



Observation MEB à travers des miroirs à électrons

Patrick Nguyen - Elemca

Comment créer un miroir à électrons dans un MEB?

Matériel :

- Un petit morceau de matériau isolant posé sur une surface conductrice

Ou

- Un petit morceau de matériau conducteur posé sur une surface isolante

Géométrie de miroir préconisée :

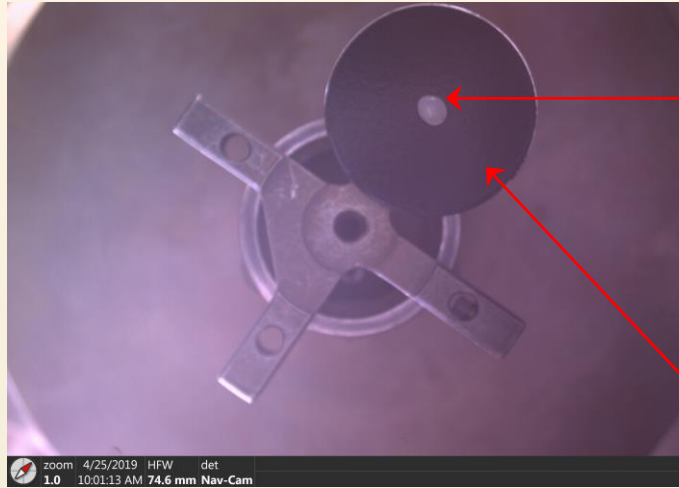
- Dans l'idéal, une sphère ou demi-sphère pour compenser les distorsions de la perspective mais une surface approximativement convexe peut également être adaptée (les objets plans peuvent également servir de miroirs à électrons mais les images obtenues sont souvent distordues)
- Une surface de miroir relativement lisse donne de meilleures images

Protocole :

- Pendant quelques minutes, faire balayer le faisceau d'électrons sur le « miroir » à forte tension d'accélération (ex: 20 kV ou plus)
- Diminuer la tension d'accélération (ex: 5 kV) et commencer à imager la chambre du MEB par réflexion

FIB plasma FEI - Aperçu du dispositif

Image optique dans la chambre du FIB (vue de dessus)



Miroir de forme « patatoïde » formé d'un matériau isolant sur surface conductrice (ici bille de téflon après essai de compression sur pastille de carbone)

Pastille de carbone

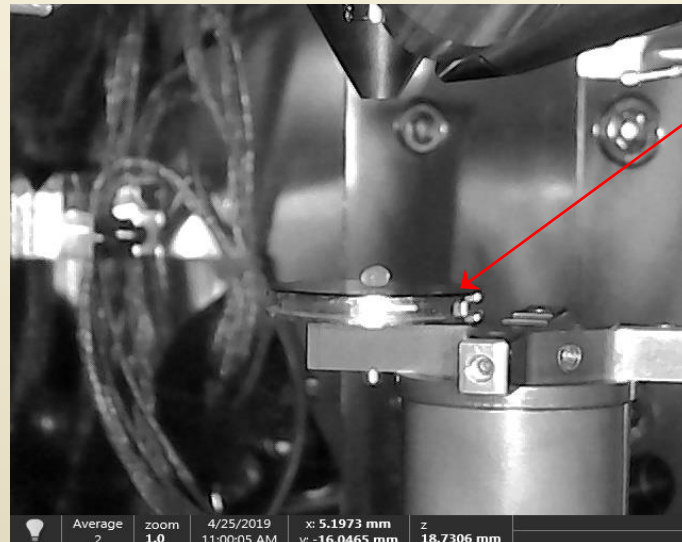
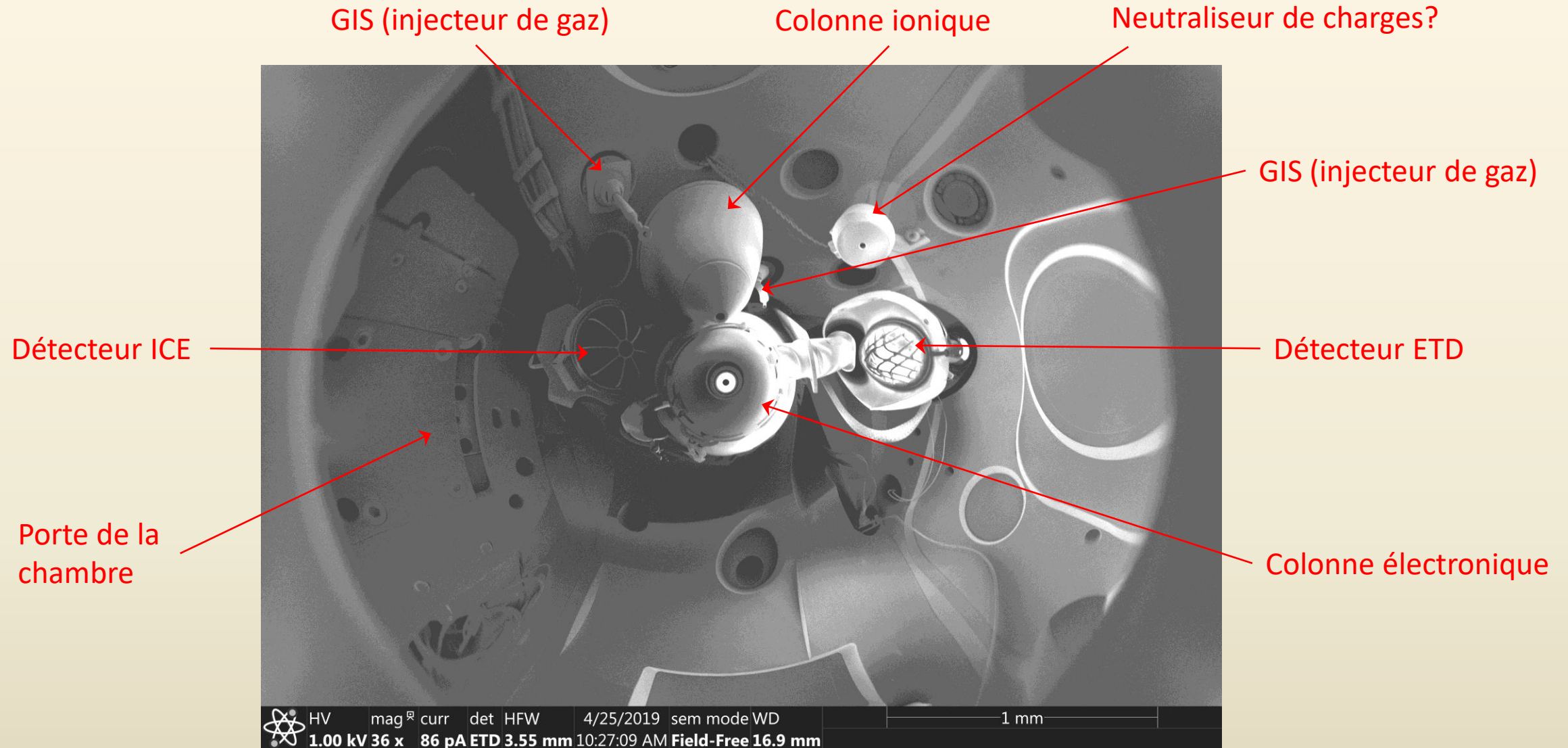


