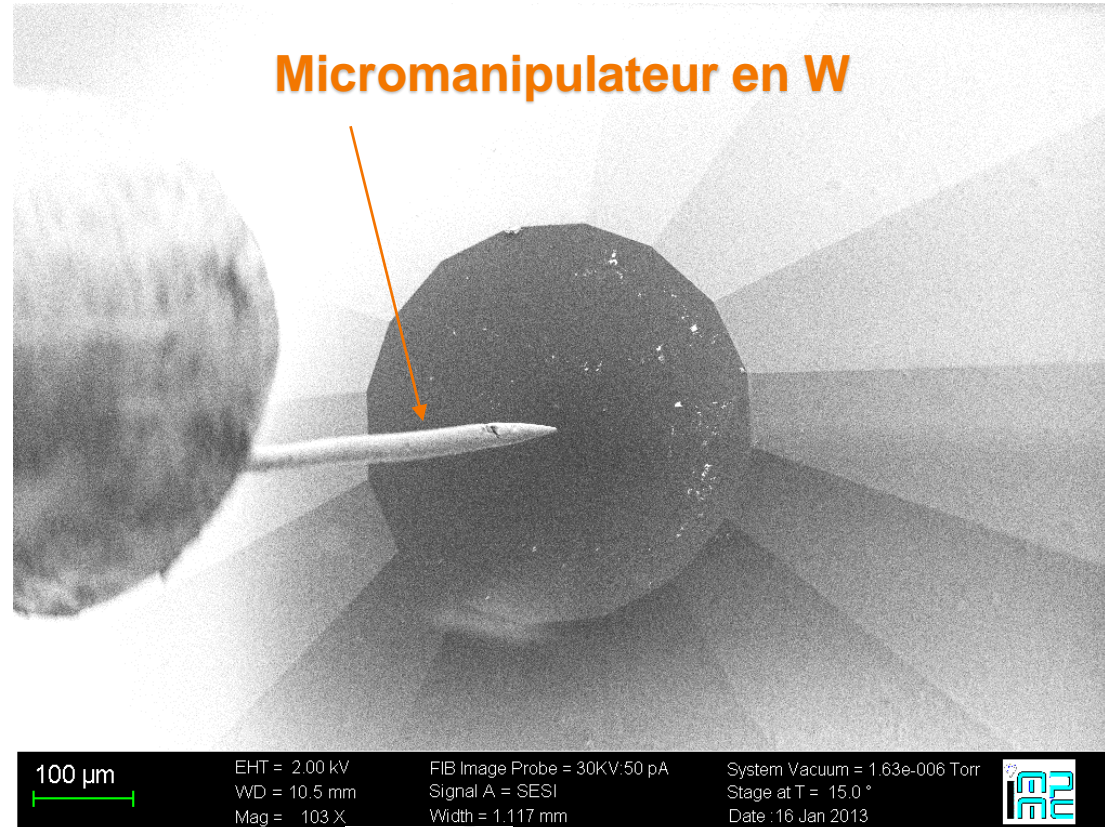


LA GRAVURE SUR ISOLANTS : SOLUTION # 1



UTILISATION DU MICROMANIPULATEUR

- Il s'agit de l'utiliser comme système de mise à la masse de la surface



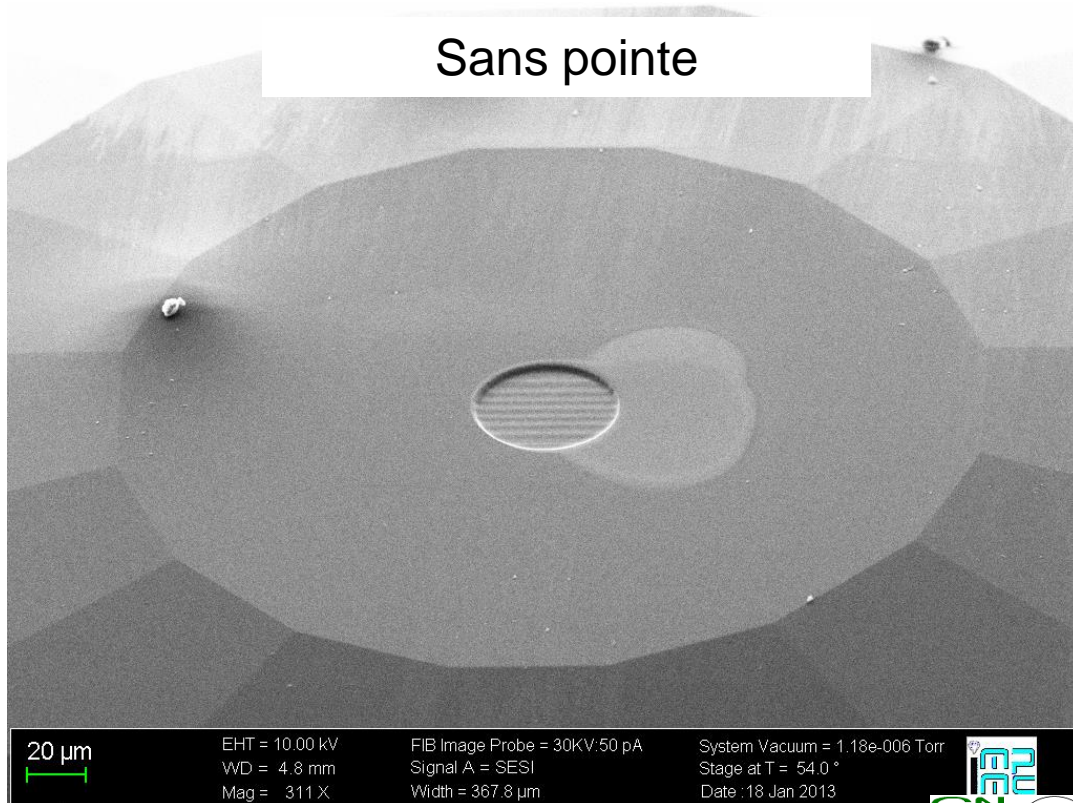
LA GRAVURE SUR ISOLANTS : SOLUTION # 1



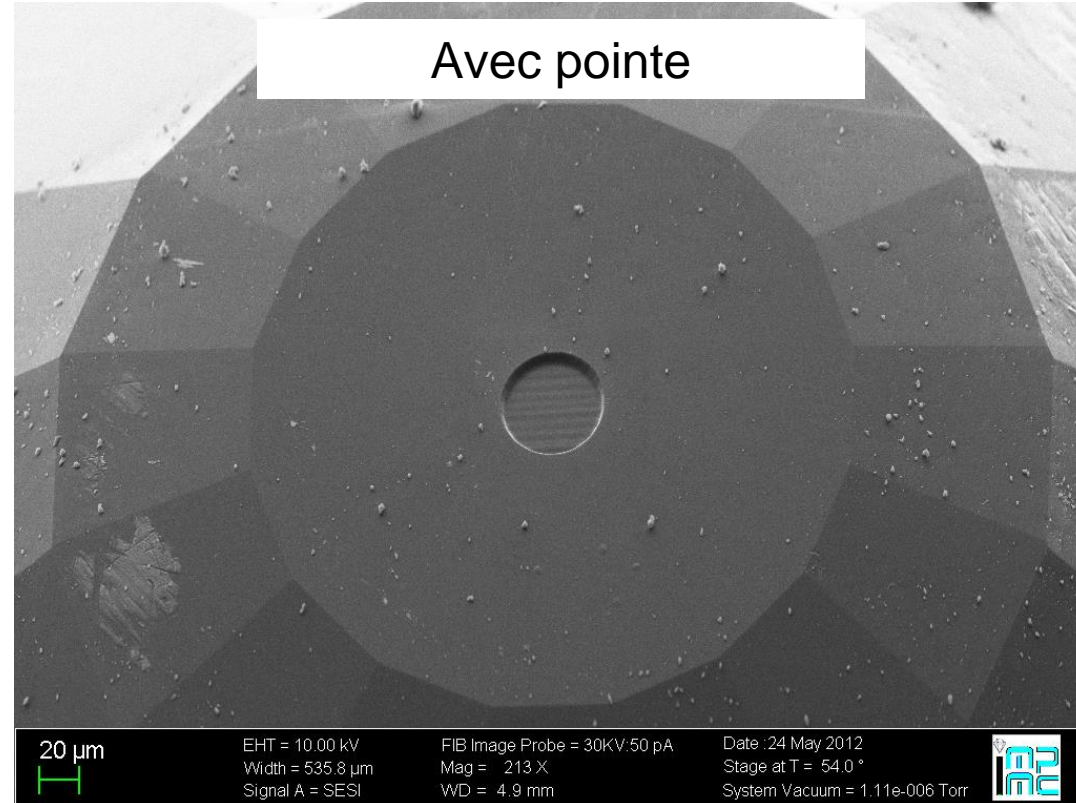
UTILISATION DU MICROMANIPULATEUR

- Il s'agit de l'utiliser comme système de mise à la masse de la surface

Sans pointe



Avec pointe

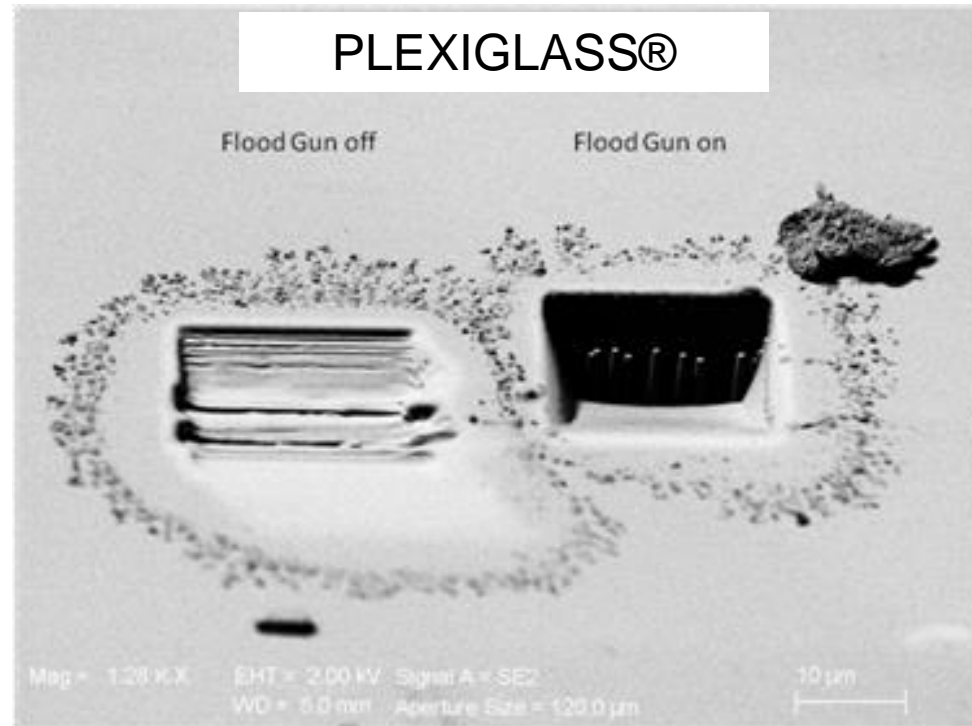
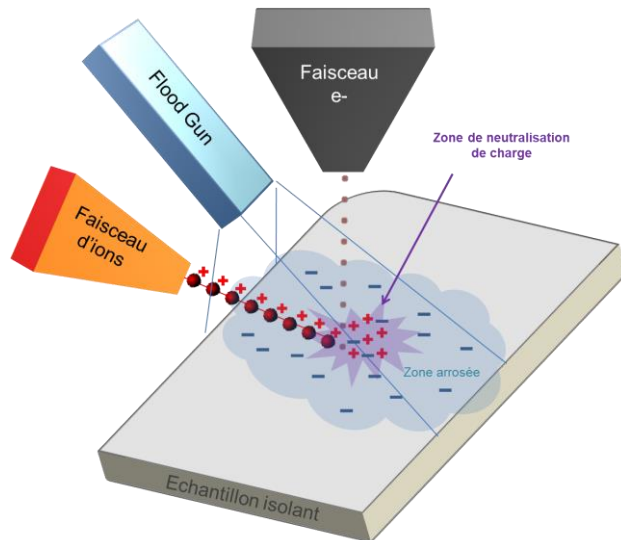


LA GRAVURE SUR ISOLANTS : SOLUTION # 2



UTILISATION DU FLOODGUN

- Il s'agit d'utiliser une douche électronique de basse énergie pour atteindre la compensation ions-électrons



LA GRAVURE SUR ISOLANTS : SOLUTION # 2



UTILISATION DU FLOODGUN

- Il s'agit d'utiliser une douche électronique de basse énergie pour atteindre la compensation ions-électrons



LA GRAVURE SUR ISOLANTS : SOLUTION # 2BIS



UTILISATION DU FLOODGUN

SCOTCH Cu

Laque Ag

100 µm

EHT = 10.00 kV
WD = 5.1 mm

Signal A = SESI
Width = 1.655 mm

Image Pixel Size = 1.616 µm
Mag = 69 X



100 µm

EHT = 10.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = SESI
Width = 1.023 mm

Image Pixel Size = 999.3 nm
Mag = 112 X



A dark, atmospheric illustration of a Halloween scene. In the background, a large, multi-towered haunted house with glowing windows sits atop a hill. A full moon hangs in a cloudy sky with several bats flying around it. In the foreground, two glowing jack-o'-lanterns with menacing faces are placed on a wooden surface. The landscape is filled with gnarled, leafless trees and a graveyard with several crosses.

Le CURTAINING



Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LE CURTAINING, C'EST QUOI ?

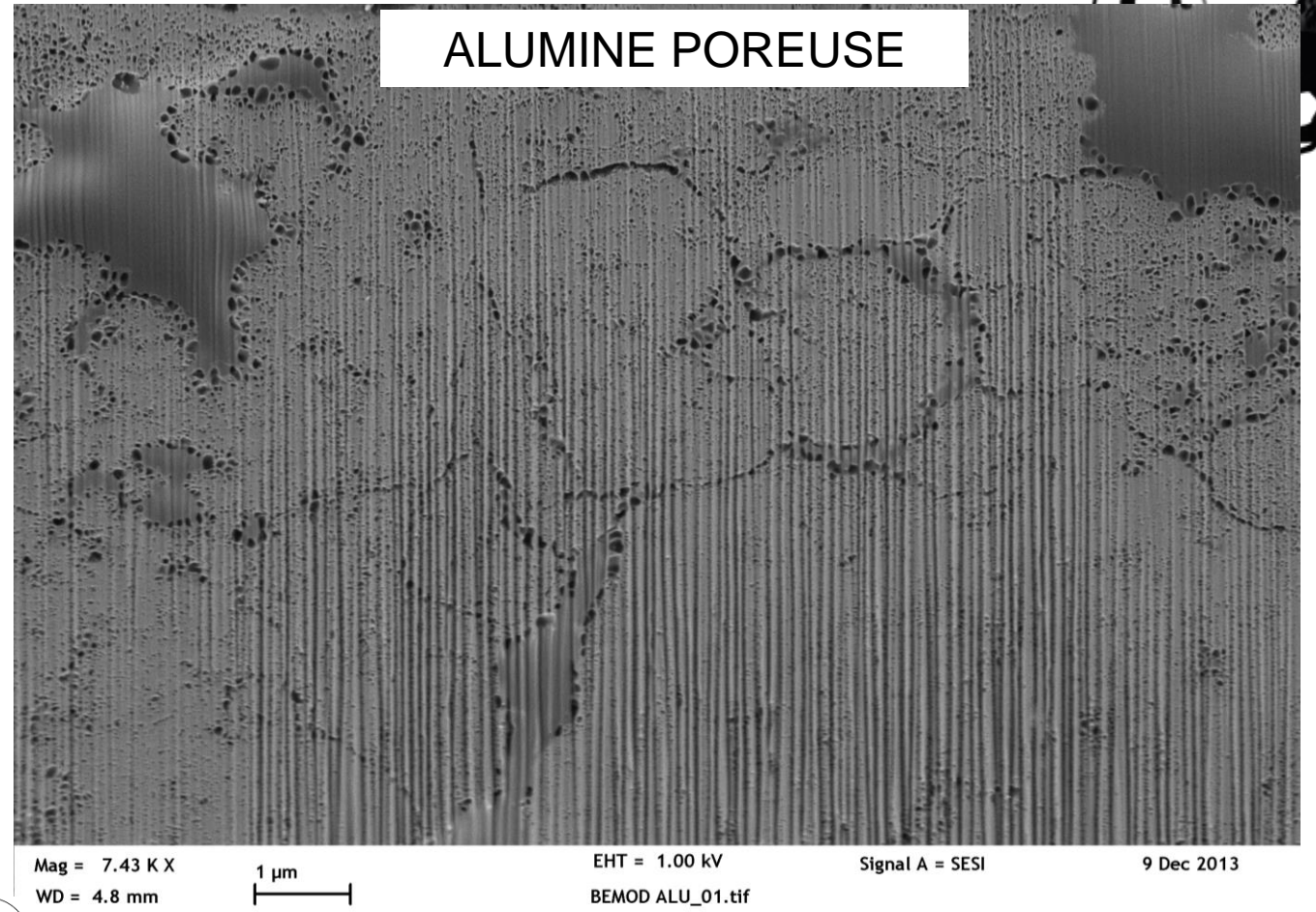


EFFET DE RIDEAU OU DE DRAPE DIT « WATERFALLS »

Lignes présentes sur la face polie

Problématique pour l'observation des :

- matériaux poreux
- matériaux présentant une surface irrégulière
- matériaux composites (durs-mous)
- à haut gap (SC)

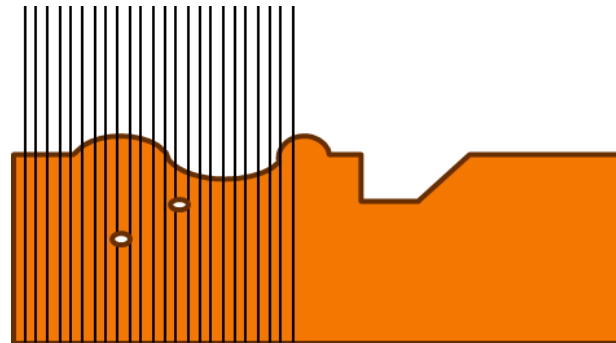


LE CURTAINING : LES CAUSES

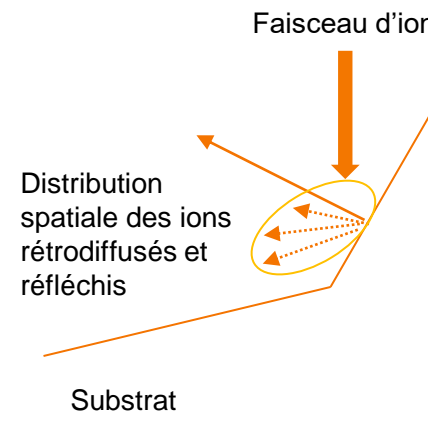


SCHEMA DE PRINCIPE

Le curtaining est dû à la variation spatiale du taux de pulvérisation et à la modulation de la densité de courant par les ions rétrodiffusés.