Image de la chambre avec la caméra IR (vue de côté)



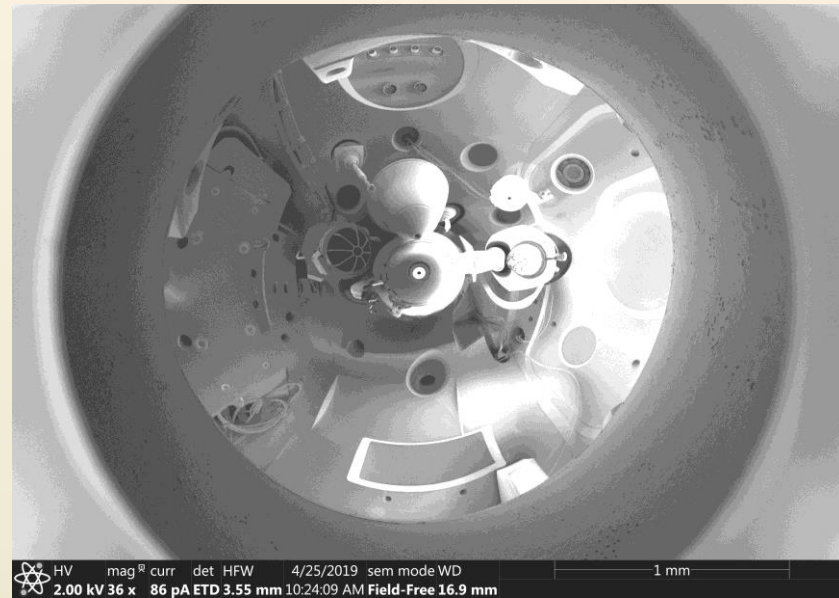
Image électronique de la chambre du FIB reflétée par le morceau de téflon

FIB plasma FEI - Identification des différents éléments dans la chambre



FIB plasma FEI - Comparaison de différents détecteurs

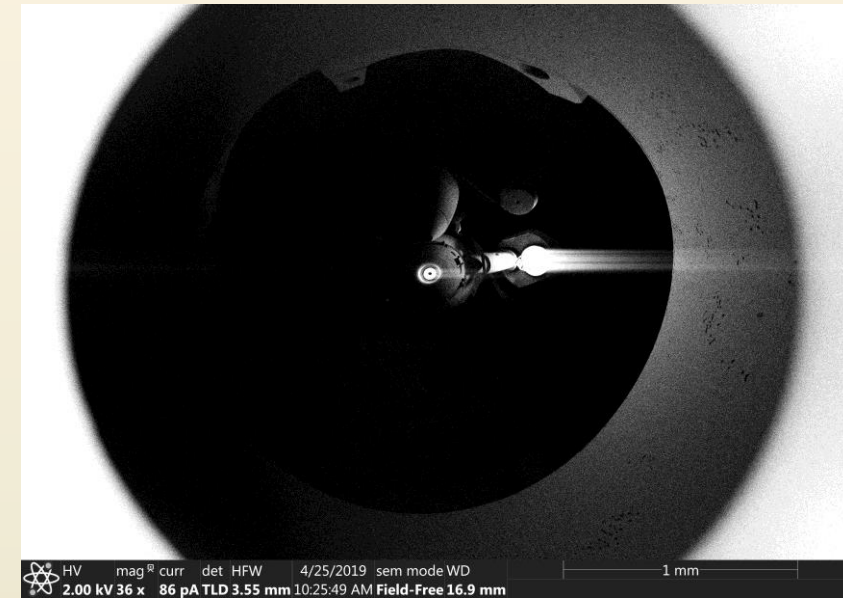
Détecteur ETD (Everhart-Thornley Detector)



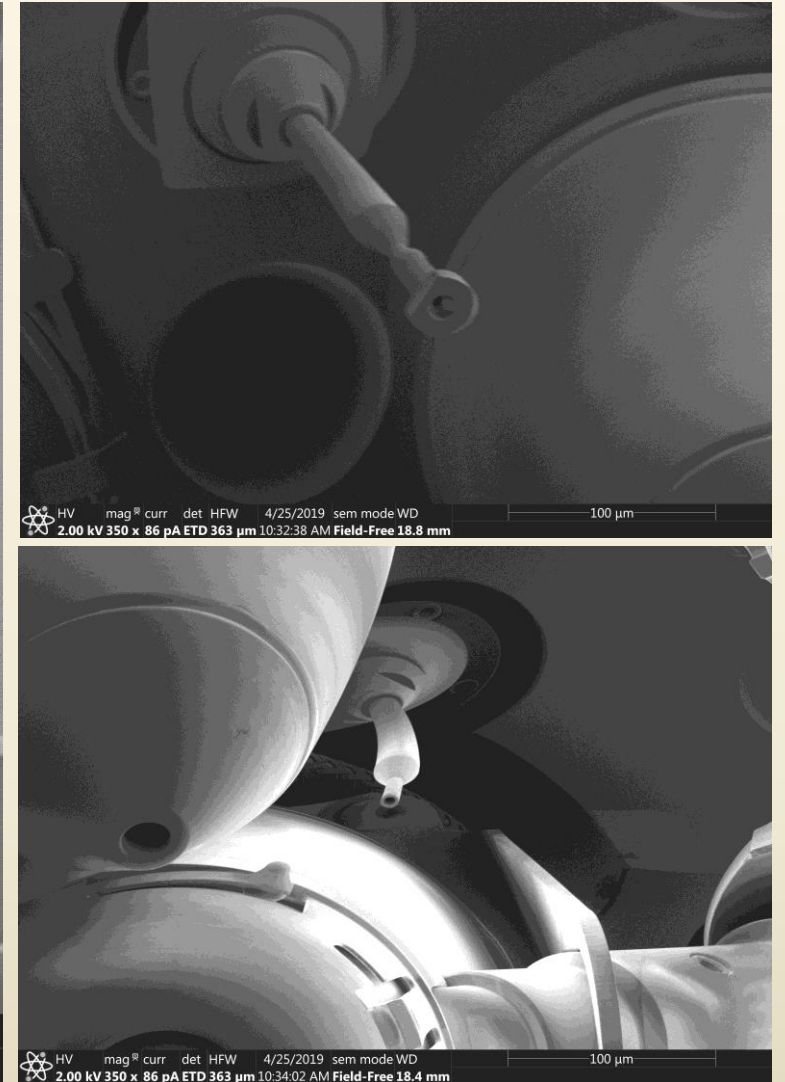
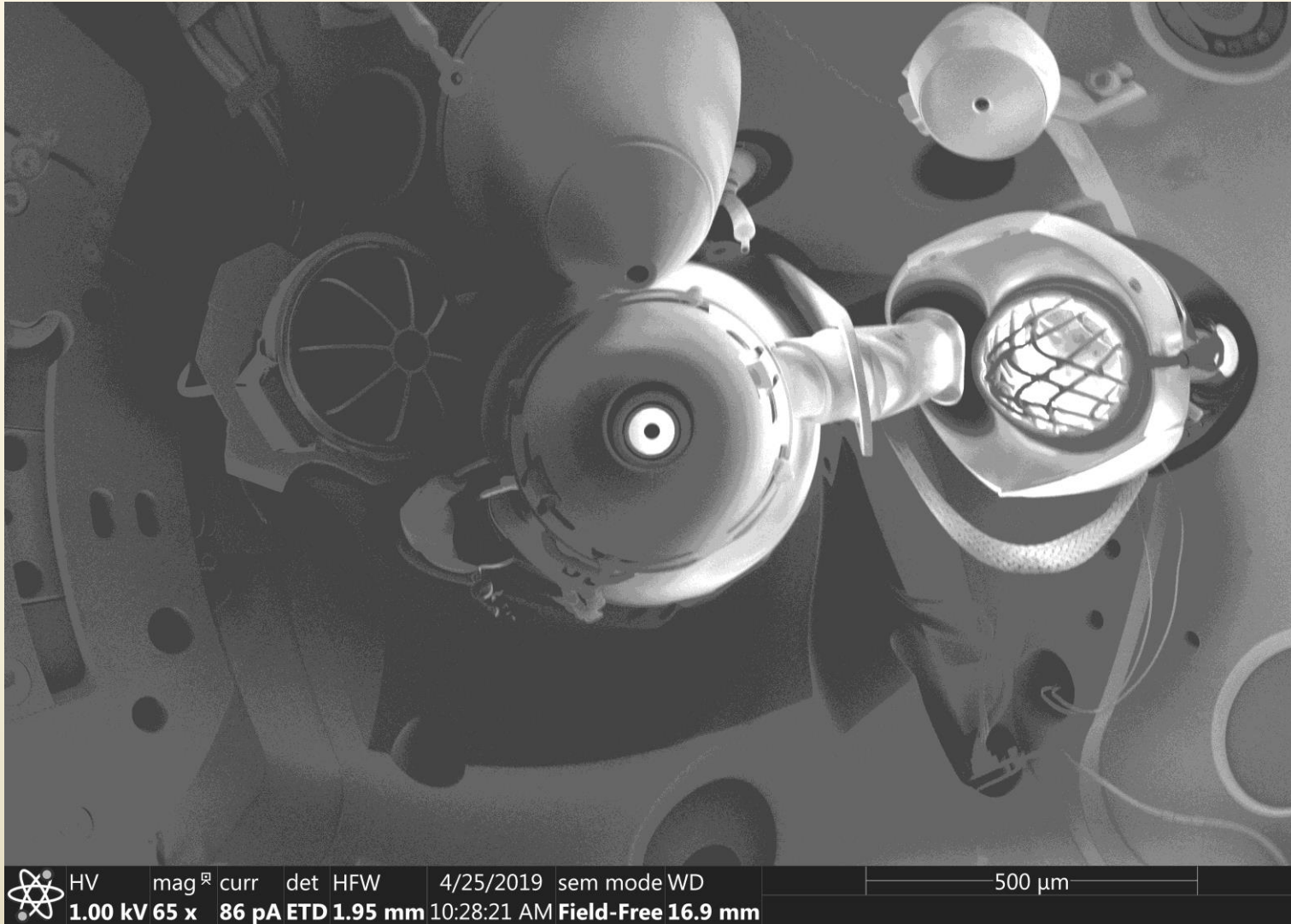
Détecteur ICE (In-Chamber Electronics)