La topographie induit une déflexion des ions. Cela module localement la dose et donc la vitesse de gravure



Le faisceau d'ion est défléchi par des plans inclinés

LE CURTAINING : SOLUTION #1



LE CACHER

Il est possible de le rendre moins visible par :

- imagerie en BSE
- post-traitement (Transformée de Fourier)

Batterie

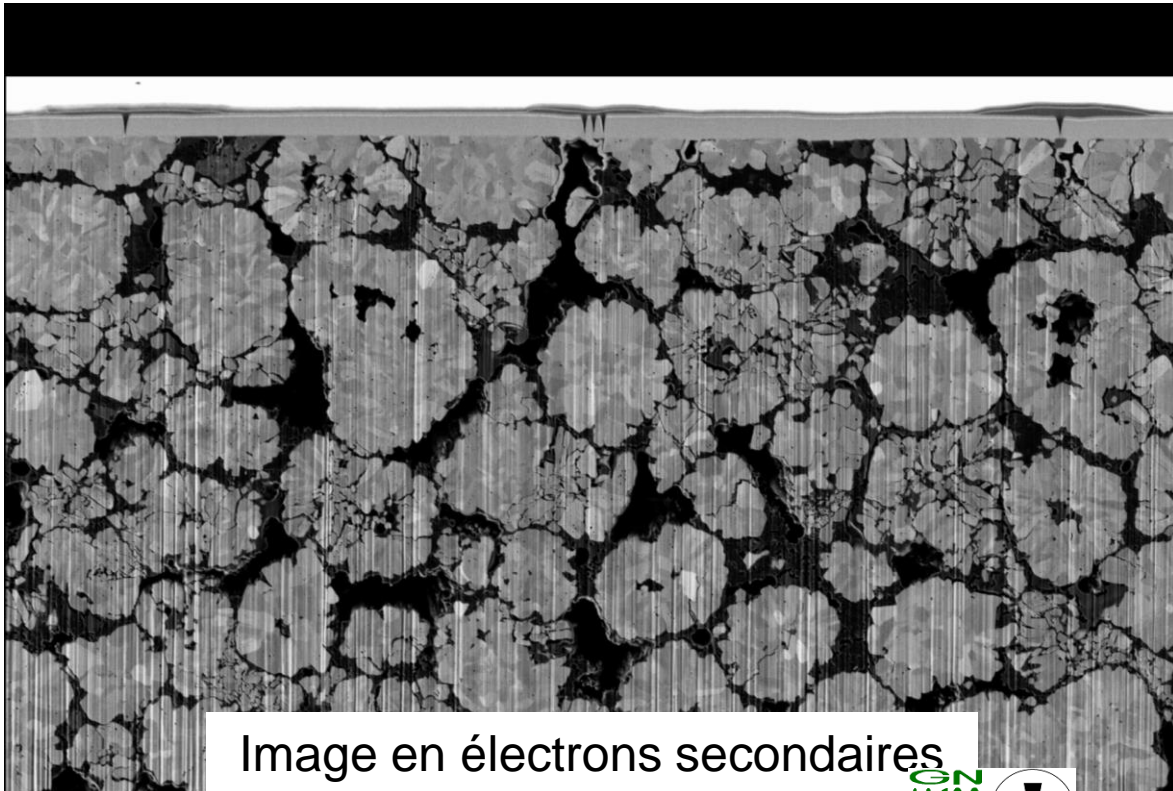


Image en électrons secondaires

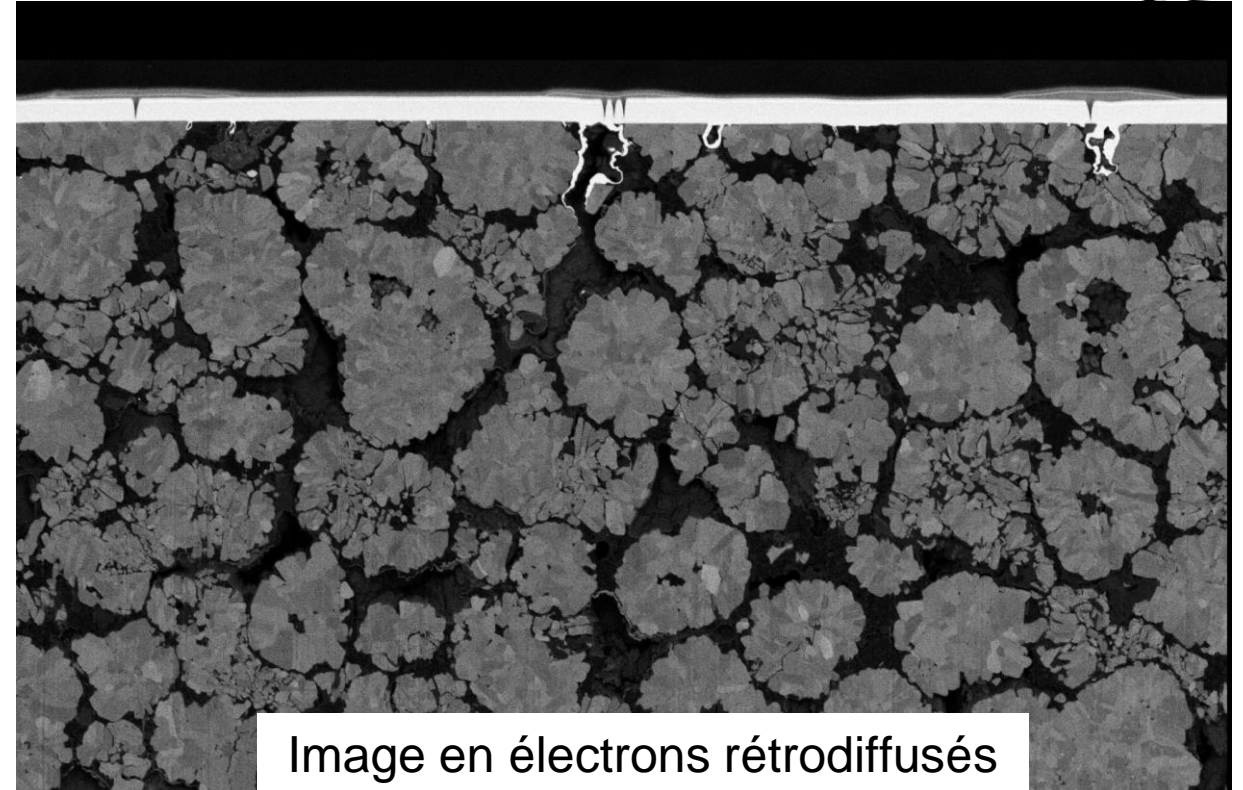


Image en électrons rétrodiffusés

LE CURTAINING : SOLUTION #2



LE MINIMISER

Il est possible de le minimiser en :

- réalisant d'un dépôt de protection épais, dense et uniforme pour uniformiser la surface
- utilisant des faibles courants

LE CURTAINING : SOLUTION #3



L'EVITER

Il est possible de le contrer en :

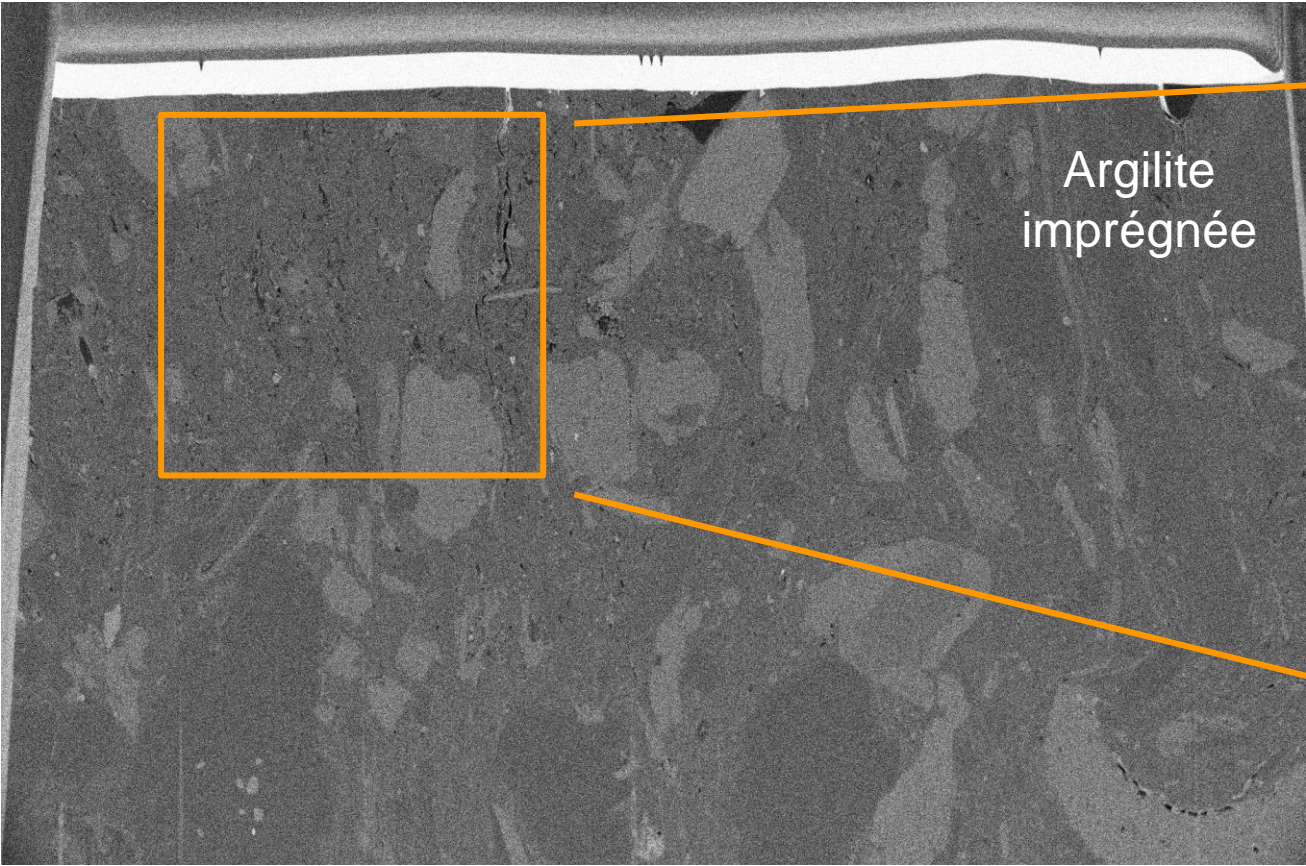
- réalisant un polissage de la surface pour l'aplanir
- réalisant d'un **dépôt de protection épais**, dense et uniforme pour uniformiser la surface
- enrobant l'échantillon afin de **remplir toute la porosité** (connecté)



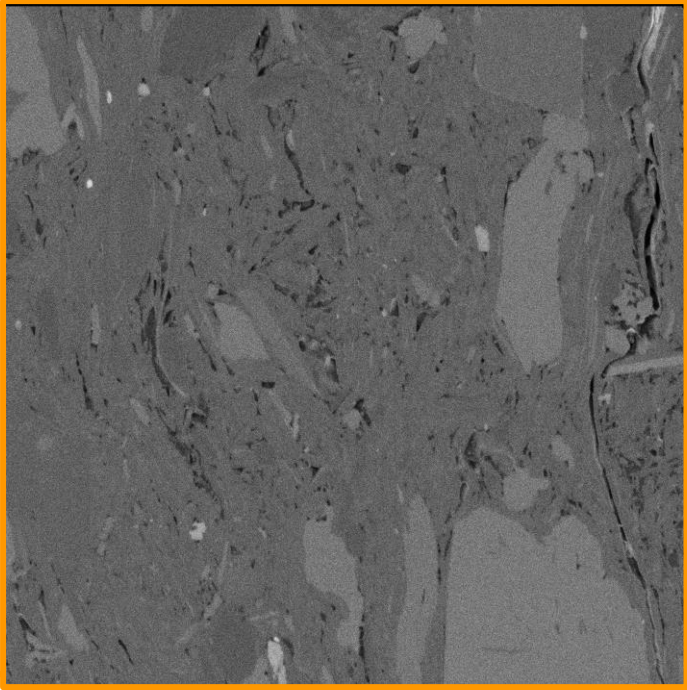
LE CURTAINING : SOLUTION #3



L'EVITER



Argilite
imprégnée



FOV 10µm





Le rippling

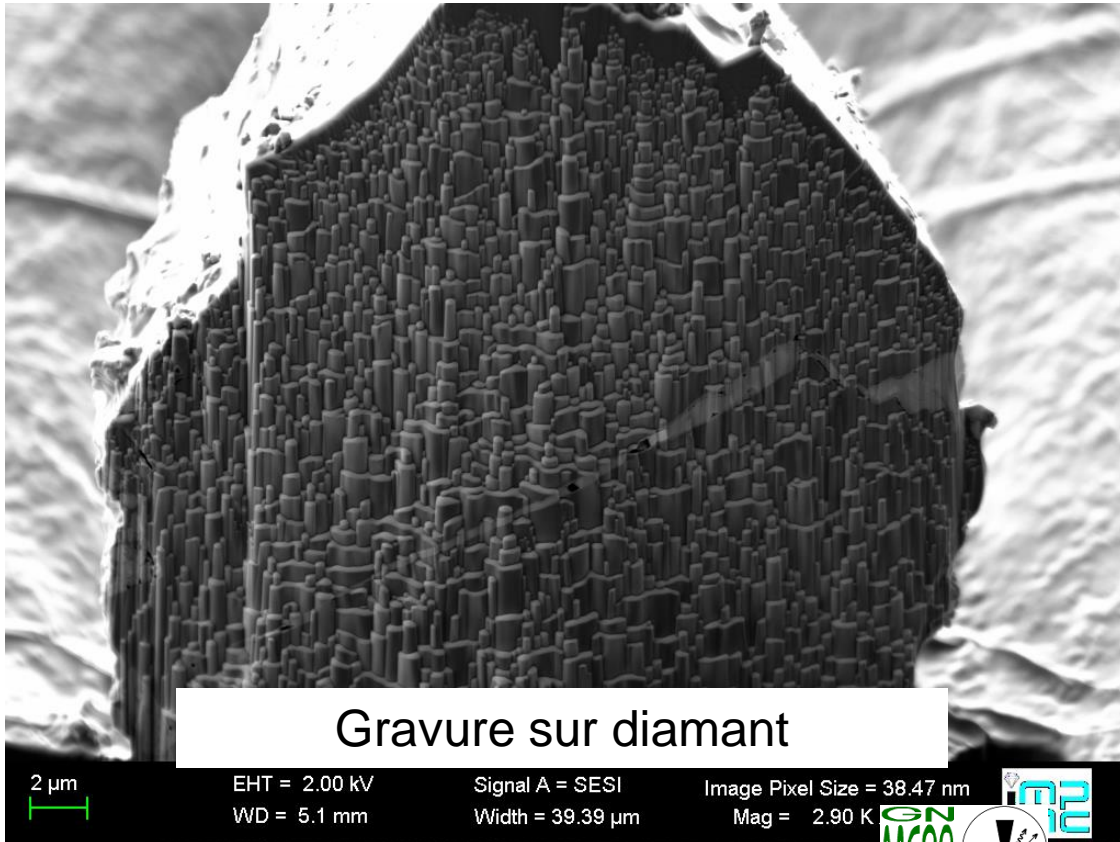


Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LE RIPPLING : C'EST QUOI ?

 EFFET DE RIPPLING

Colonnes présentes sur la face polie



LE RIPPLING : POURQUOI ?



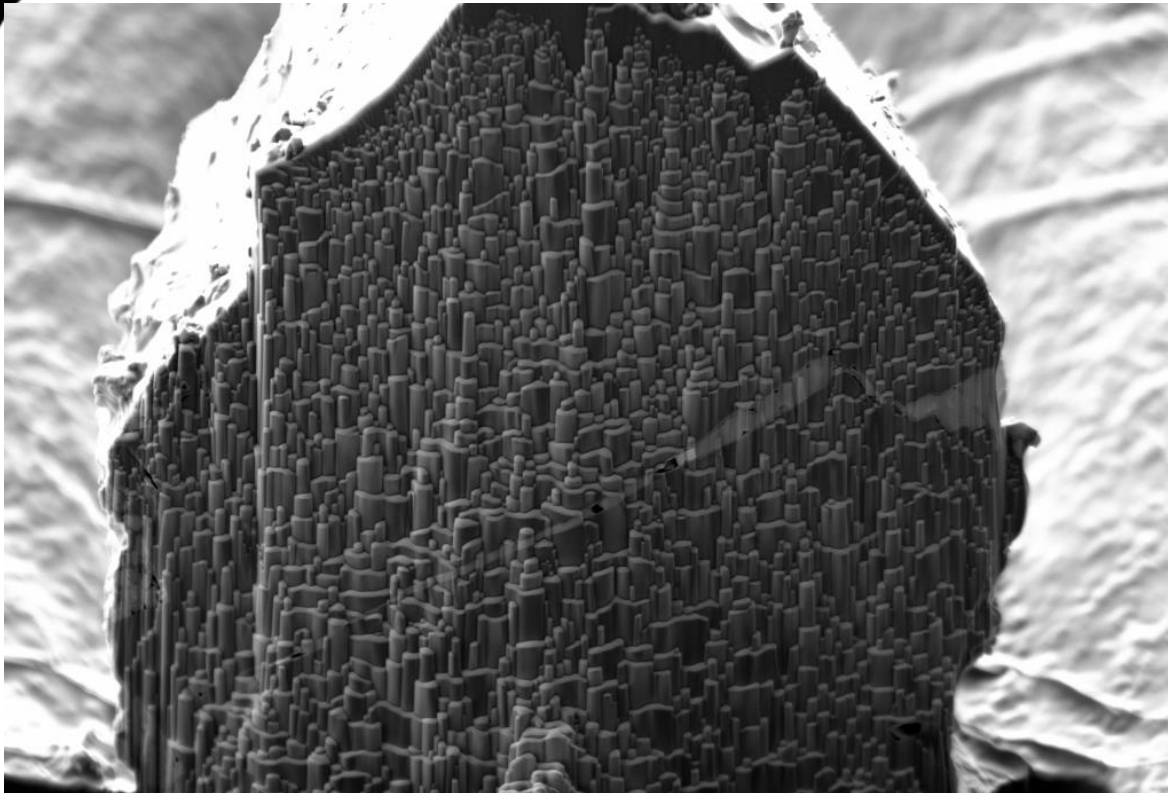
EFFET DE RIPPLING

Cela peut être dû à des :

- Instabilités de gravure
- Gravure sur matériaux ultra-durs (roches, SiC, diamants, Polyimide)

Cela dépend de :

- la taille des ions vs des atomes de l'échantillon
- la densité de courant (très courant sur les PFIB)