Détecteur TLD (Trough-Lens Detector)

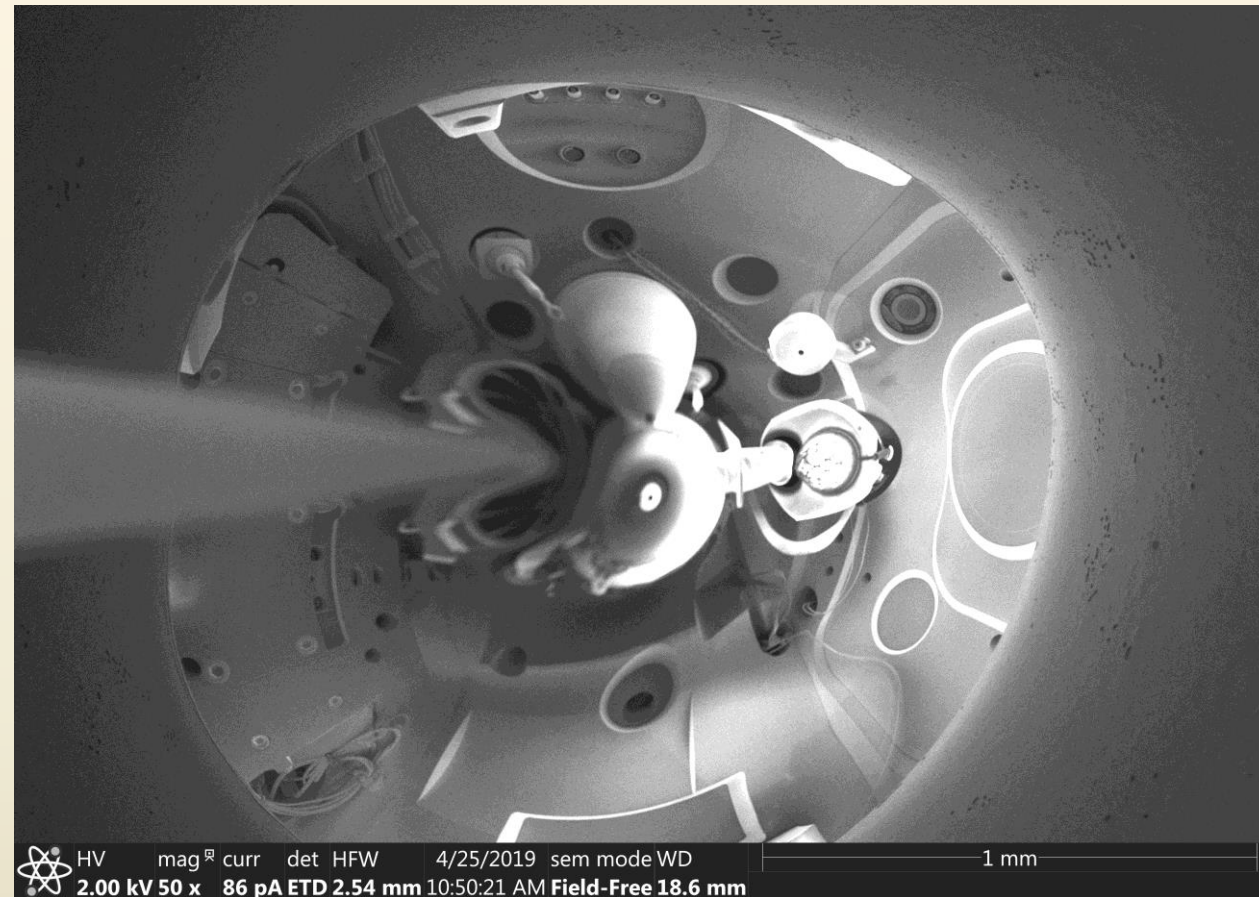
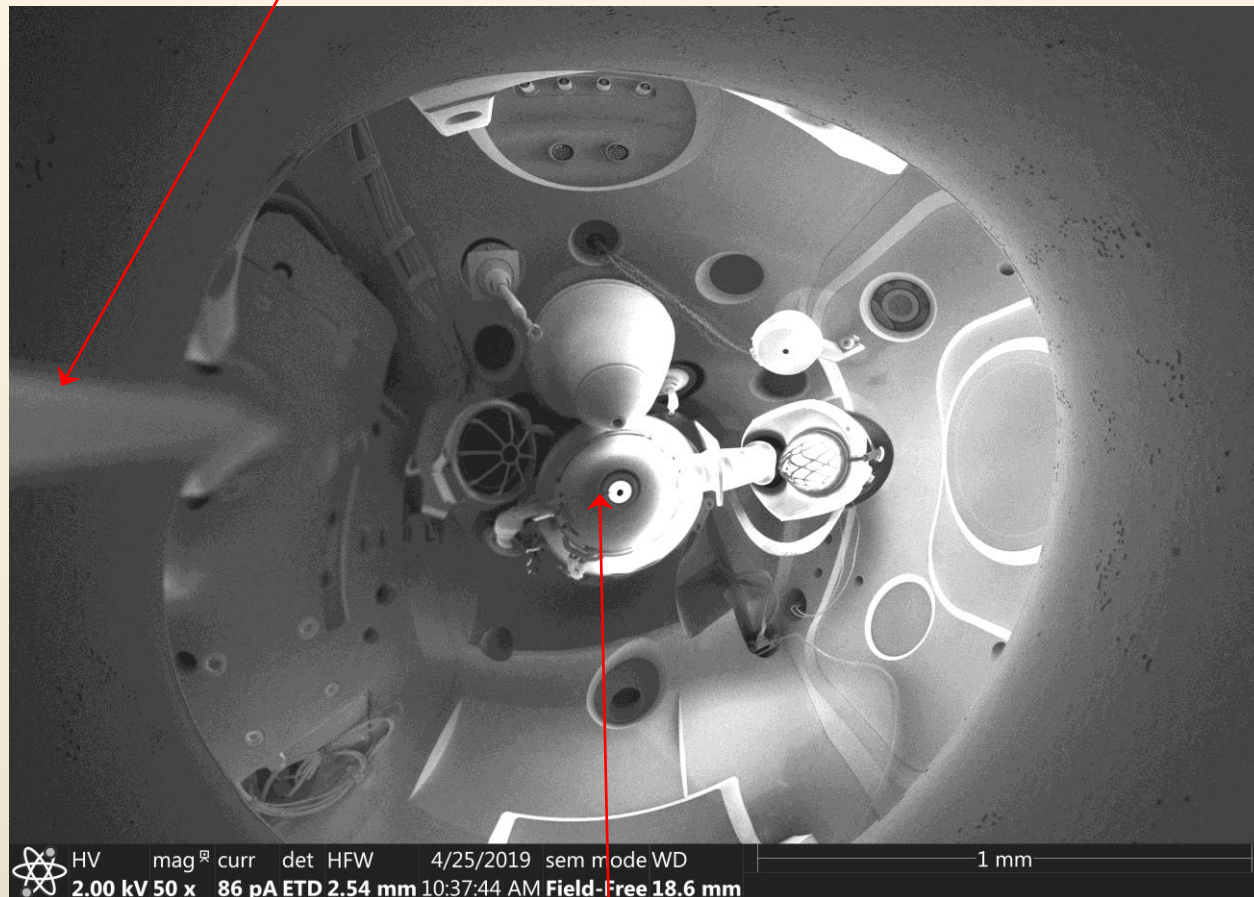