2 μm

Gravure sur diamant

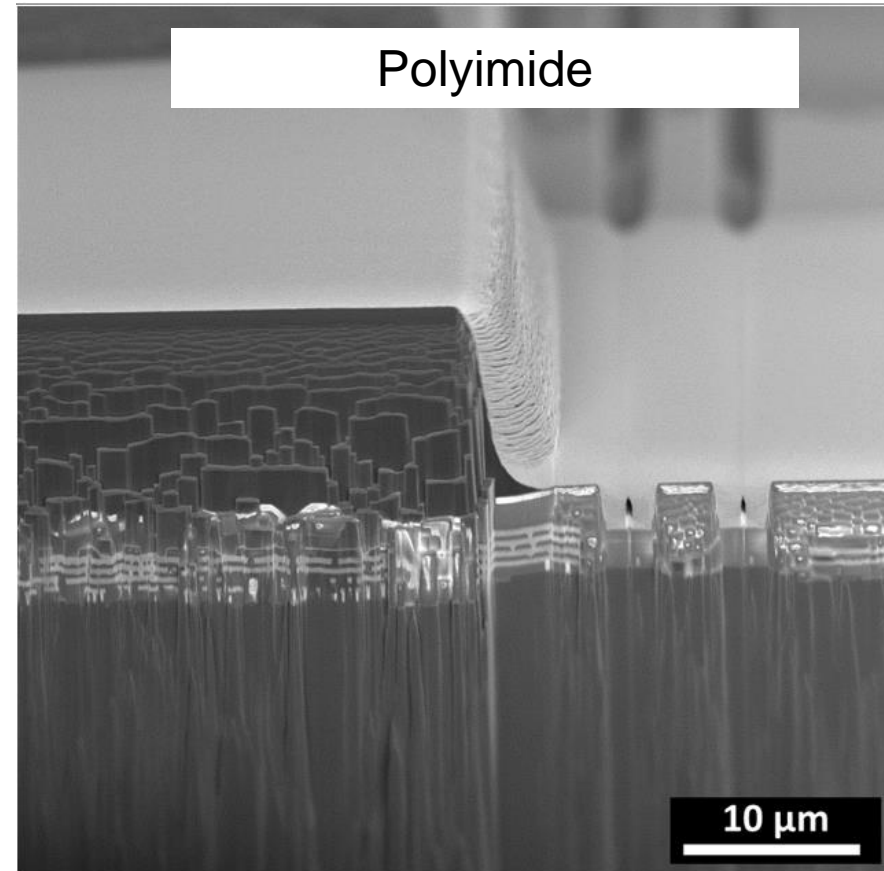
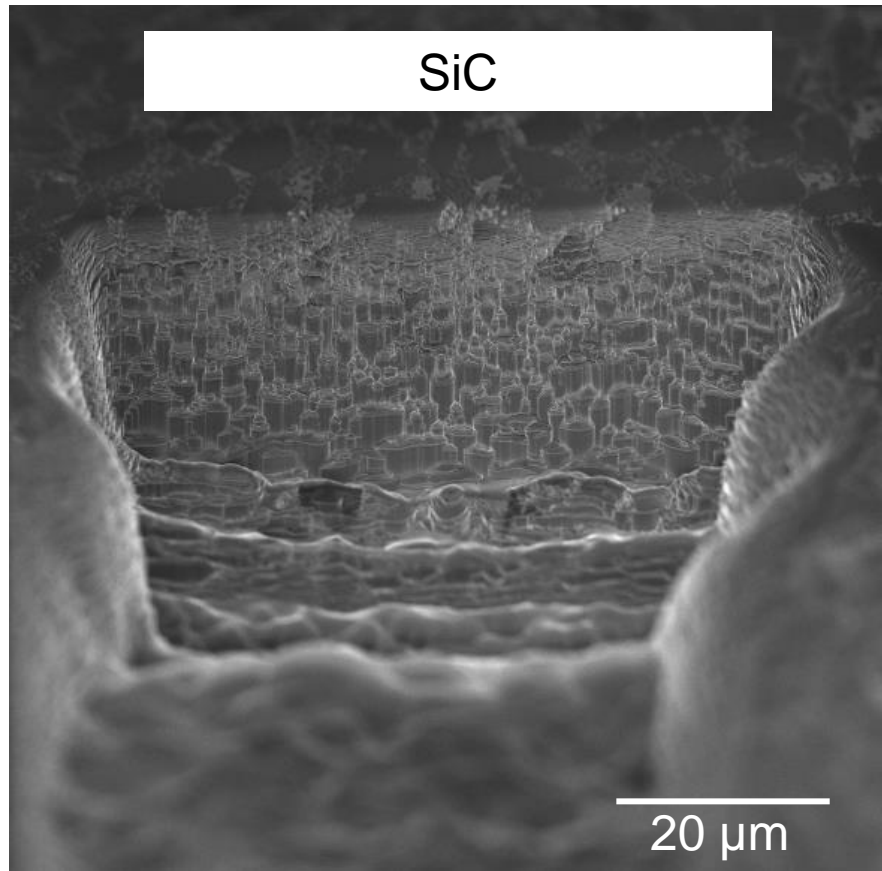
7 nm



LE RIPPLING



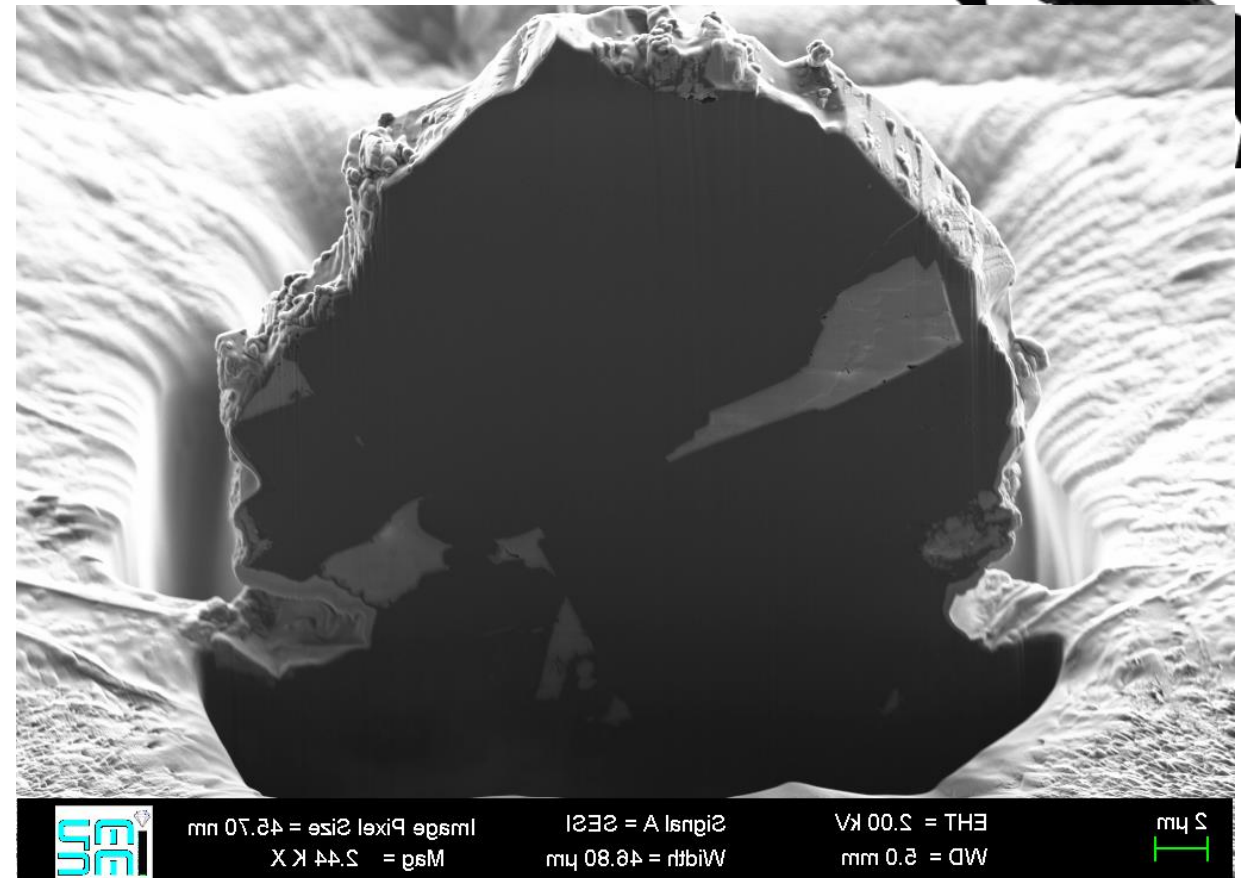
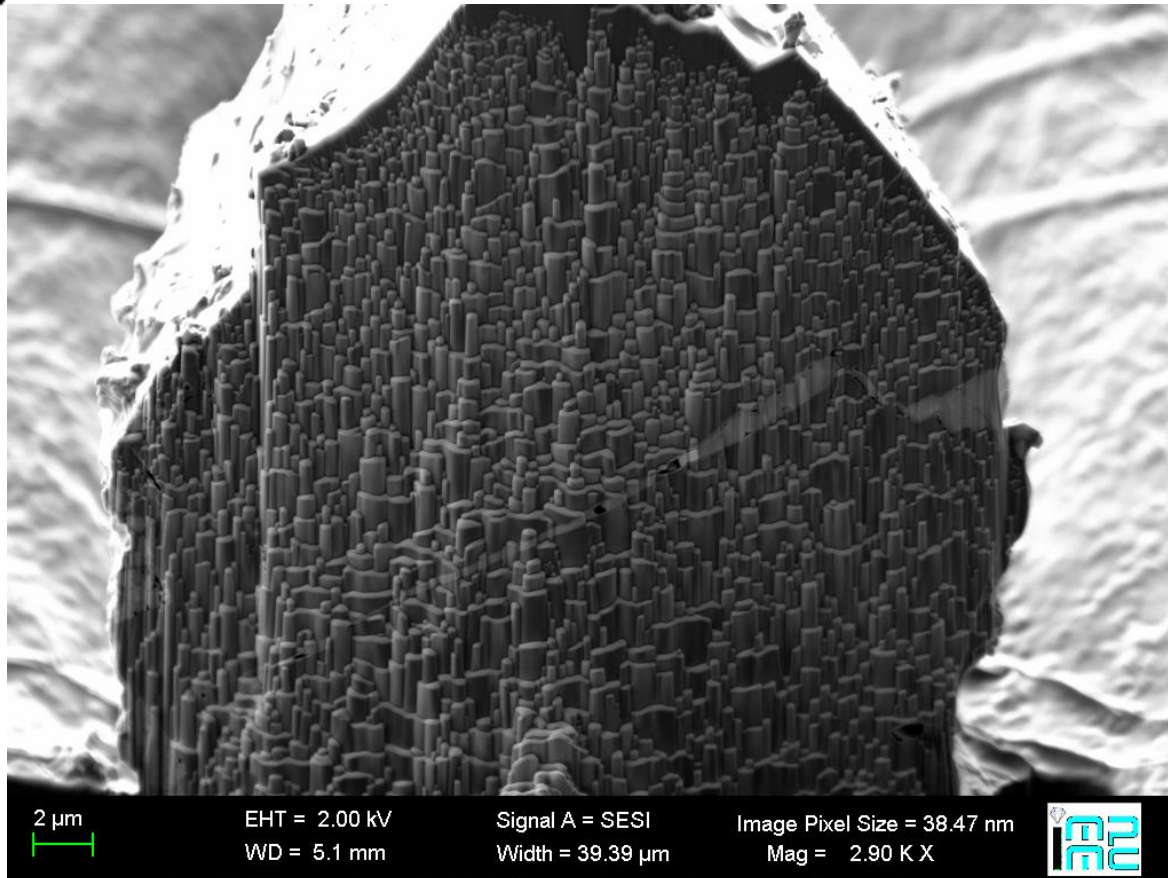
EFFET DE RIPPLING



LE RIPPLING : SOLUTION #1



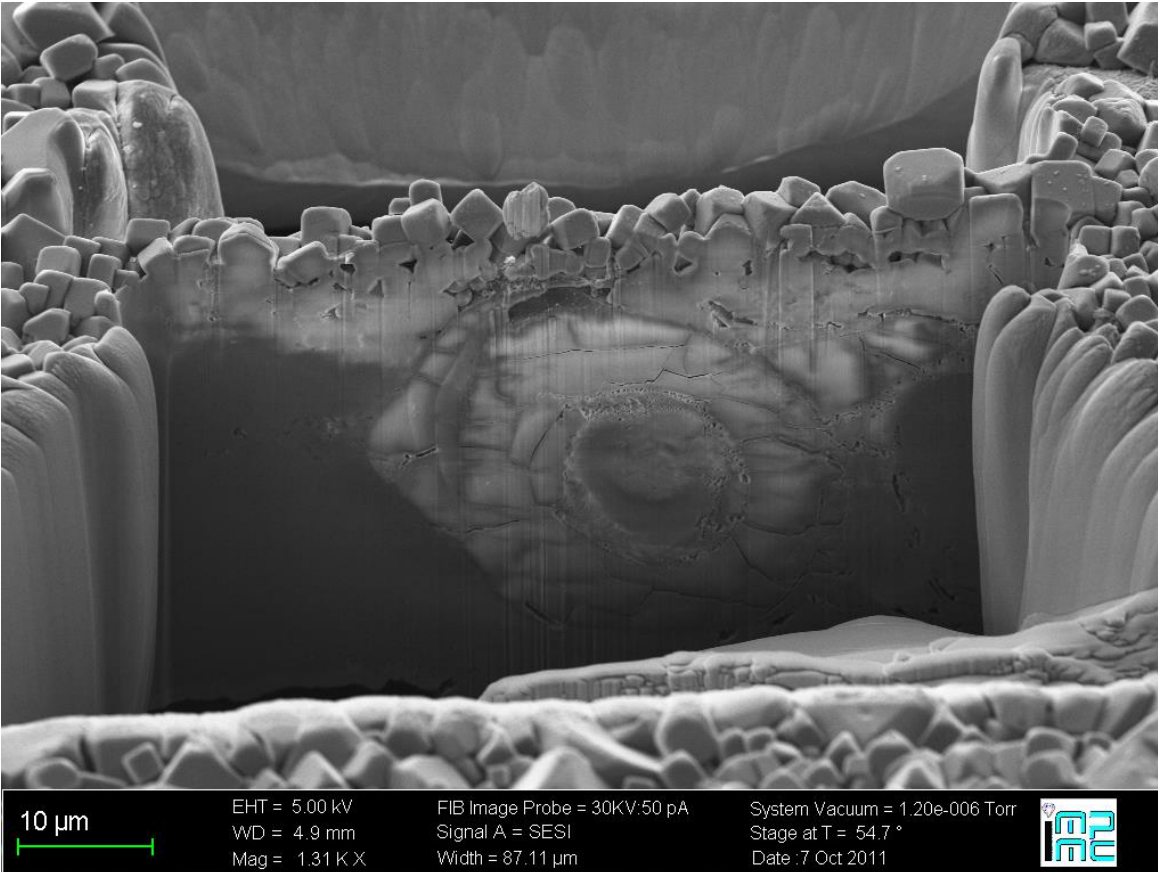
IMPORTANCE DE LA STRATEGIE DE BALAYAGE



LE RIPPLING : SOLUTION #1



IMPORTANCE DE LA STRATEGIE DE BALAYAGE

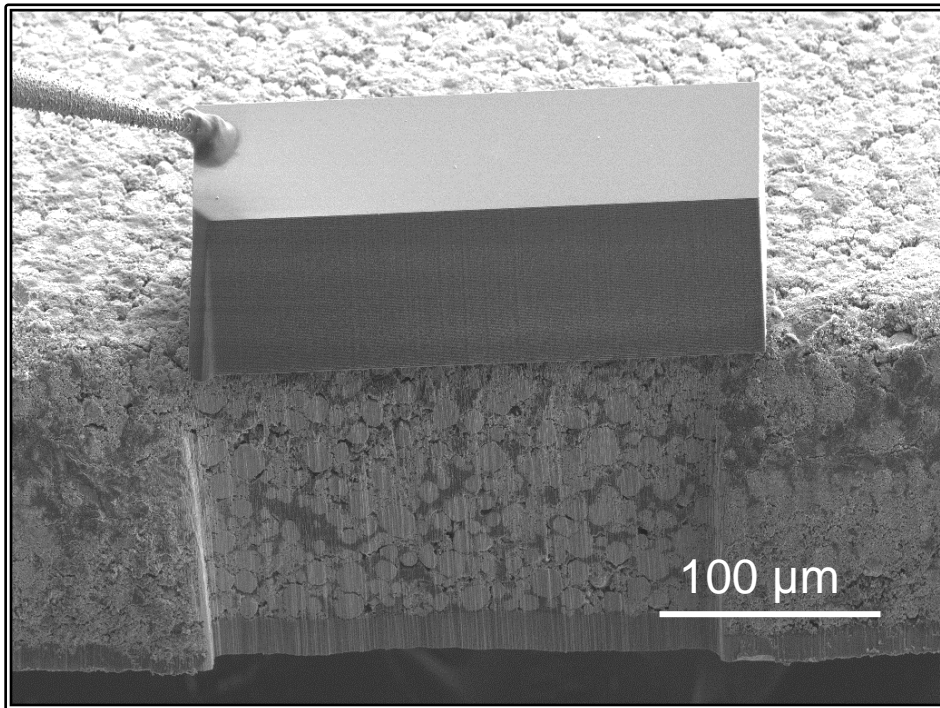


- Courant de faisceau
- Dwell Time
- Overlap
- Spacing

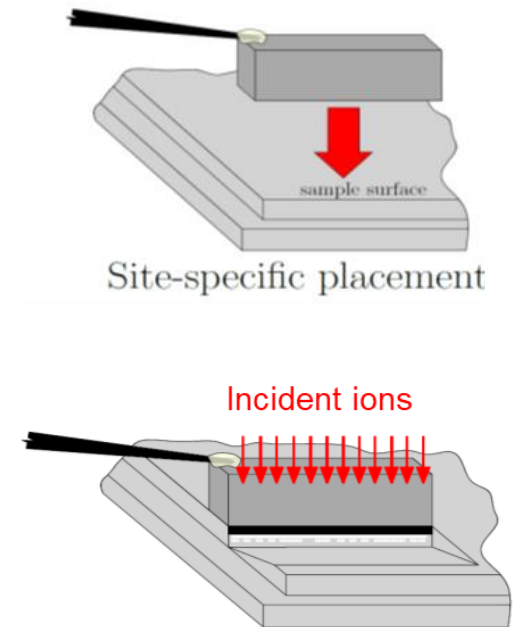
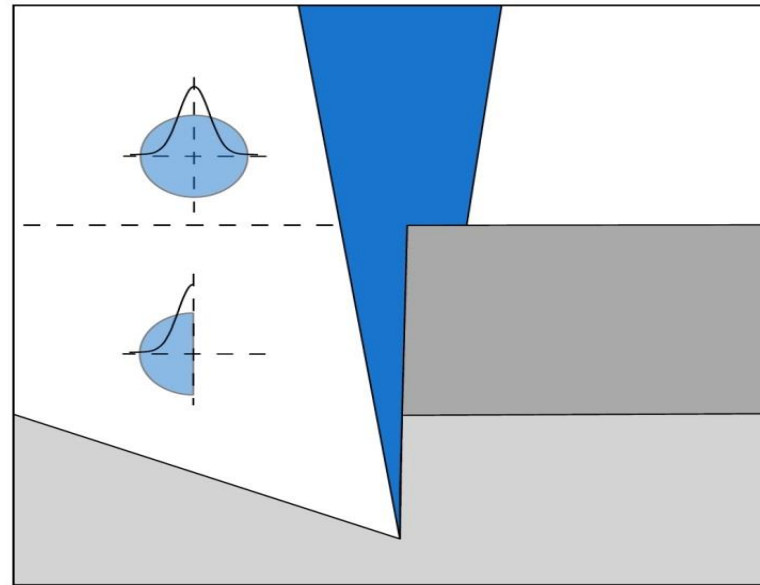
LE RIPPLING et CURTAINING : SOLUTION # 2

LE MASQUAGE

Consiste à poser un morceau de Si à l'aide d'un micromanipulateur



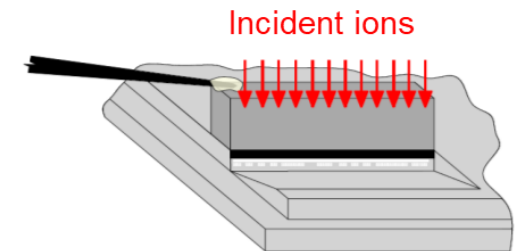
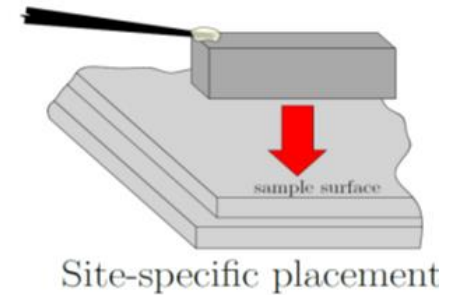
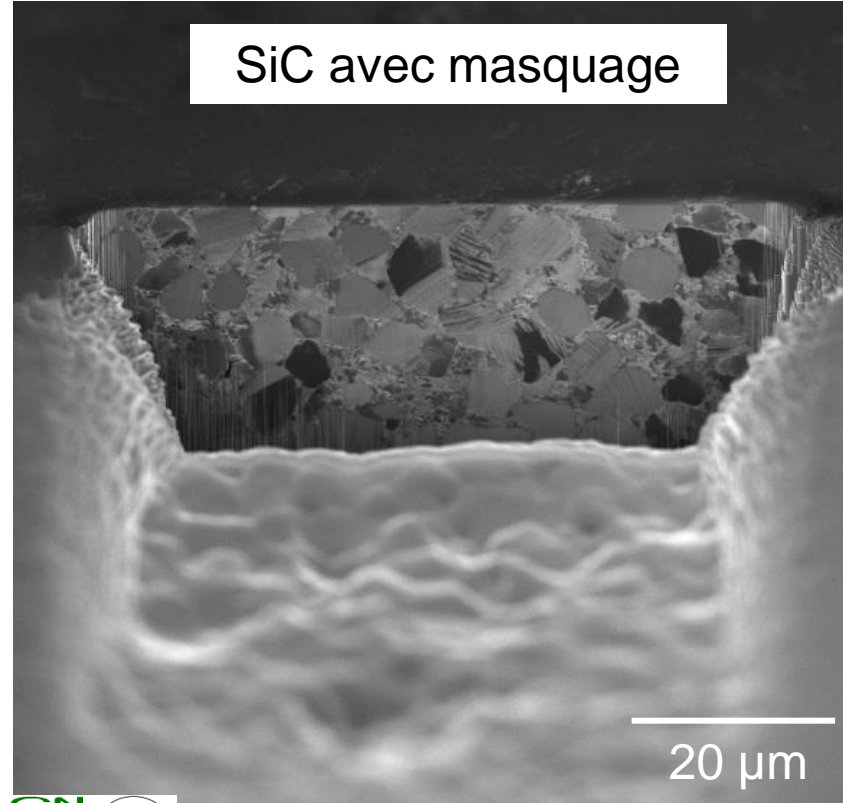
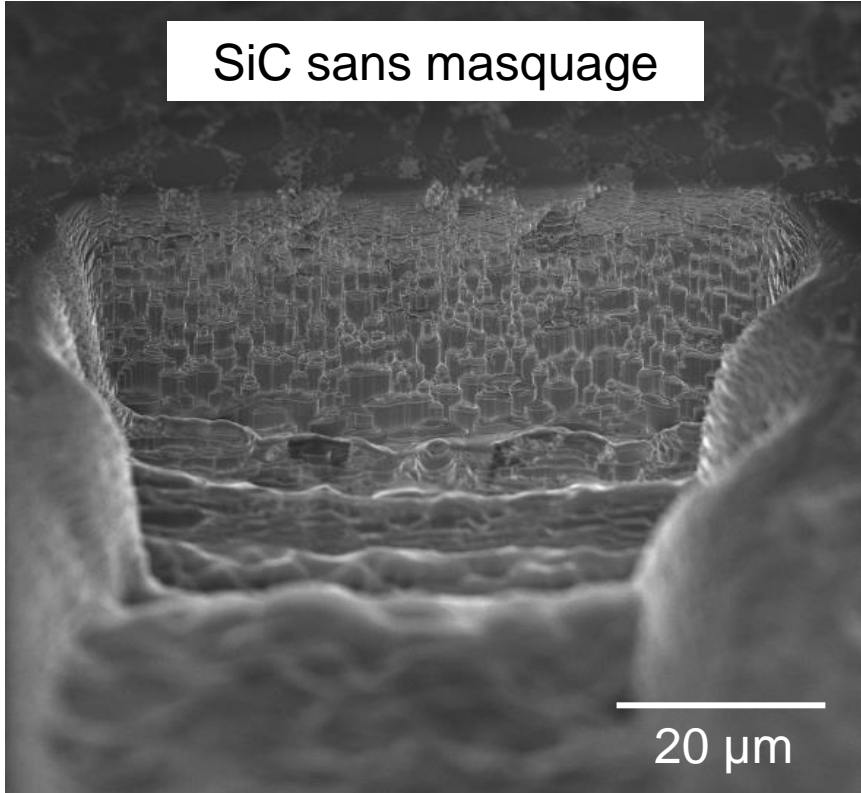
Tescan courtesy



LE RIPPLING : SOLUTION # 2

LE MASQUAGE

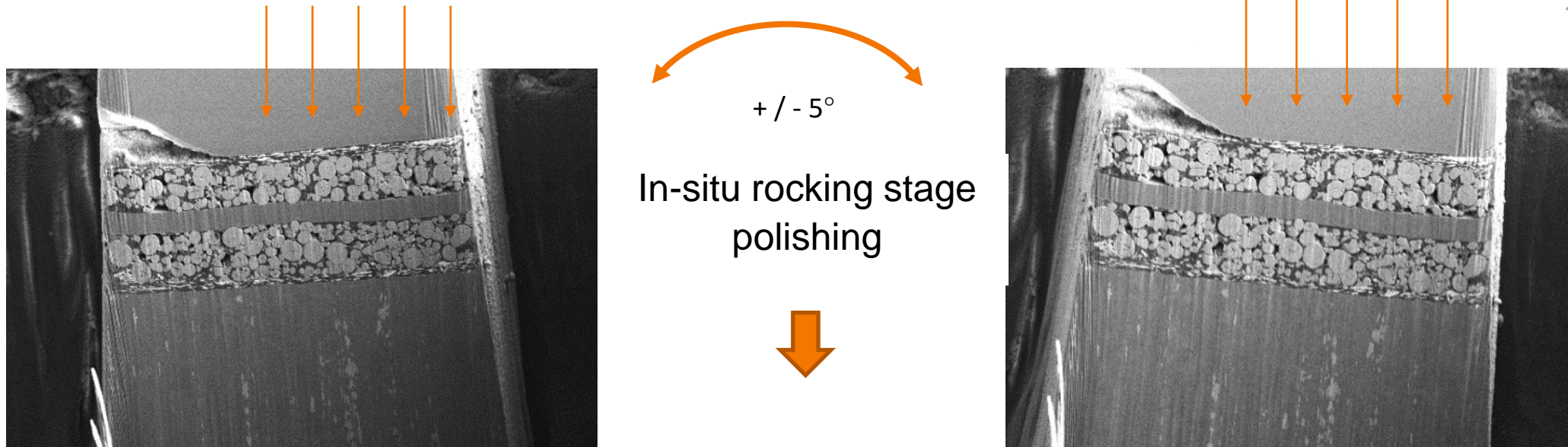
Consiste à poser un morceau de Si à l'aide d'un micromanipulateur



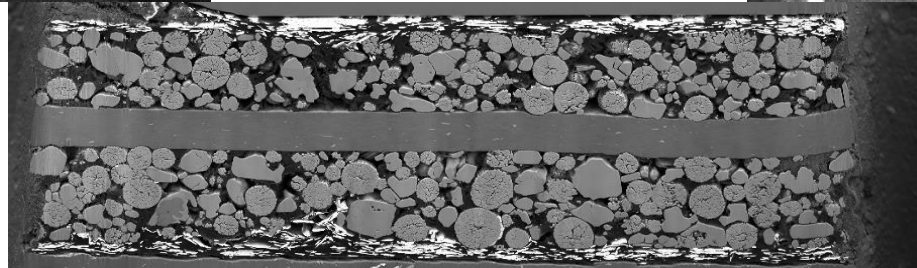
LE RIPPLING : SOLUTION # 3

LE ROCKING STAGE

Consiste à faire pivoter l'échantillon à + ou - 5° pour changer l'angle d'incidence



Batterie Li-ion avec rocking stage et masque Si

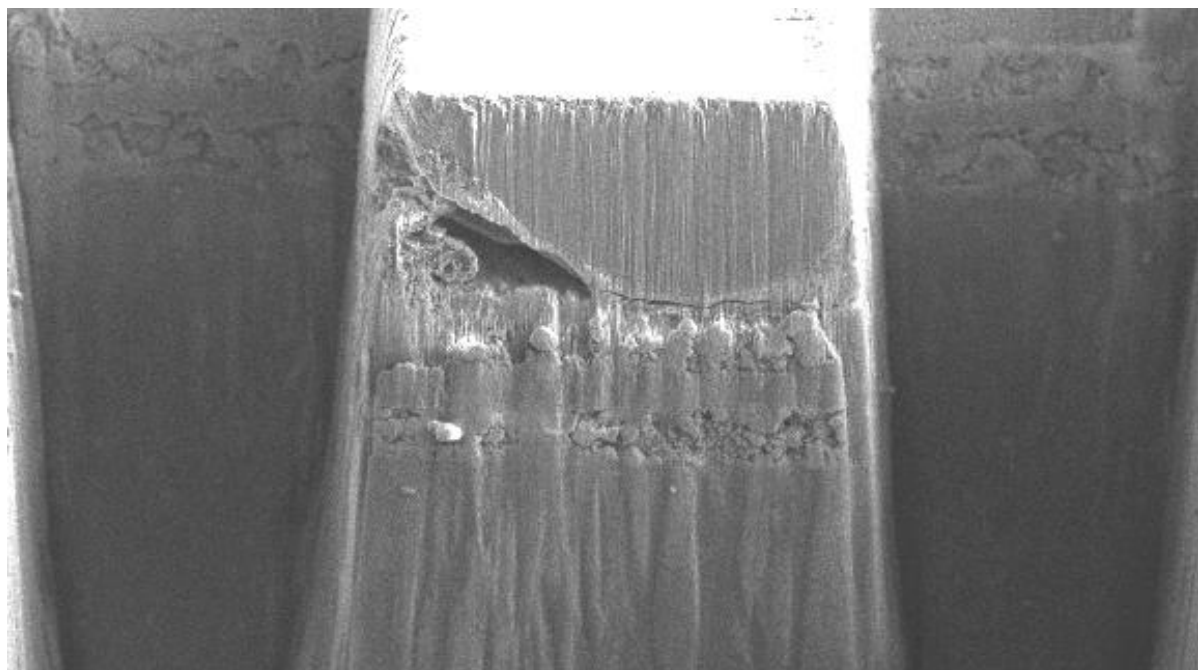


LE RIPPLING : SOLUTION # 3

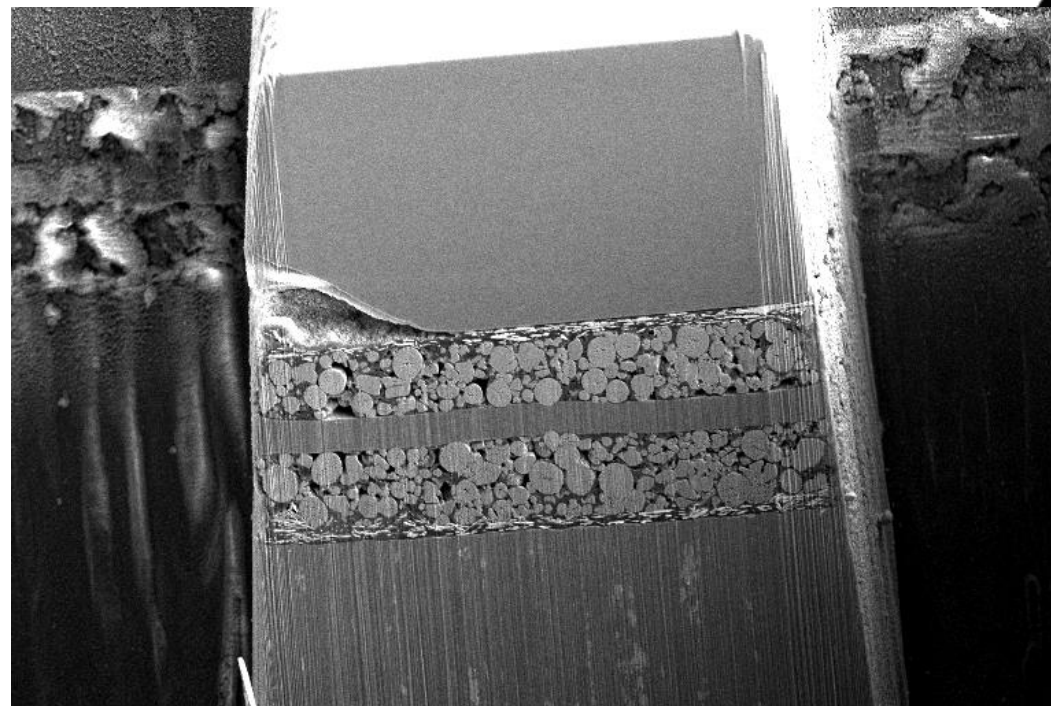


LE ROCKING STAGE

Consiste à faire pivoter l'échantillon à + ou $- 5^\circ$ pour changer l'angle d'incidence



Sans rocking



Avec rocking

Tescan courtesy





Le flambage



Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LE FLAMBAGE, C'EST QUOI ?



COURBURE IMPORTANTE LORS DE L'AMINCISSMENT



2 μ m

EHT = 10.00 kV
Width = 35.88 μ m
Signal A = SEI

FIB Image Probe = 30KV.50 pA
Mag = 3,19 K X
WD = 5.1 mm

Date : 12 Jul 2010
Stage at T = 0.0 °
System Vacuum = 8.25e-007 Torr



Le matériau se déforme sous l'effet du faisceau

Problématique observée sur:

- échantillons isolants, fragiles, hydratés
- courant non adapté

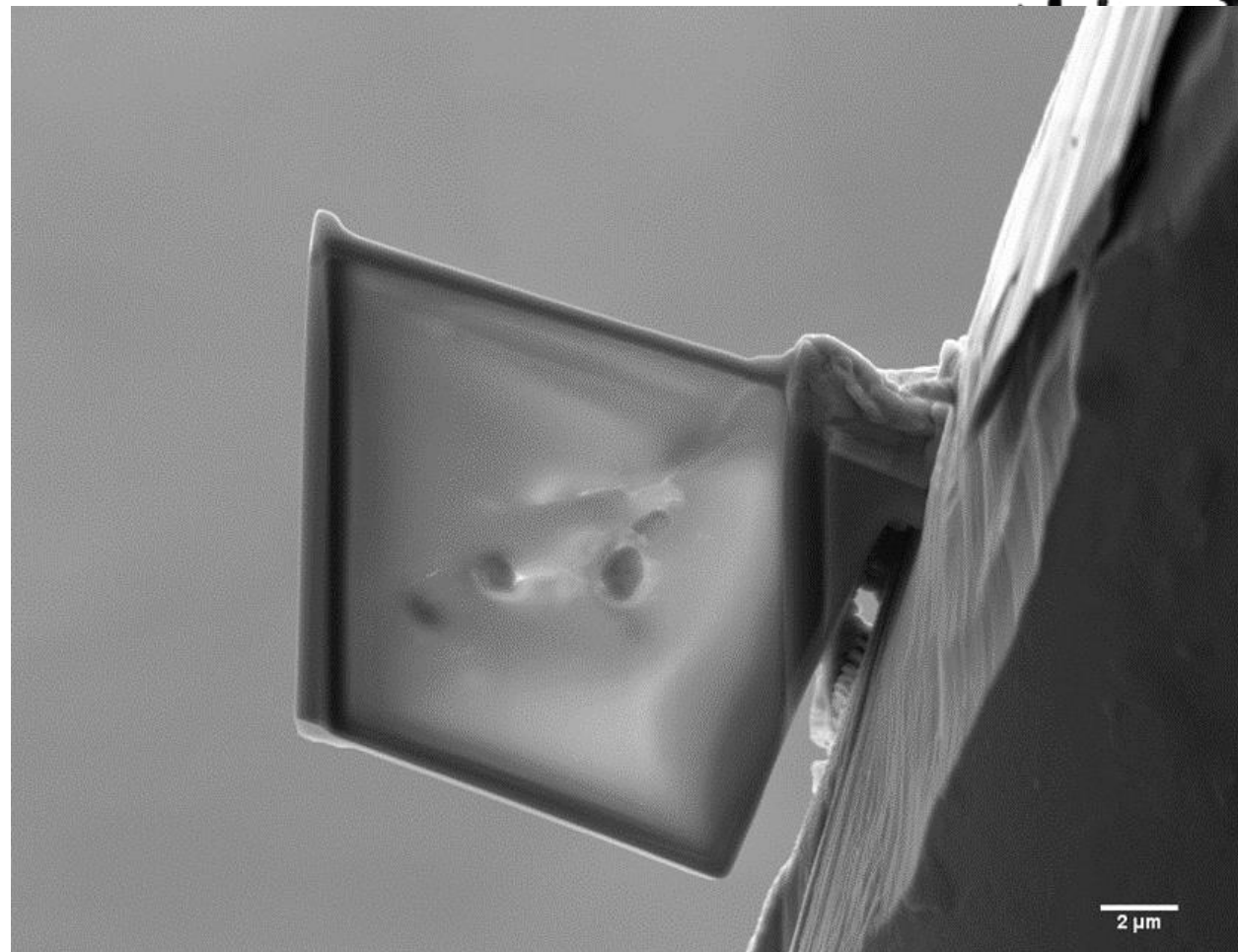
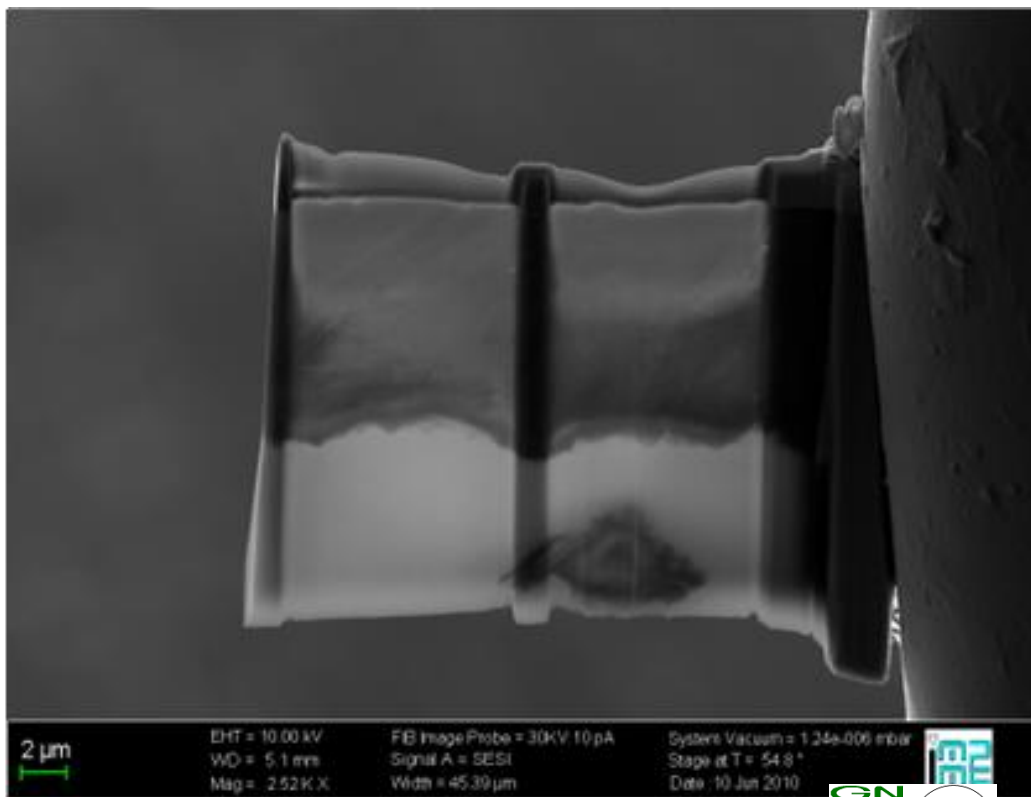
LE FLAMBAGE, SOLUTION