FIB plasma FEI



FIB plasma FEI - Distorsions au voisinage d'une pointe

Image directe de la pointe du nanomanipulateur



Reflet de la pointe du nanomanipulateur

FIB FEI Helios 660 - Aperçu du dispositif

Image optique dans la chambre du FIB (vue de dessus)



Image MEB de la chambre du FIB reflétée par un miroir convexe (bout de stylo bic)

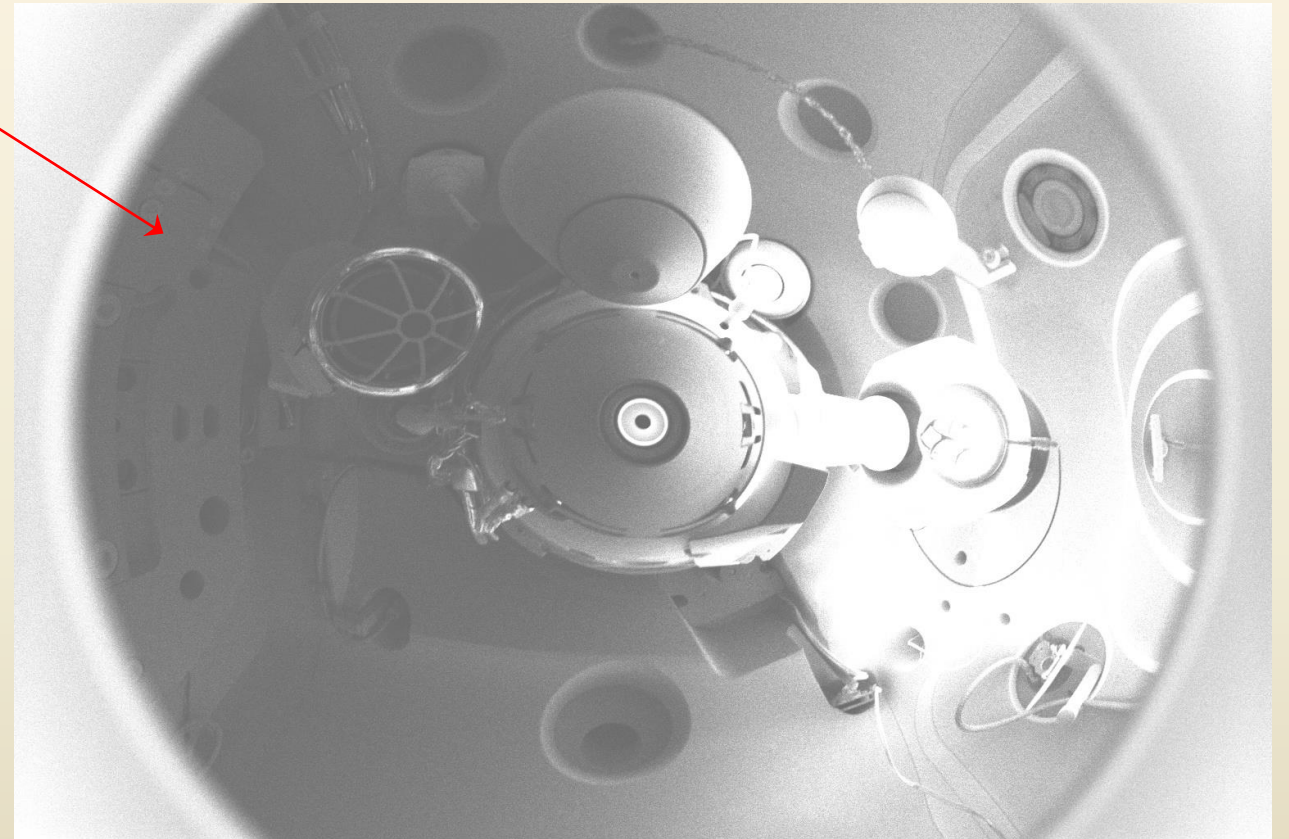
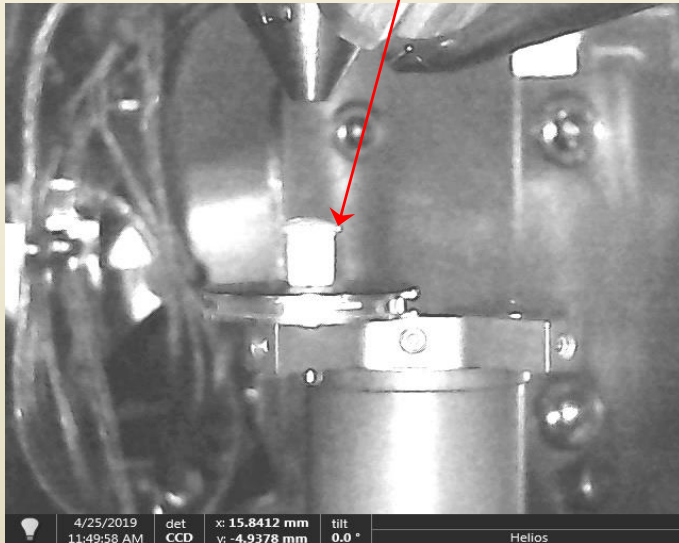


Image de la chambre avec la caméra IR (vue de côté)



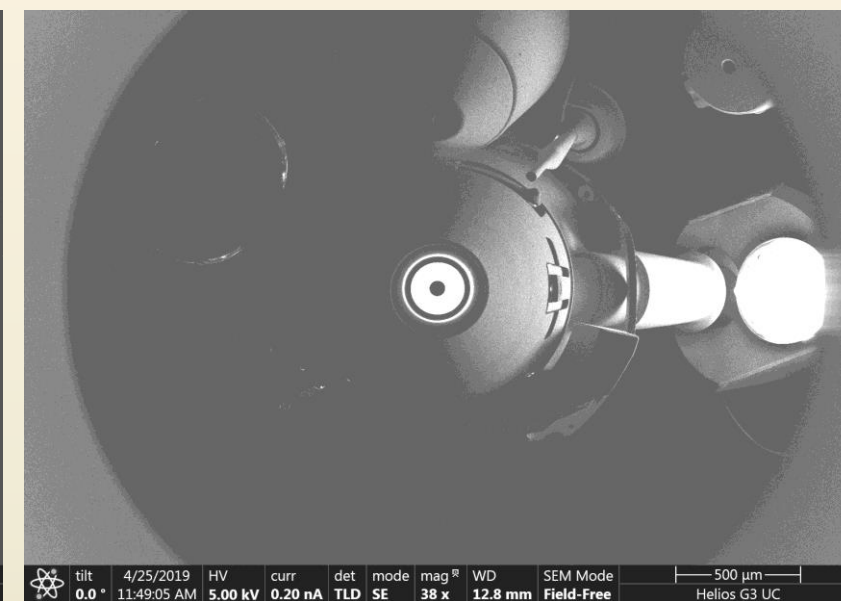
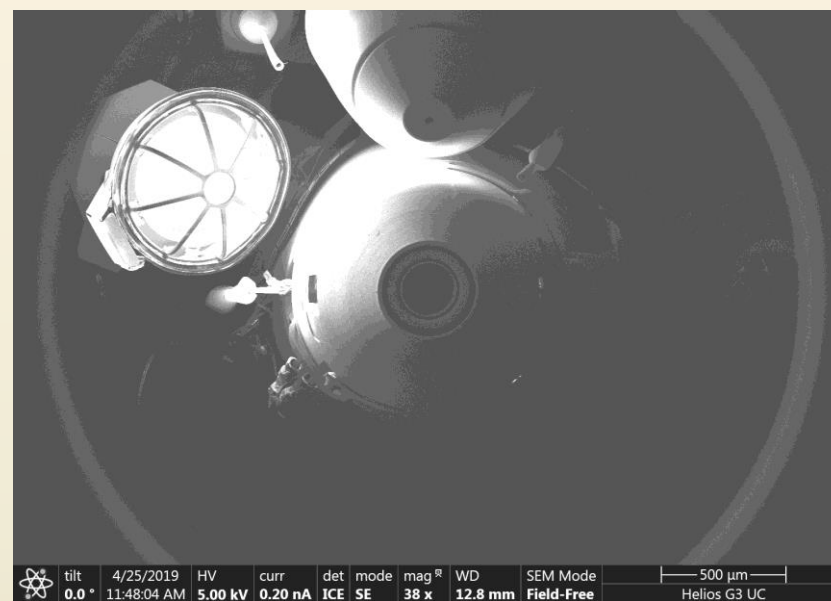
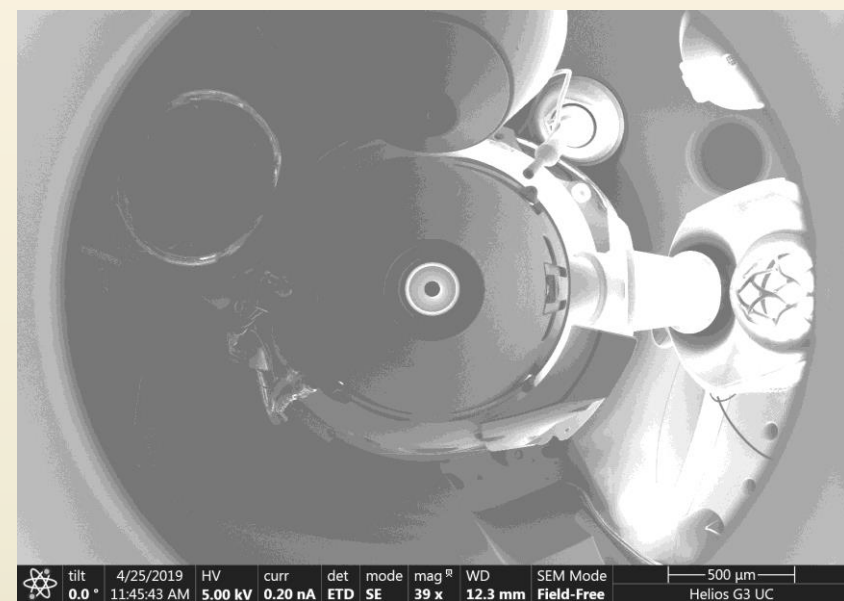
	tilt	4/25/2019	HV	curr	det	mode	mag ^R	WD	SEM Mode	500 μm
	0.0 °	11:56:53 AM	10.00 kV	0.10 nA	ETD	SE	37 x	15.1 mm	Field-Free	Helios G3 UC