L'EVITER

Il est possible de le contrer en :

- rigidifiant la fenêtre mince



Les effets thermiques



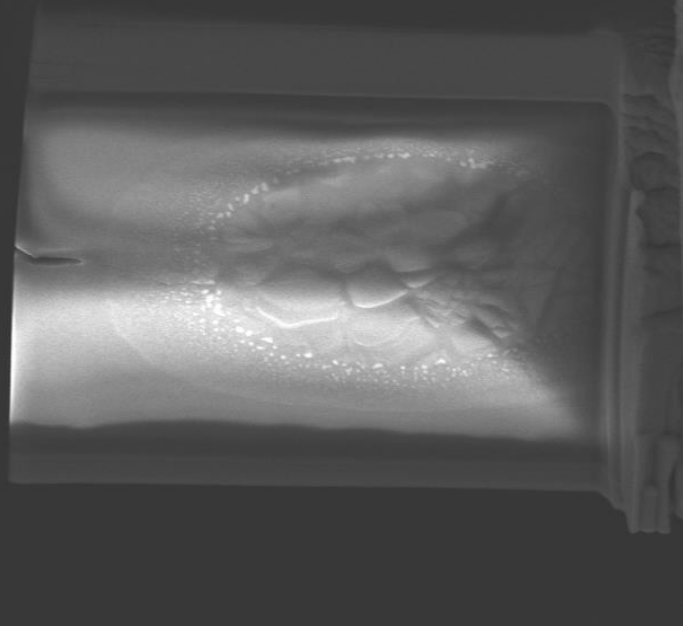
Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

LES EFFETS THERMIQUES



L'EXTRUDATION

ECHANTILLON HP-HT

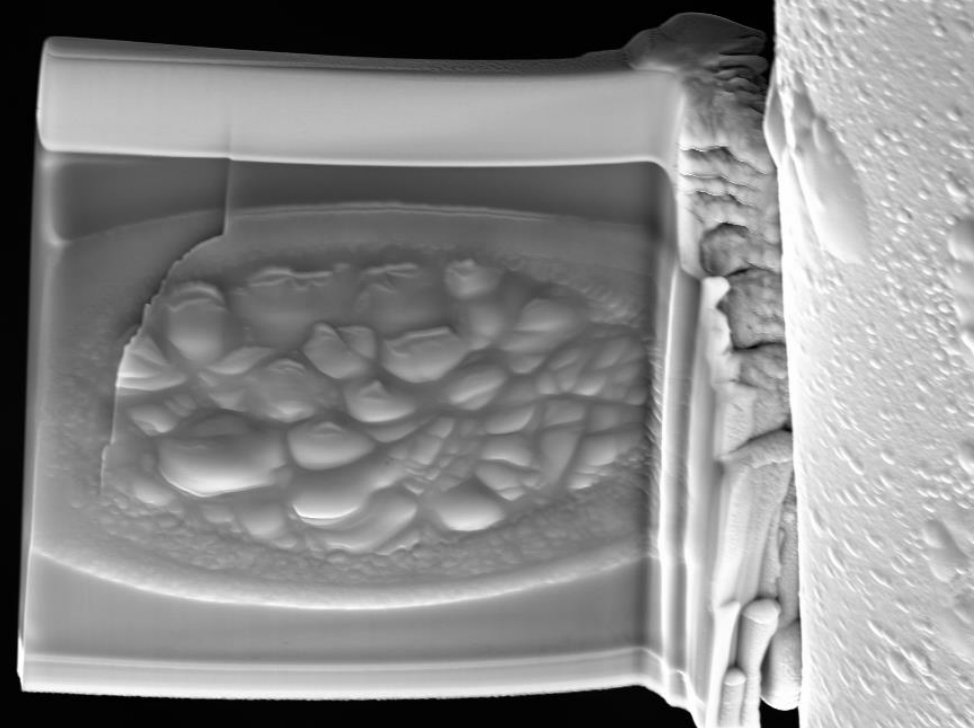


1 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 5.1 mm
Mag = 3.23 K X

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Signal A = InLens
Width = 35.36 μ m

System Vacuum = 9.23e-007 Torr
Stage at T = 55.2 °
Date : 8 Mar 2010



2 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 5.1 mm
Mag = 4.42 K X

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Signal A = InLens
Width = 25.88 μ m

System Vacuum = 9.44e-007 Torr
Stage at T = 53.2 °
Date : 8 Mar 2010

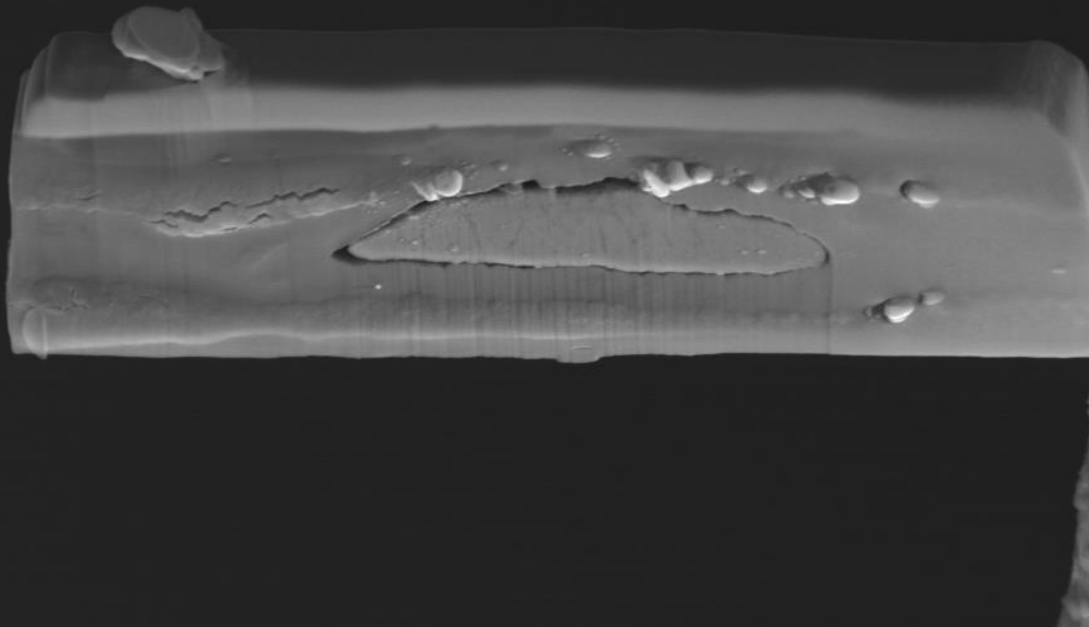


Quand l'échantillon évolue sous le faisceau



LA NUCLEATION

ECHANTILLON HP-HT

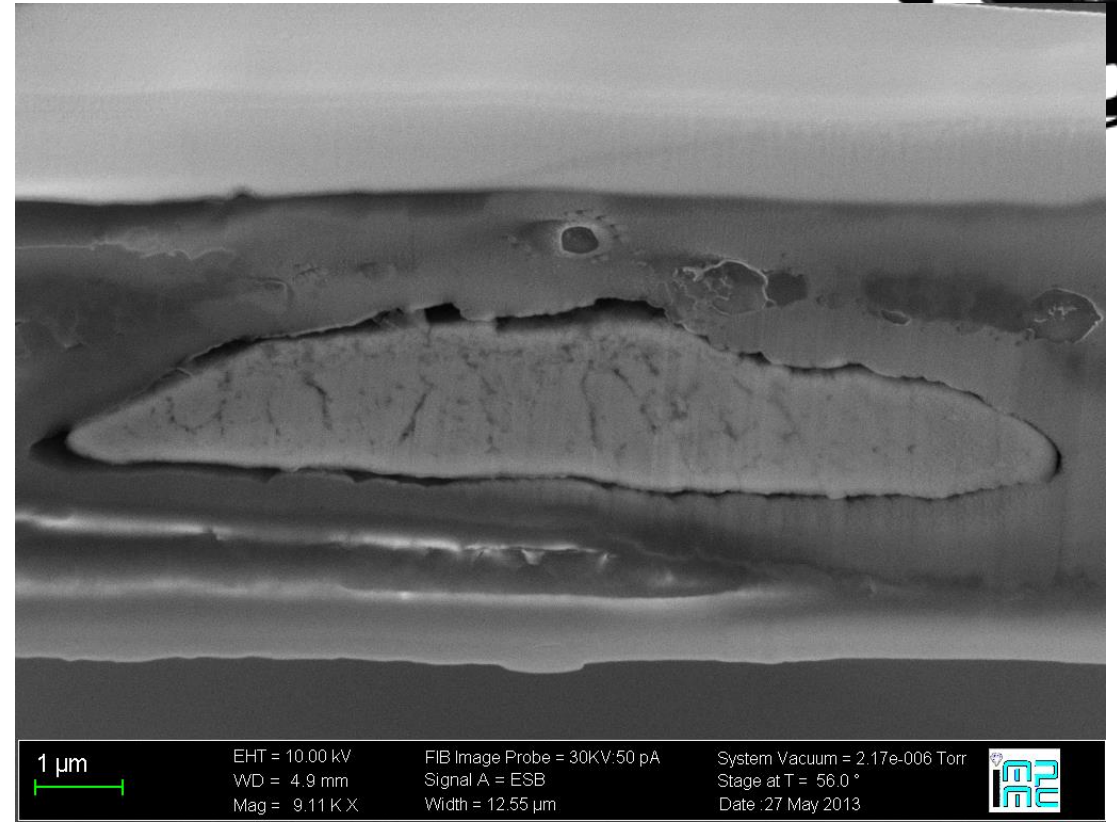


2 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 4.9 mm
Mag = 3.75 K X

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Signal A = InLens
Width = 30.51 μ m

System Vacuum = 2.18e-006 Torr
Stage at T = 56.0 °
Date :27 May 2013



1 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 4.9 mm
Mag = 9.11 K X

FIB Image Probe = 30KV:50 pA
Signal A = ESB
Width = 12.55 μ m

System Vacuum = 2.17e-006 Torr
Stage at T = 56.0 °
Date :27 May 2013

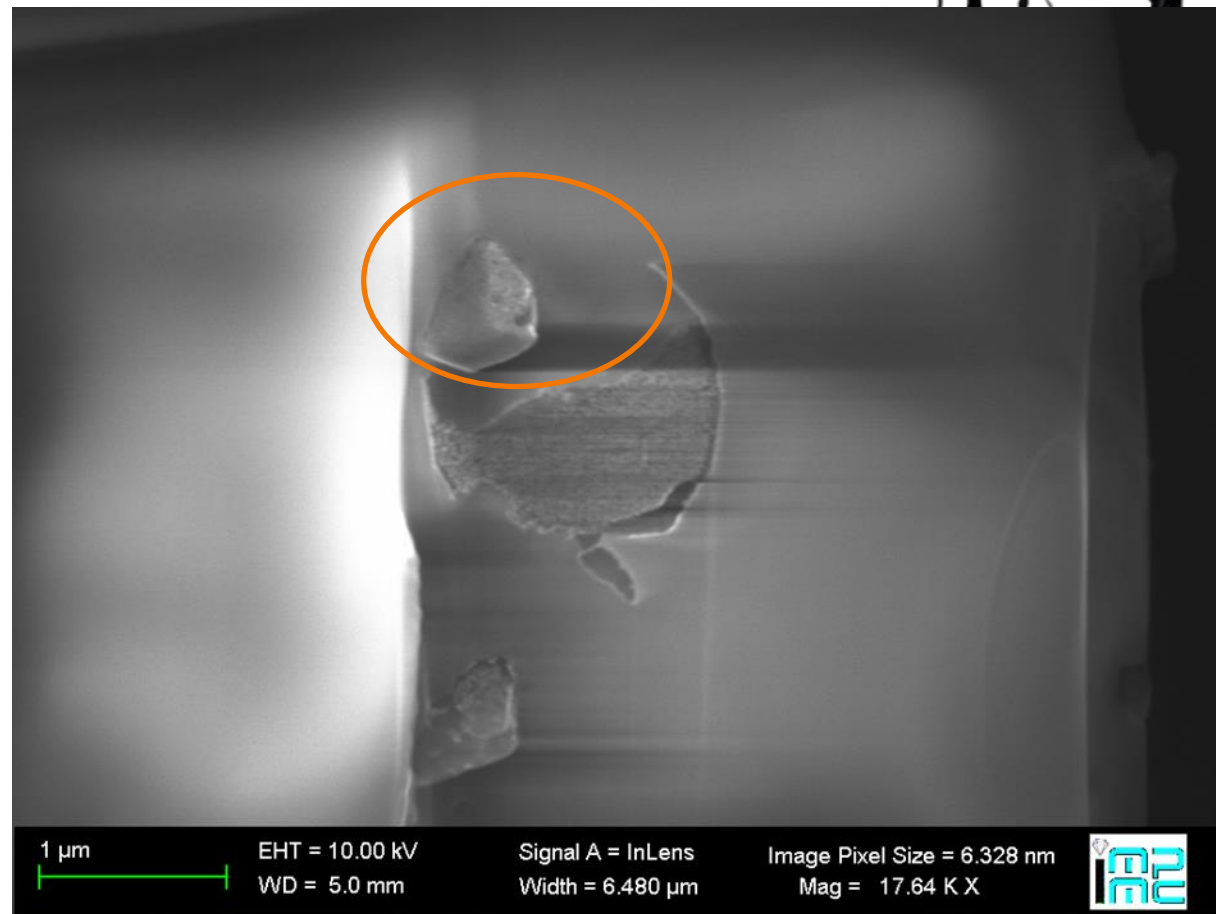
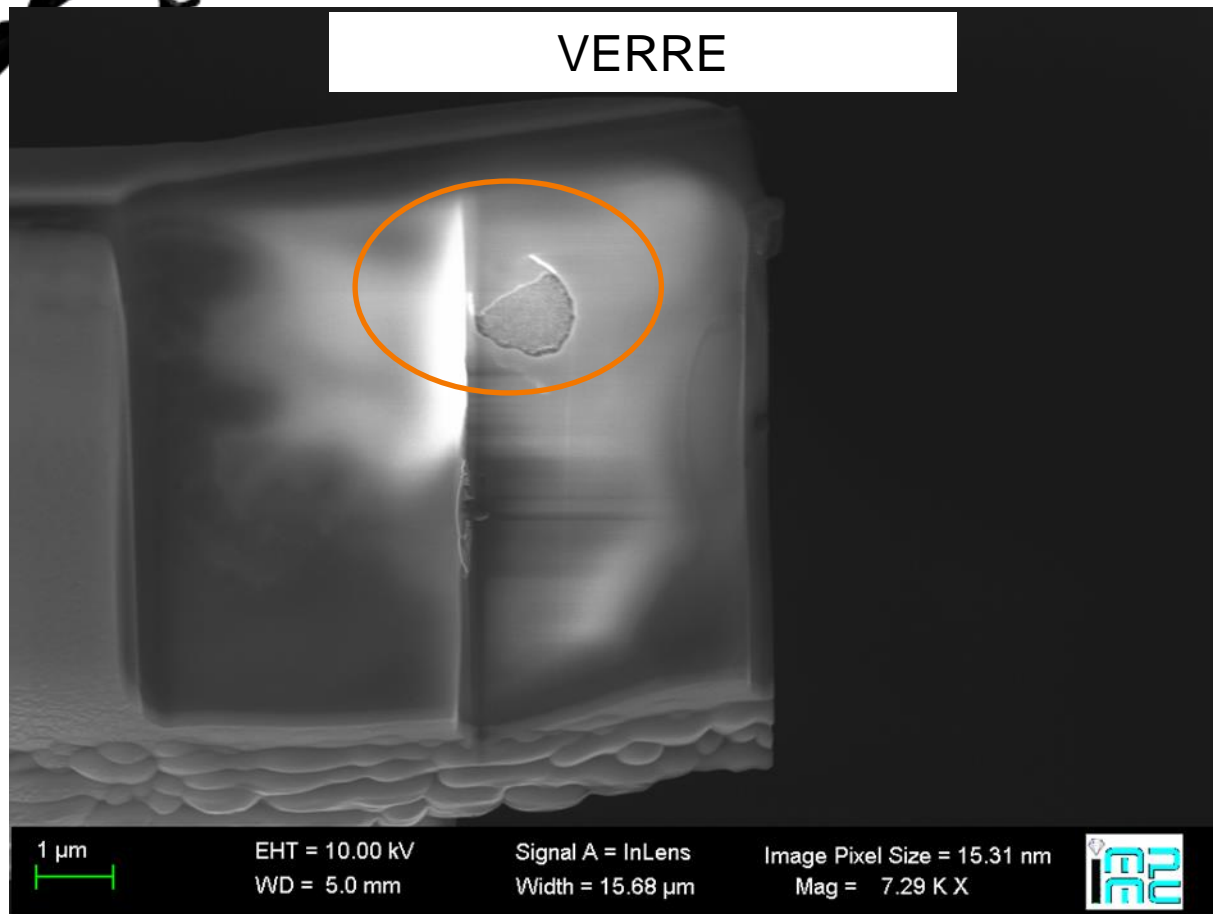


QUAND L'ECHANTILLON EVOLUE SOUS LE FAISCEAU



LA NUCLEATION

VERRE

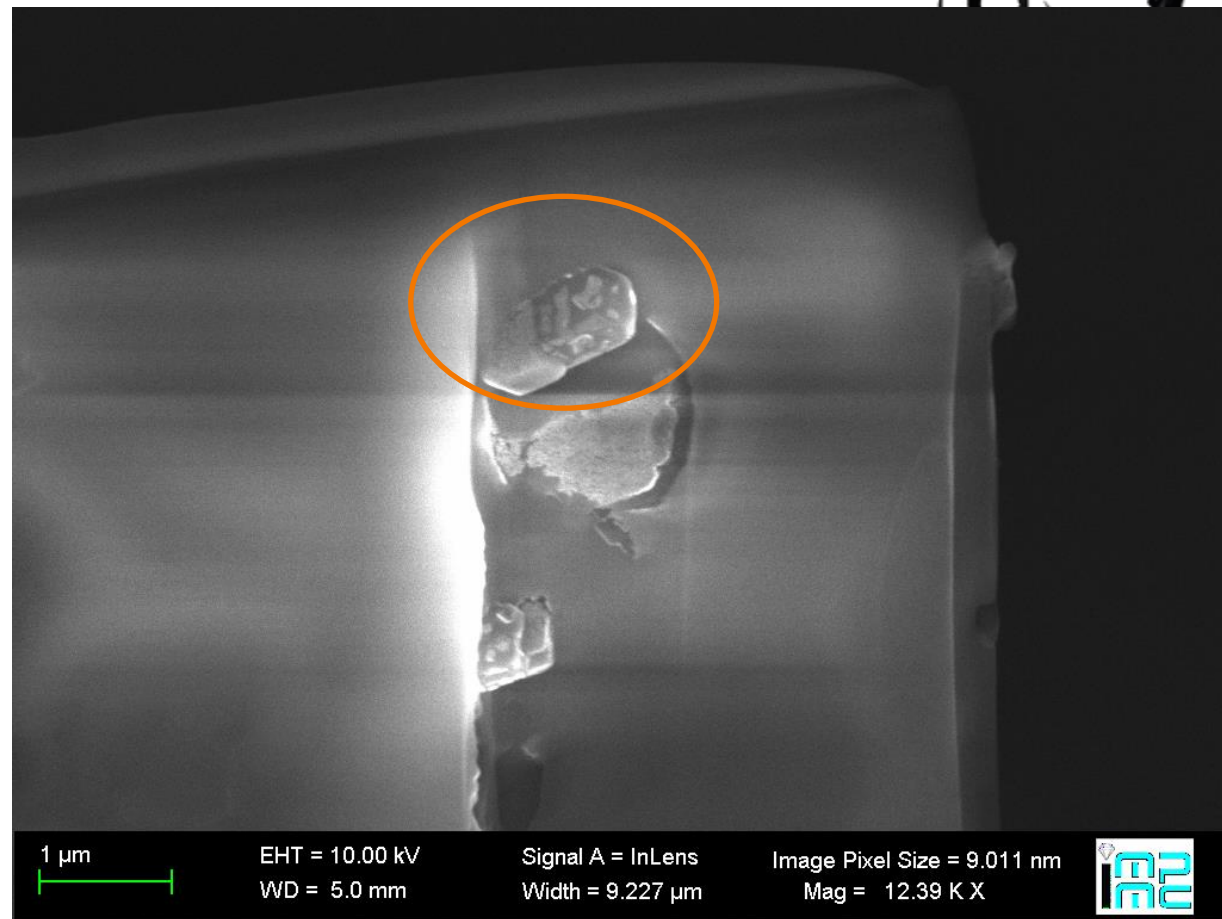
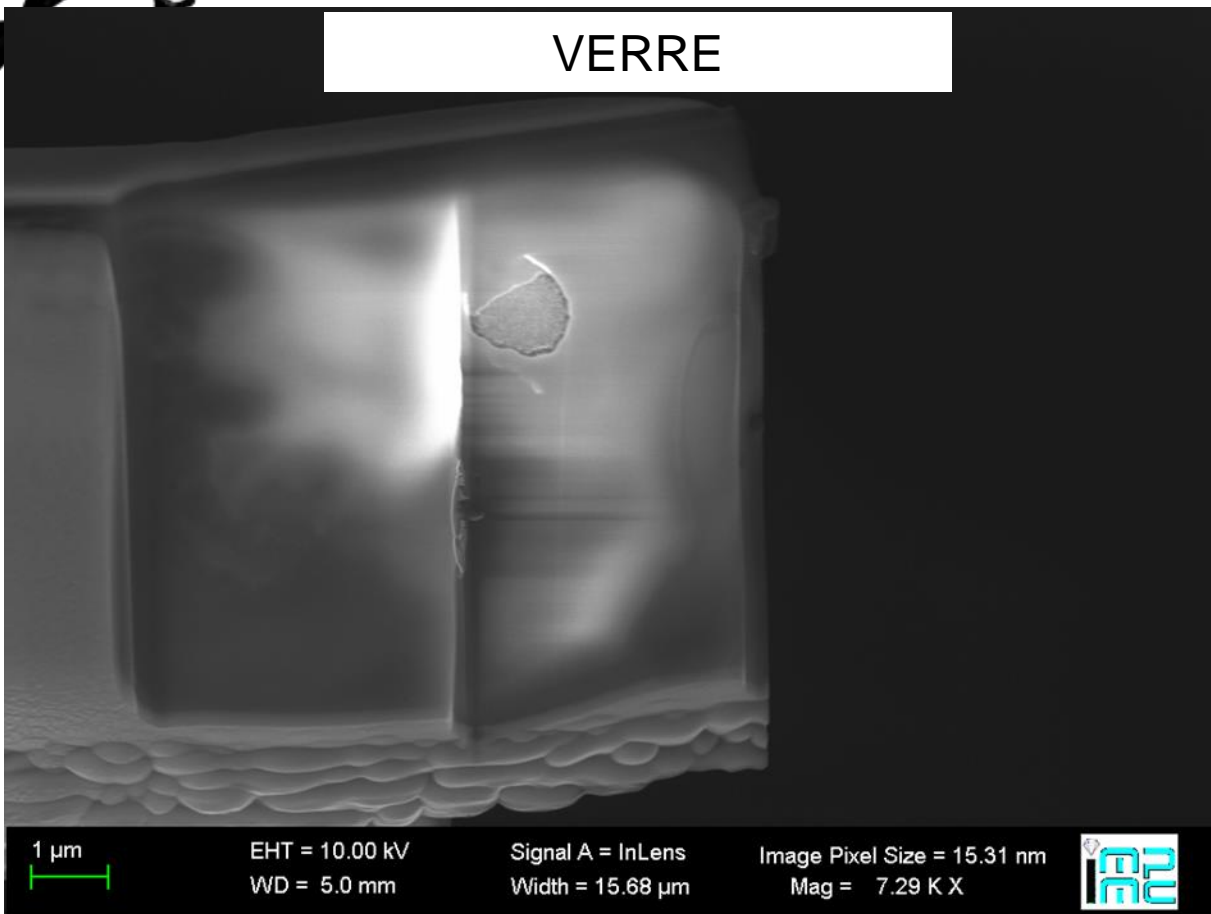


QUAND L'ECHANTILLON EVOLUE SOUS LE FAISCEAU



LA NUCLEATION

VERRE





Musée des horreurs

Quand ça veut pas....ça veut pas...

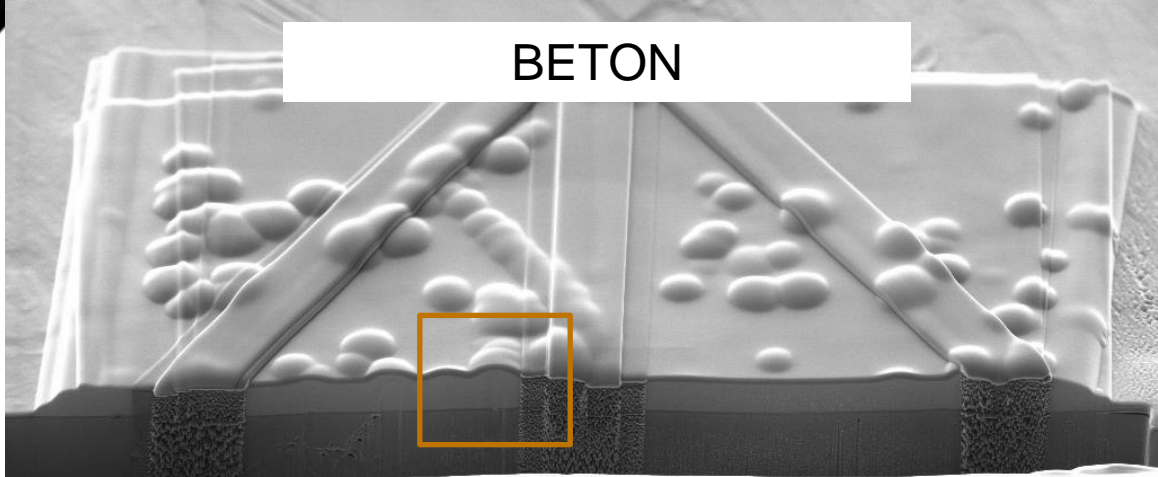


Journées Pédagogiques du Gn-Meba- 4 et 5 décembre 2023

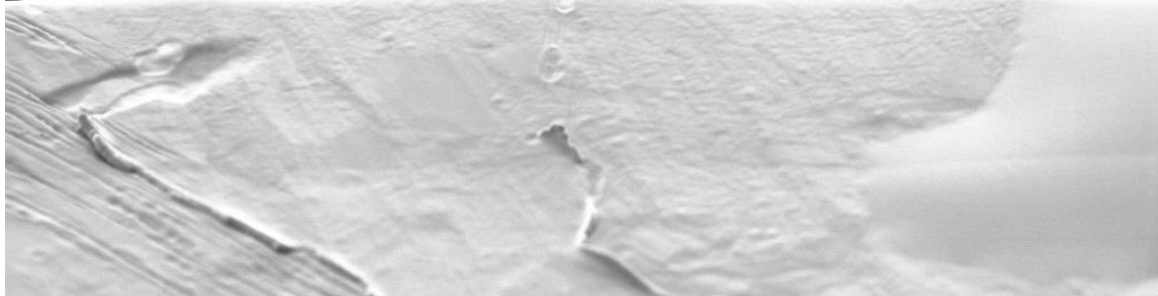
QUAND L'ECHANTILLON DEGAZE



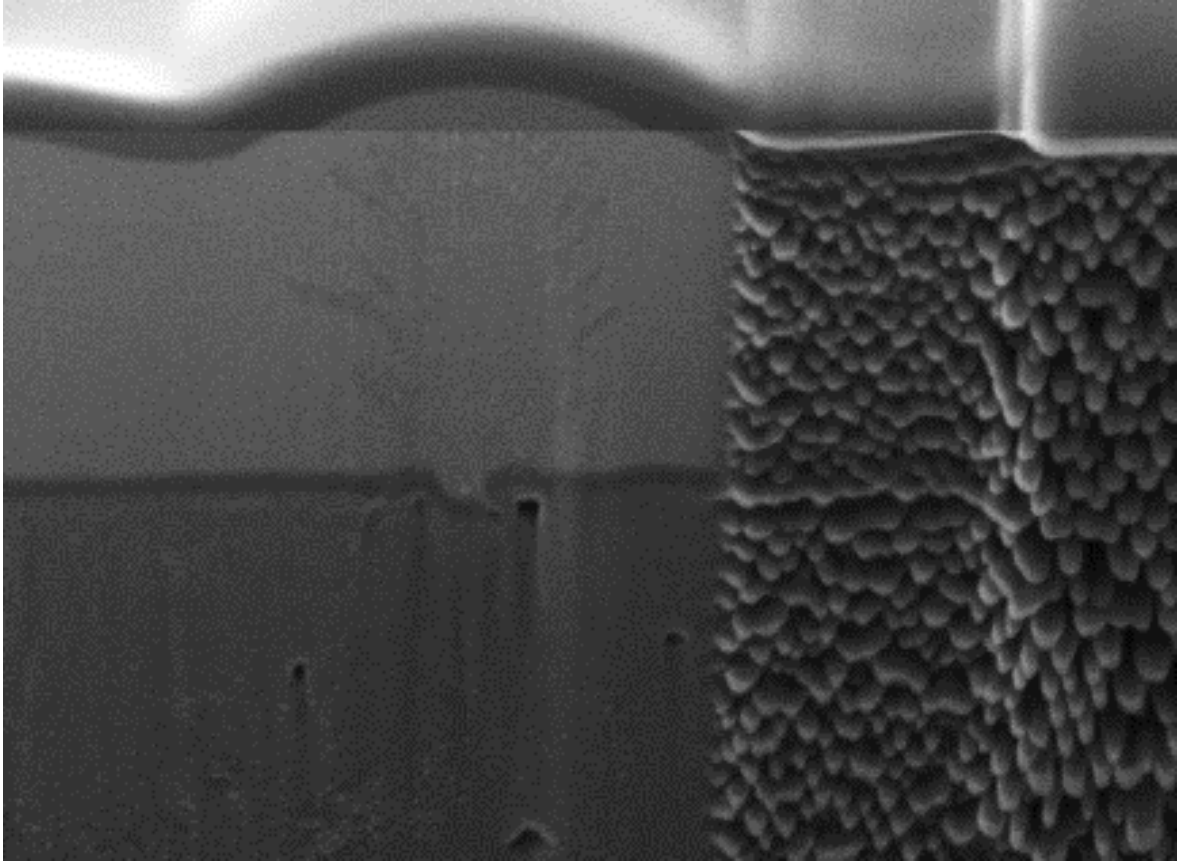
CLOQUES VISIBLES LORS DU DEPÔT



BETON



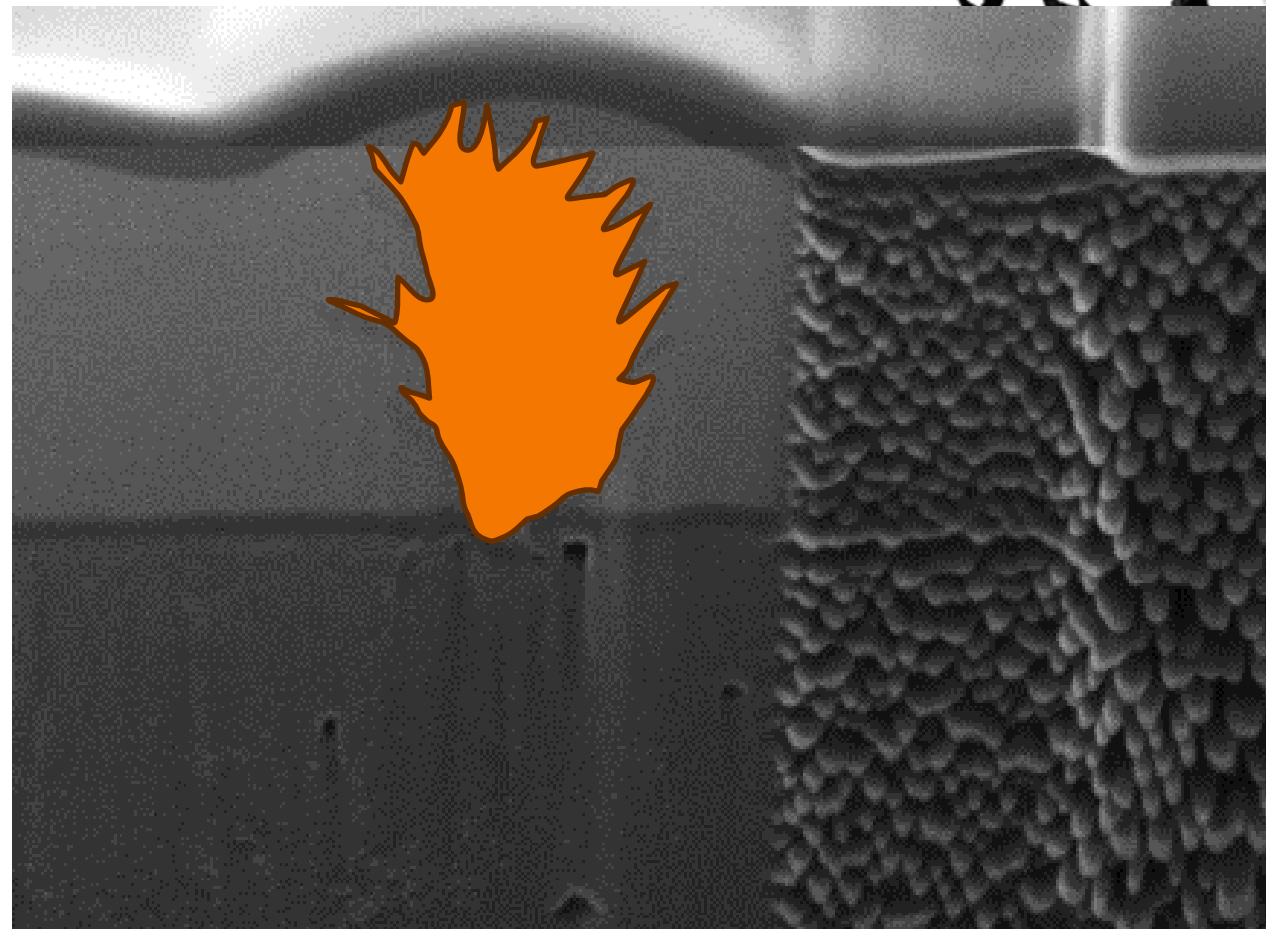
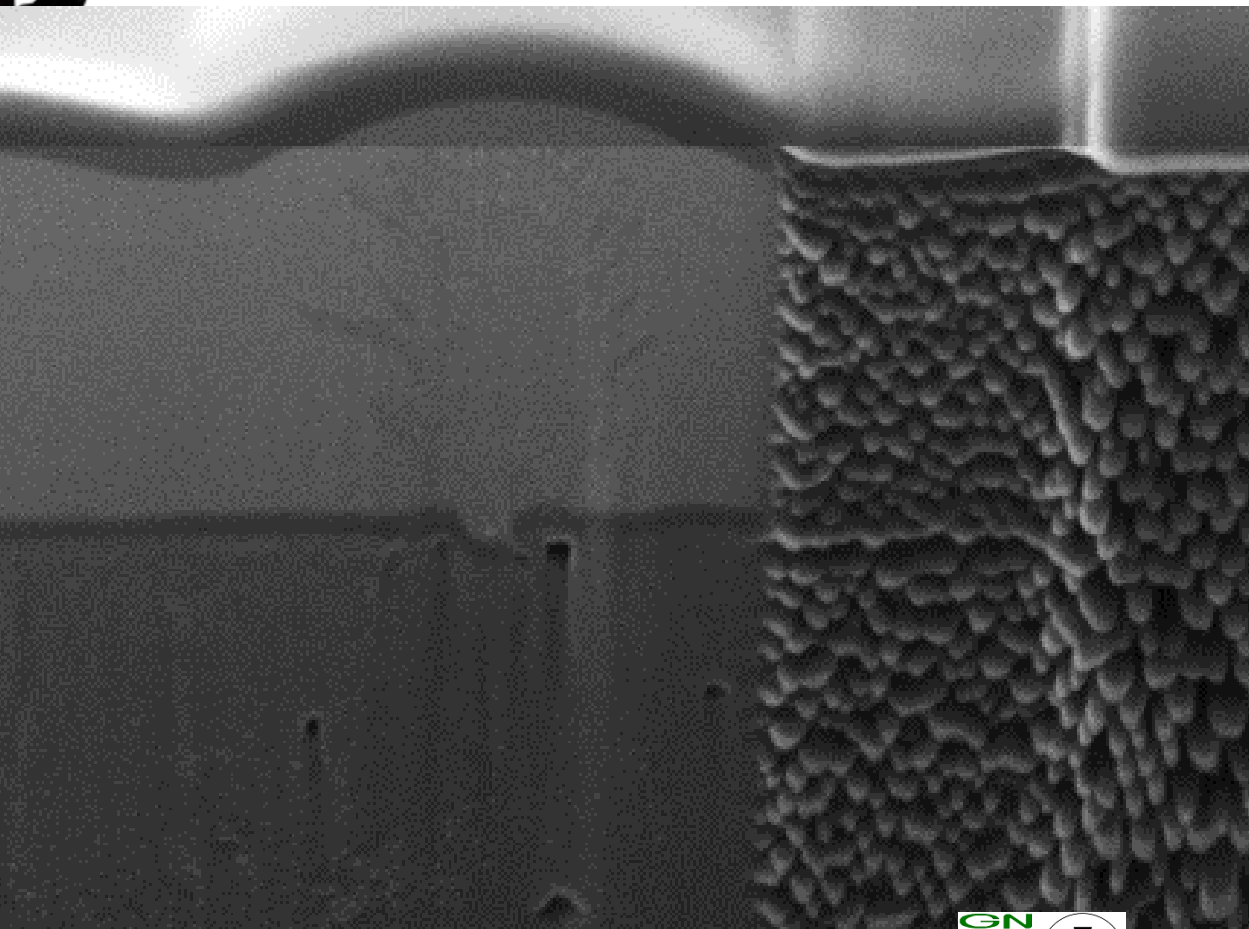
2 μ m | EHT = 1.70 kV | Signal A = SESI | Image Pixel Size = 37.56 nm
WD = 5.0 mm | Width = 38.46 μ m | Mag = 2.97 K X | IAPZ