FIB FEI Helios 660 - Comparaison avec différents détecteurs

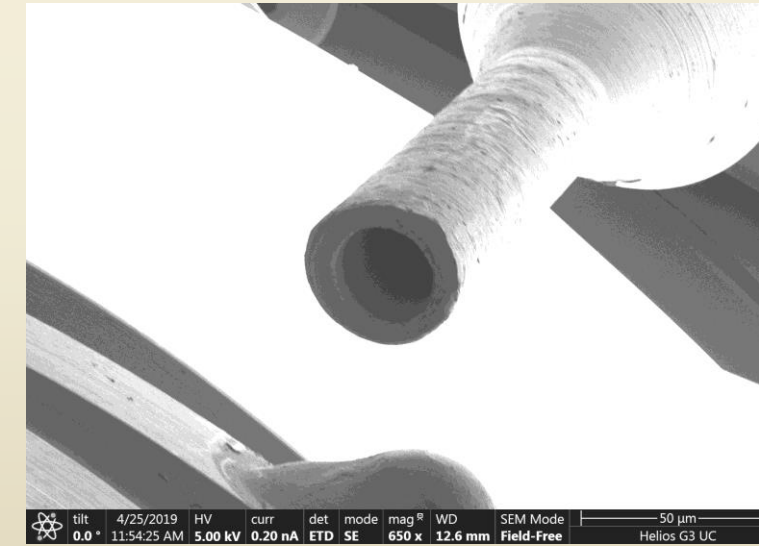
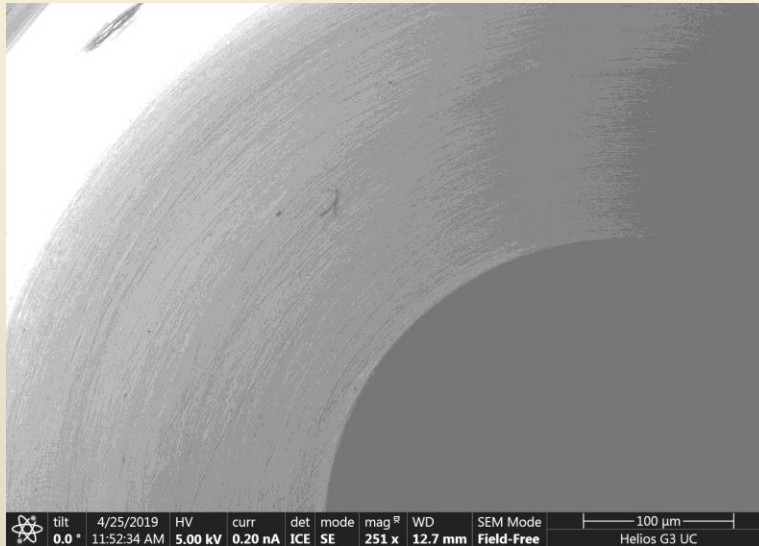
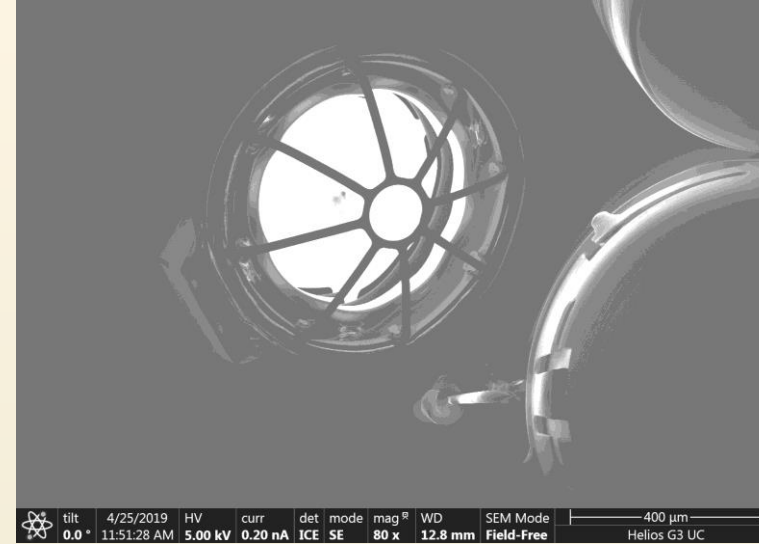
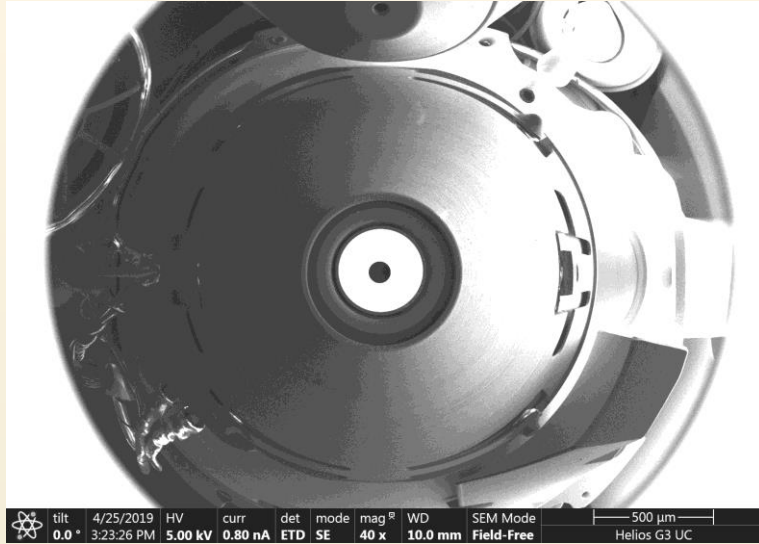
Détecteur ETD (Everhart-Thornley Detector)