Quand l'échantillon degaze



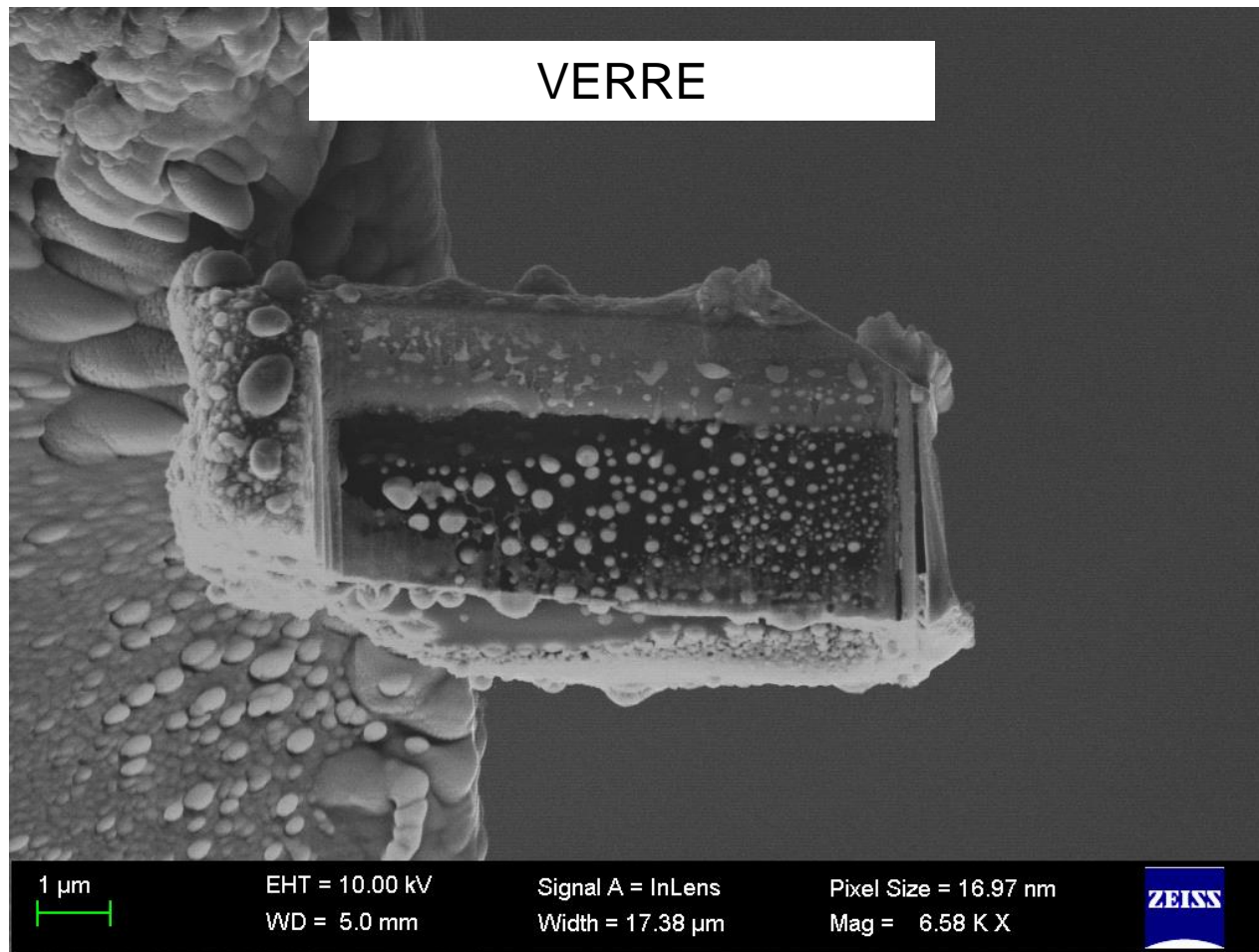
CLOQUES VISIBLES LORS DU DEPÔT



QUAND L'ECHANTILLON SE MET A BULLER



BULLES DE Pt EFFERVESCENTES

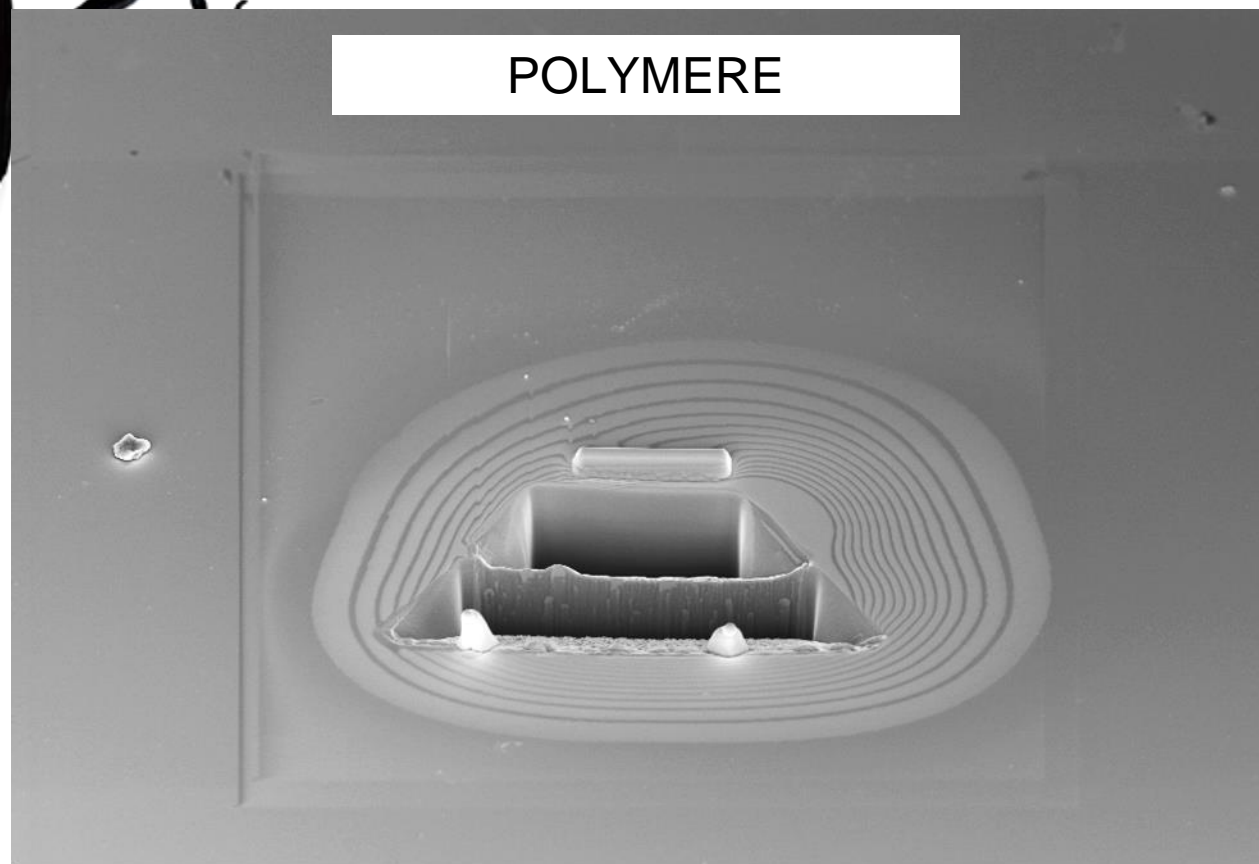


QUAND L'ECHANTILLON RIDE, REDEPOSE BEAUCOUP



COMPORTEMENT BIZARRE : EFFETS ELECTROSTATIQUES

POLYMERE

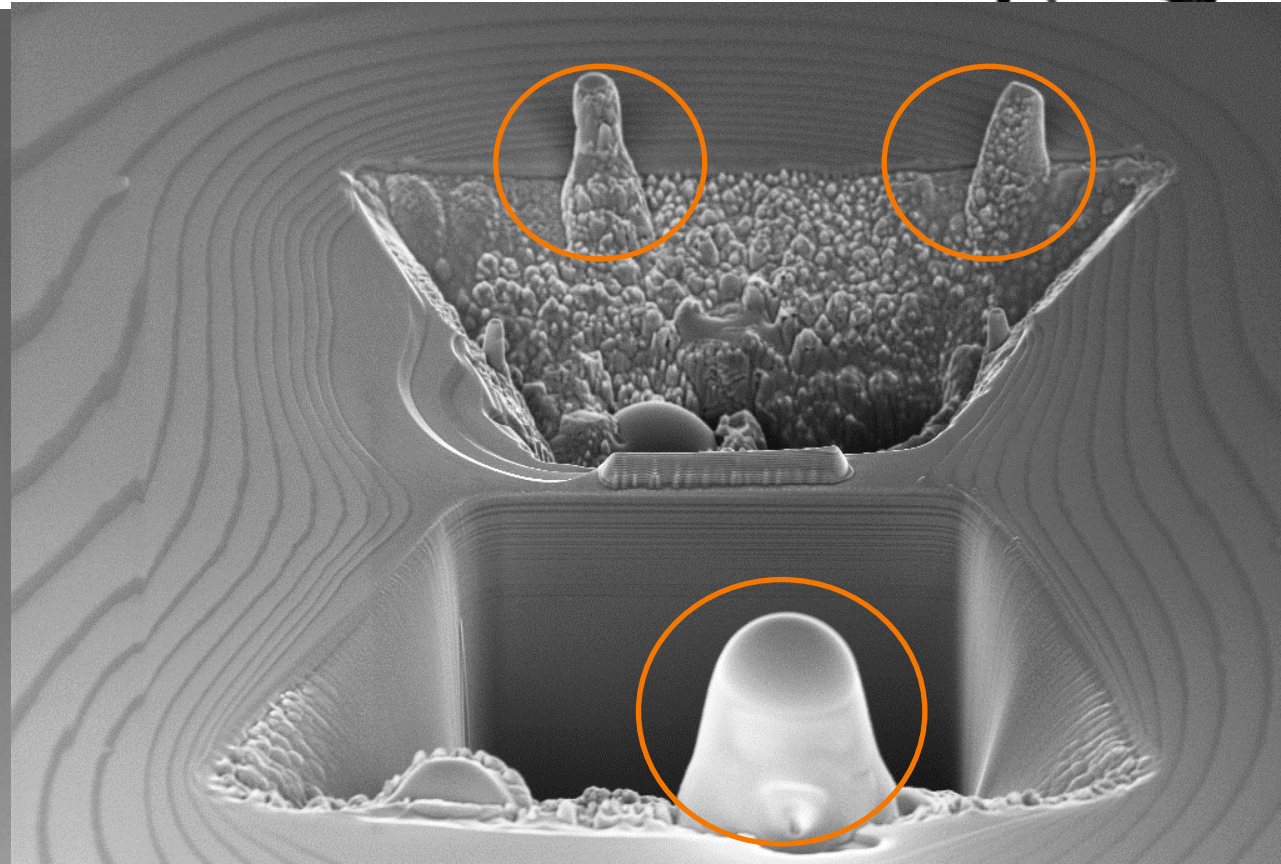


10 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = InLens
Width = 167.1 μ m

Image Pixel Size = 163.2 nm
Mag = 684 X



10 μ m

EHT = 10.00 kV
WD = 5.0 mm

Signal A = InLens
Width = 102.2 μ m

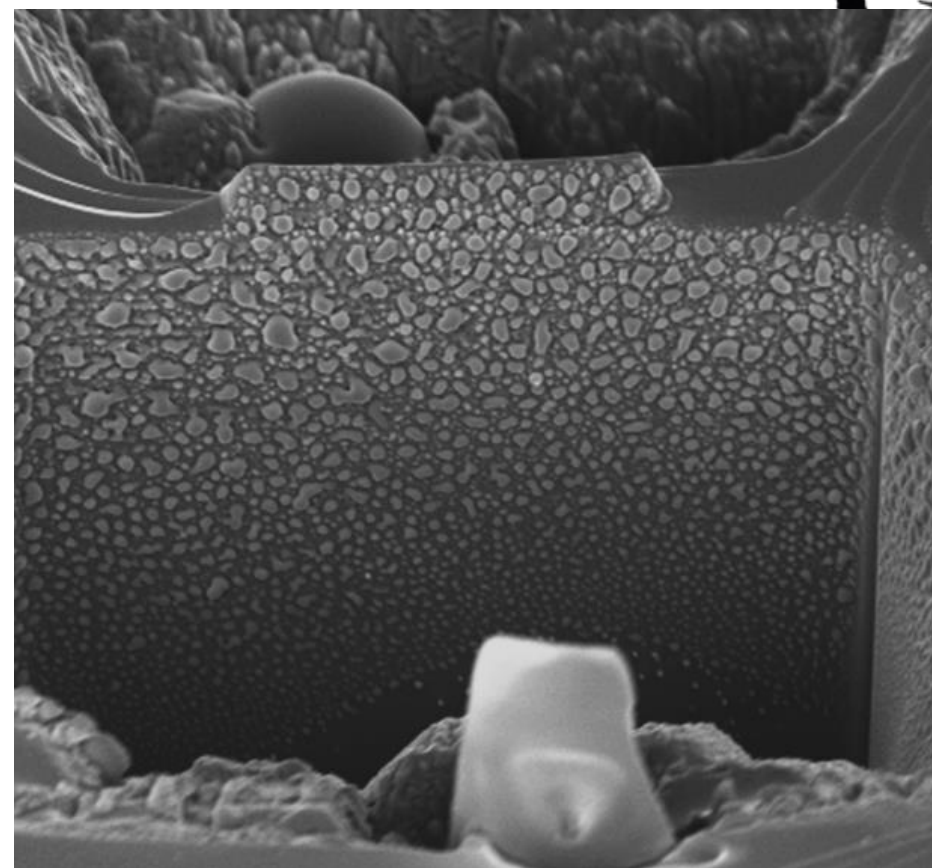
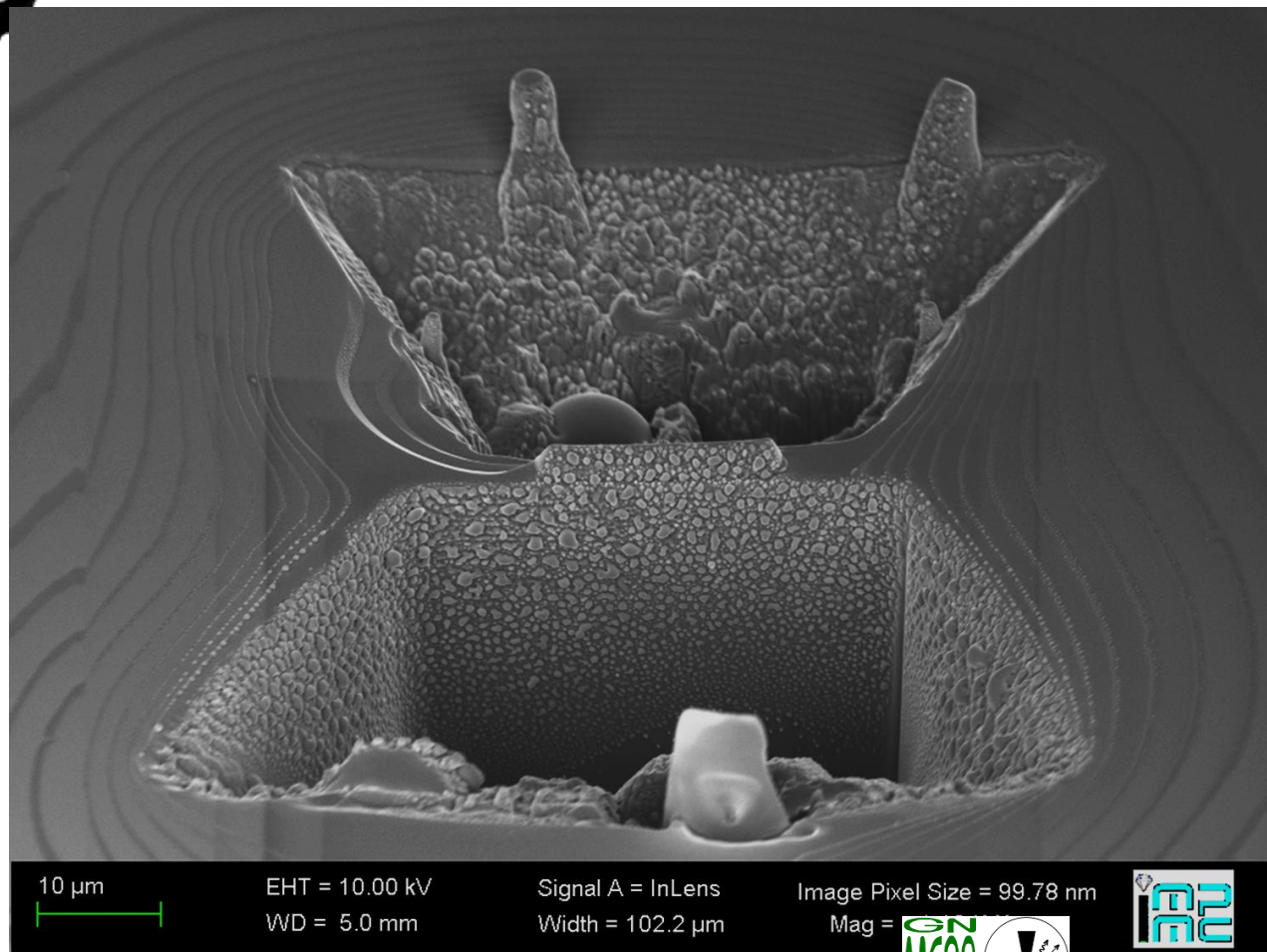
Image Pixel Size = 99.78 nm
Mag = 1.12 K X



QUAND L'ECHANTILLON A LA VARICELLE



EFFET ELECTROSTATIQUE ?



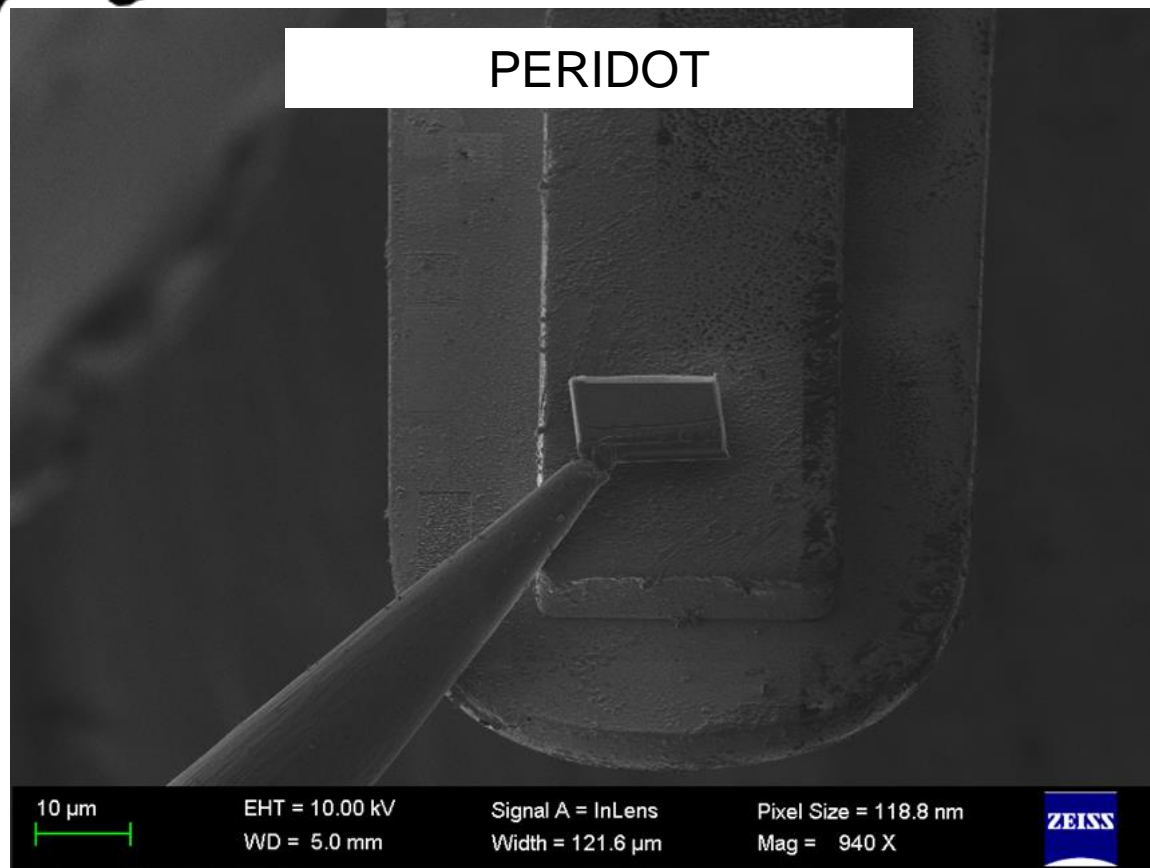
QUAND L'ECHANTILLON DEVIENT LIQUIDE



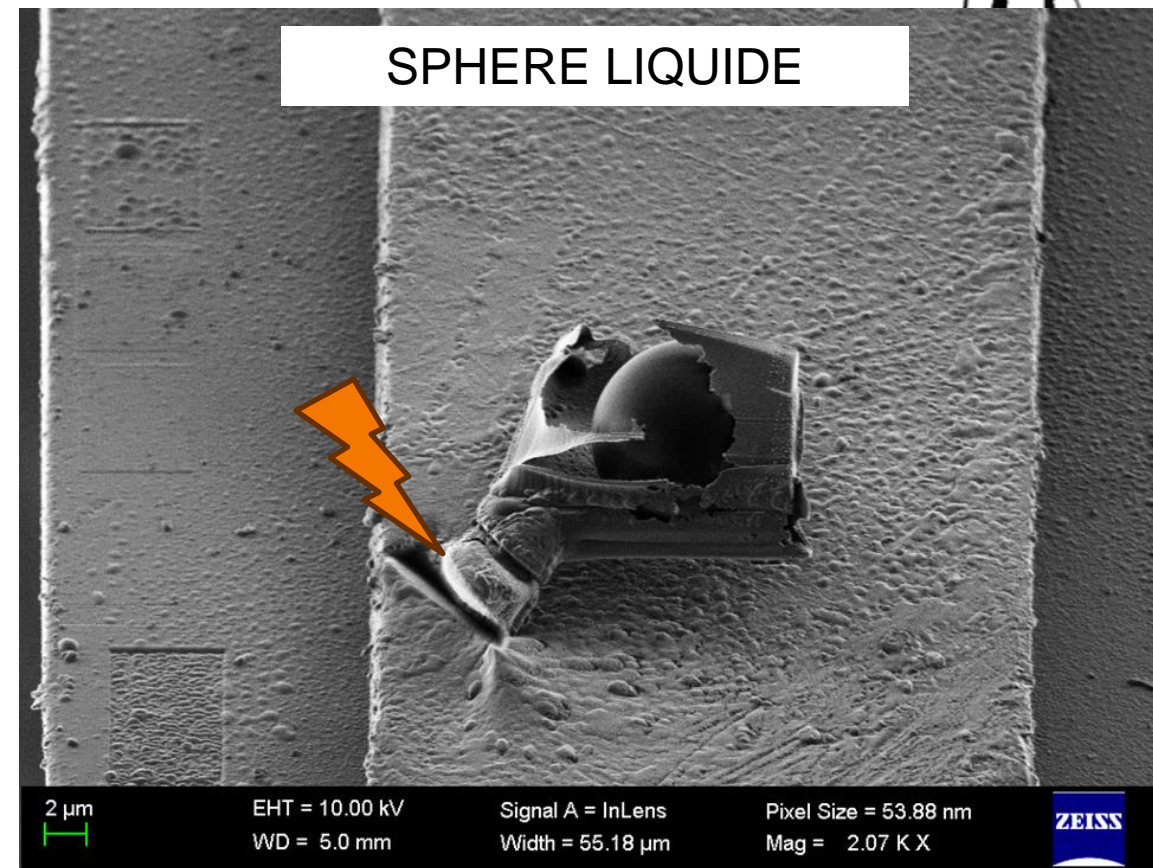
SUITE A UN ARC ELECTRIQUE

T° fusion : 1890 ° C

PERIDOT



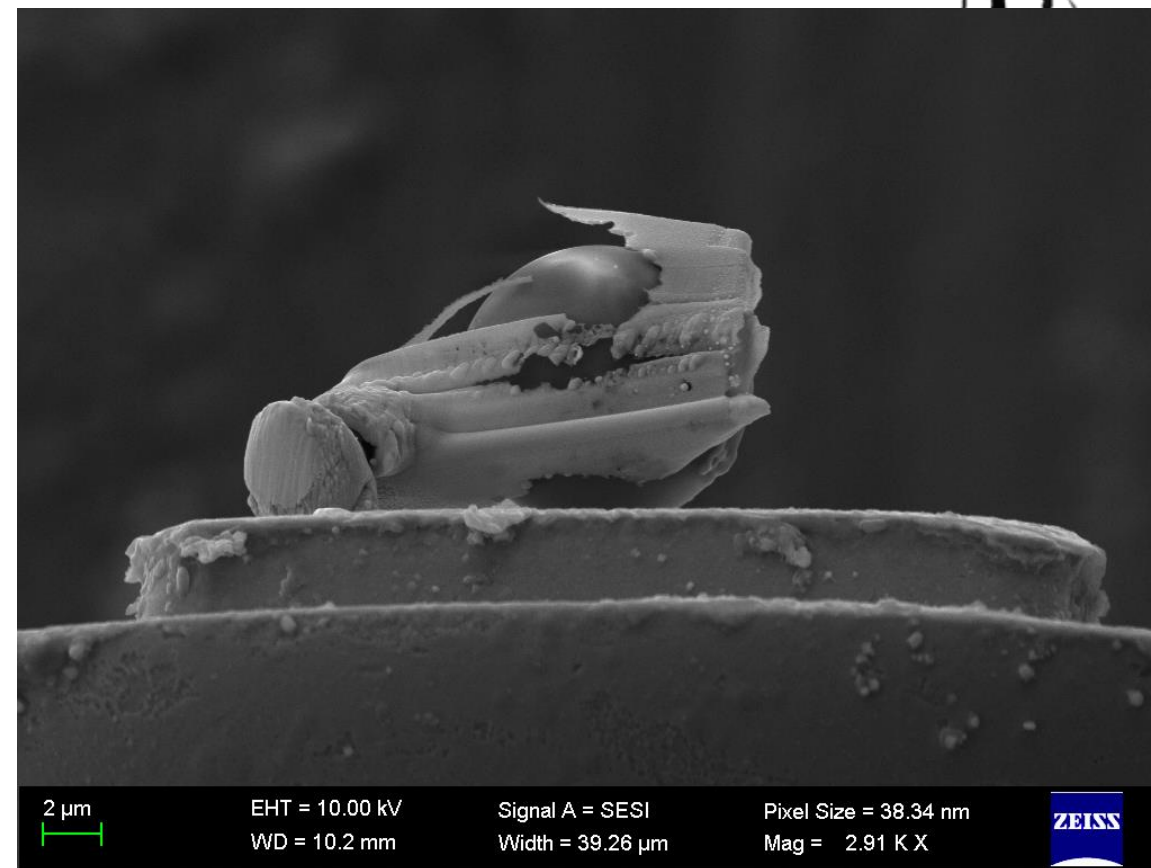
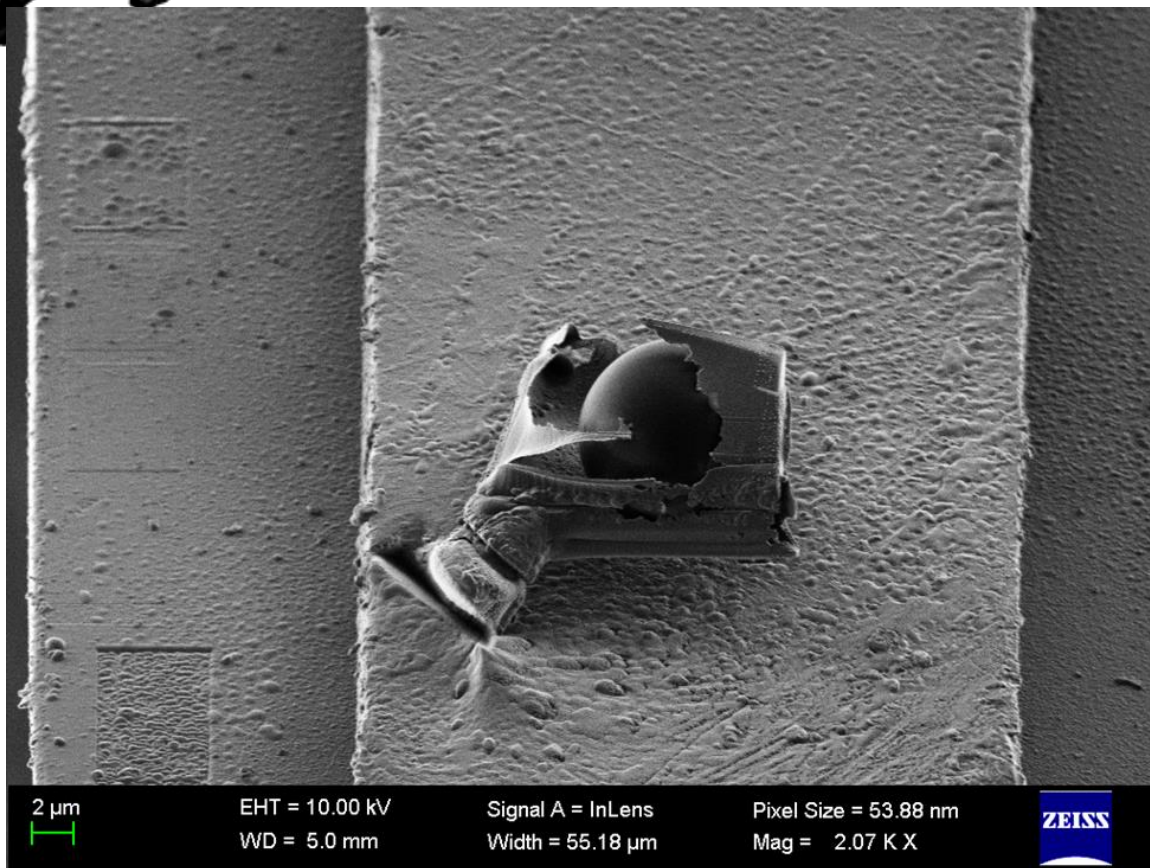
SPHERE LIQUIDE



QUAND L'ECHANTILLON DEVIENT LIQUIDE



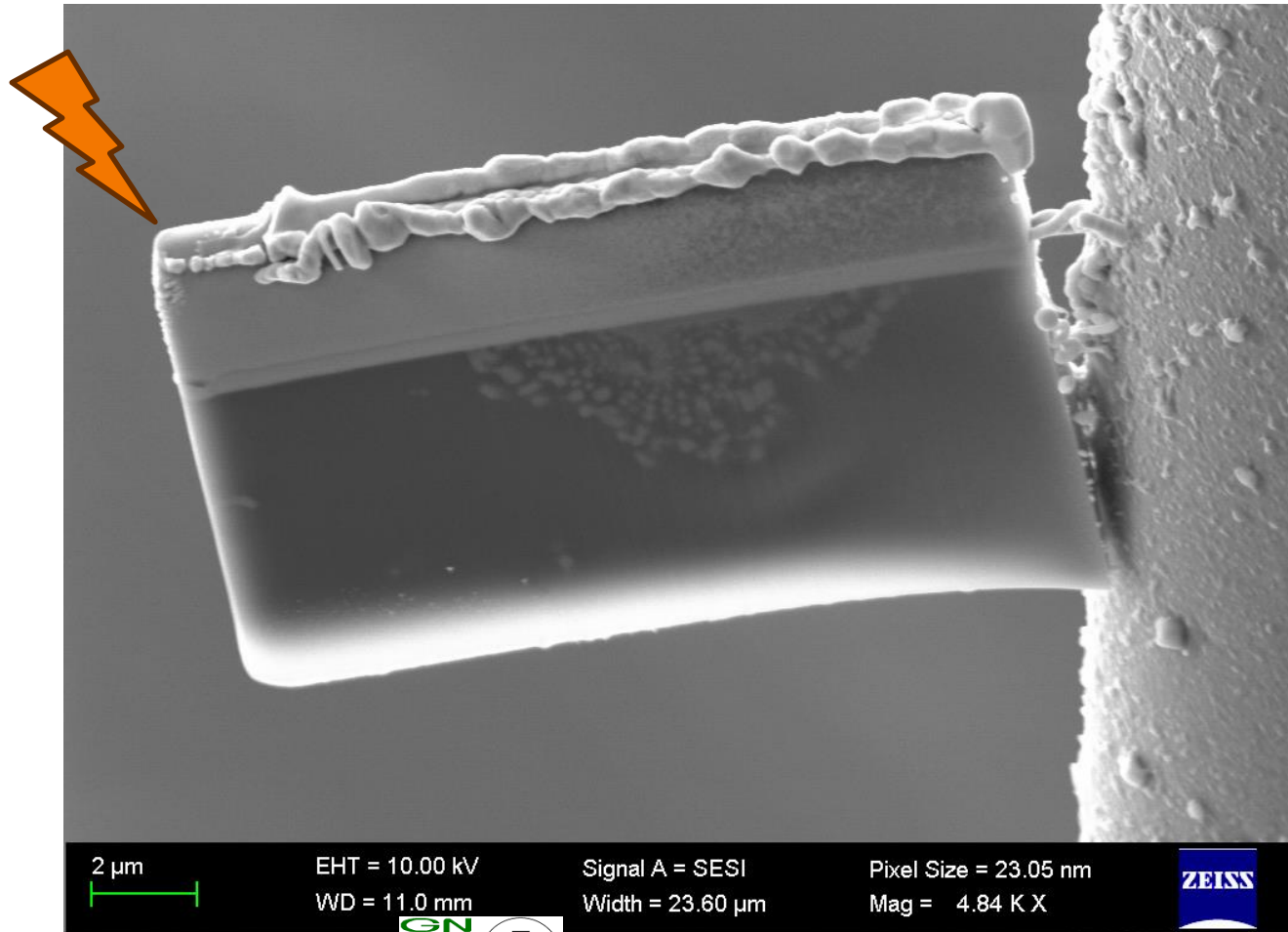
SUITE A UN ARC ELECTRIQUE



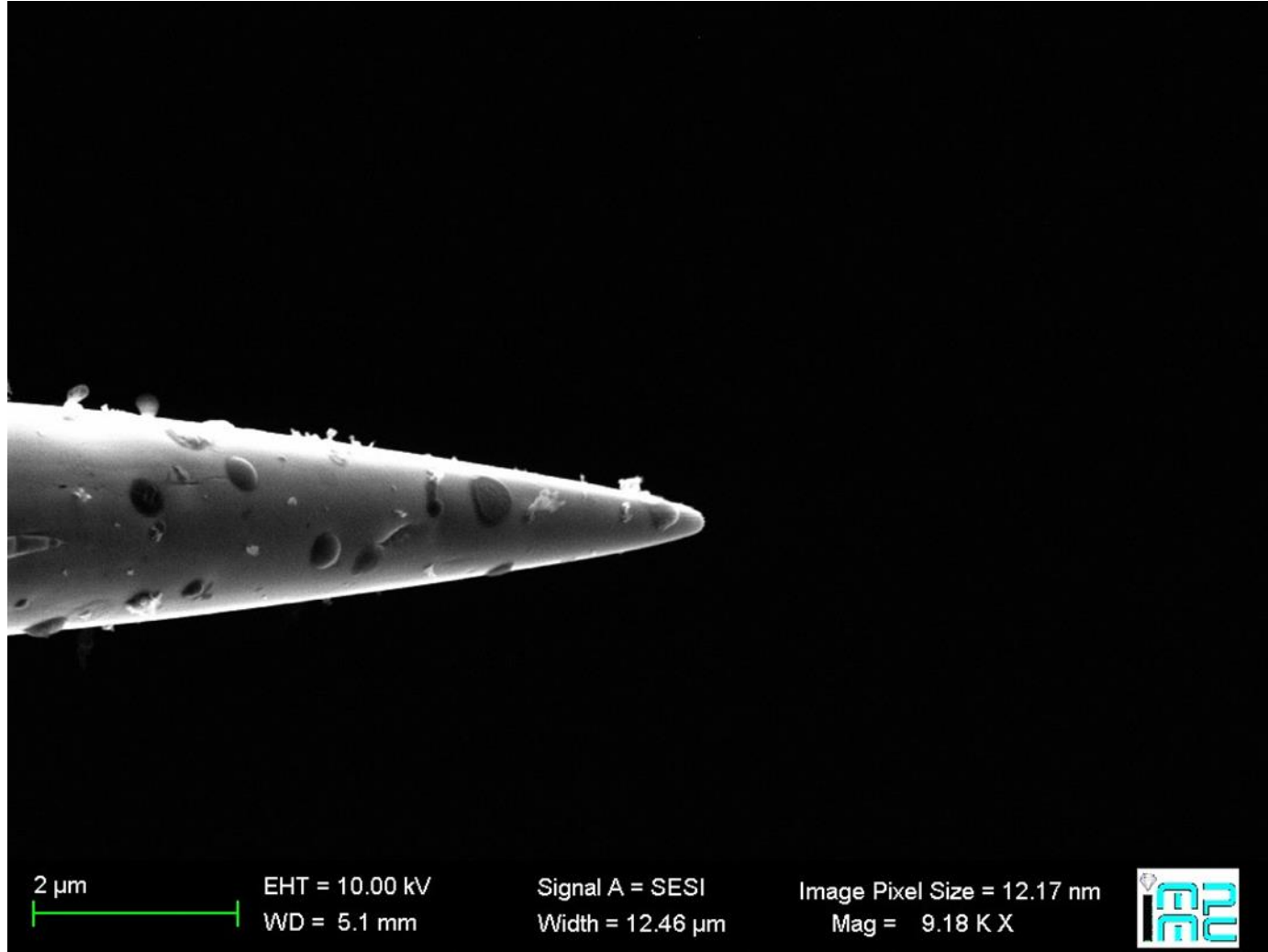
QUAND L'ECHANTILLON FOND



SUITE A UN ARC ELECTRIQUE



QUAND LA POINTE A LA VARICELLE



A Halloween-themed background featuring a dark, orange-toned sky. In the foreground, two glowing jack-o'-lanterns with menacing faces sit on a stone surface. To the left and right, there are silhouettes of gnarled, leafless trees. In the background, a graveyard with several crosses is visible under a dark, misty atmosphere.

Merci de votre attention