Détecteur ICE (In-Chamber Electronics)

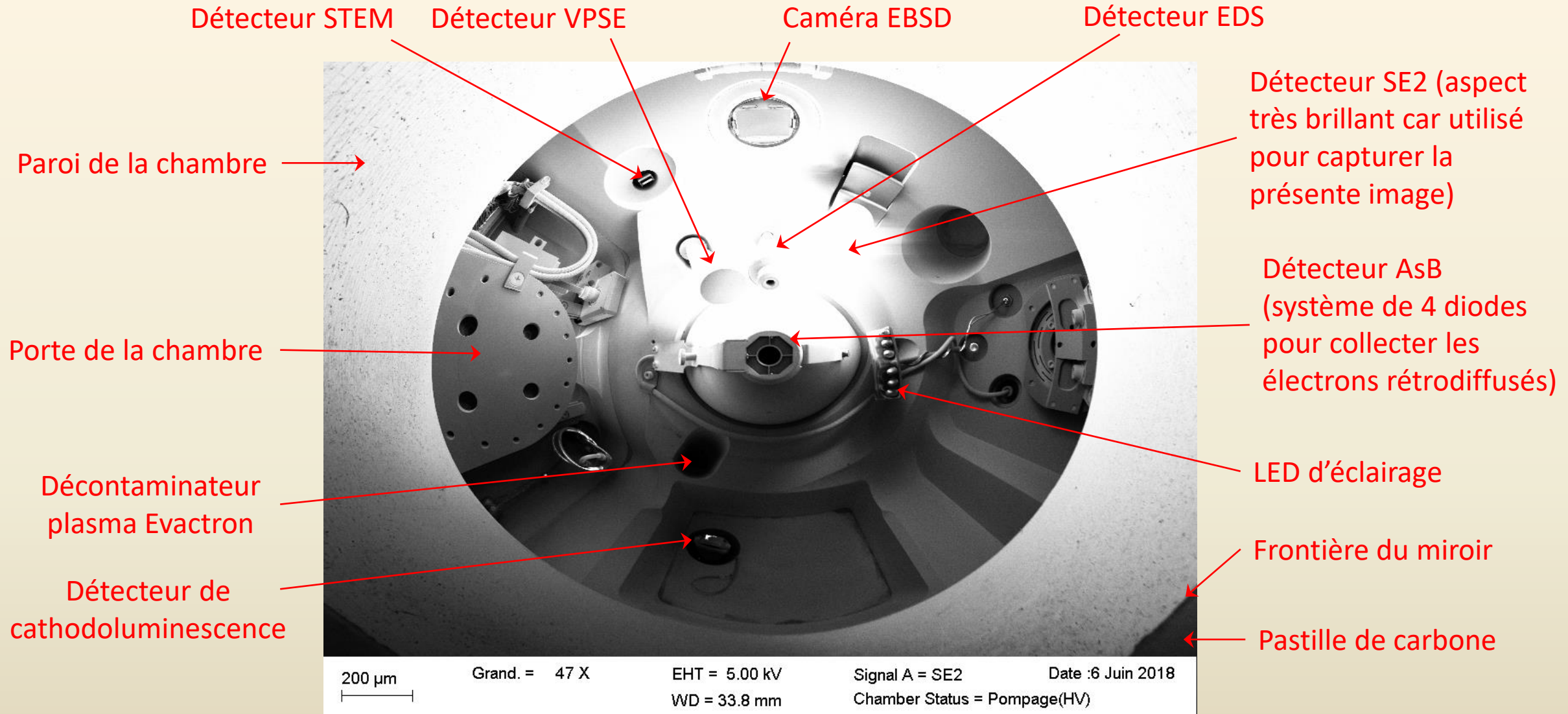
Détecteur TLD (Trough-Lens Detector)

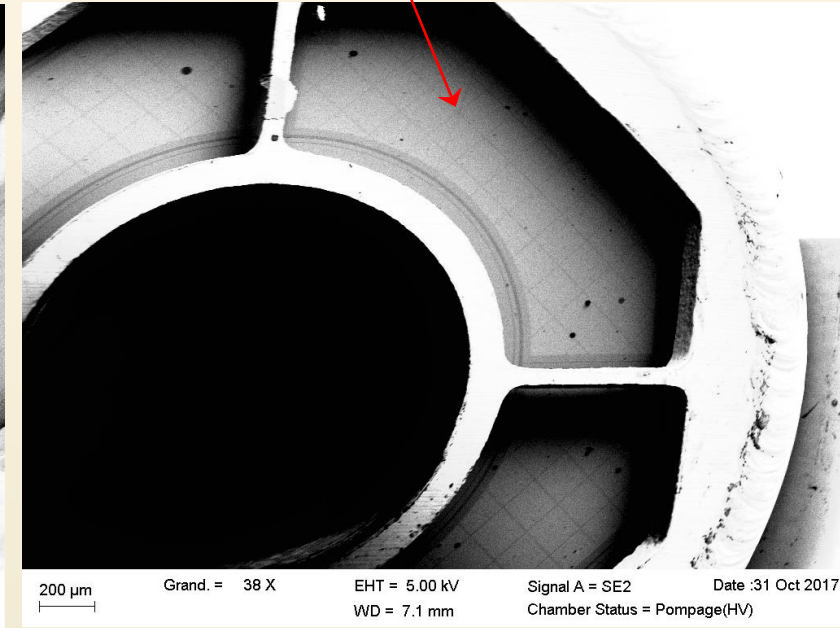
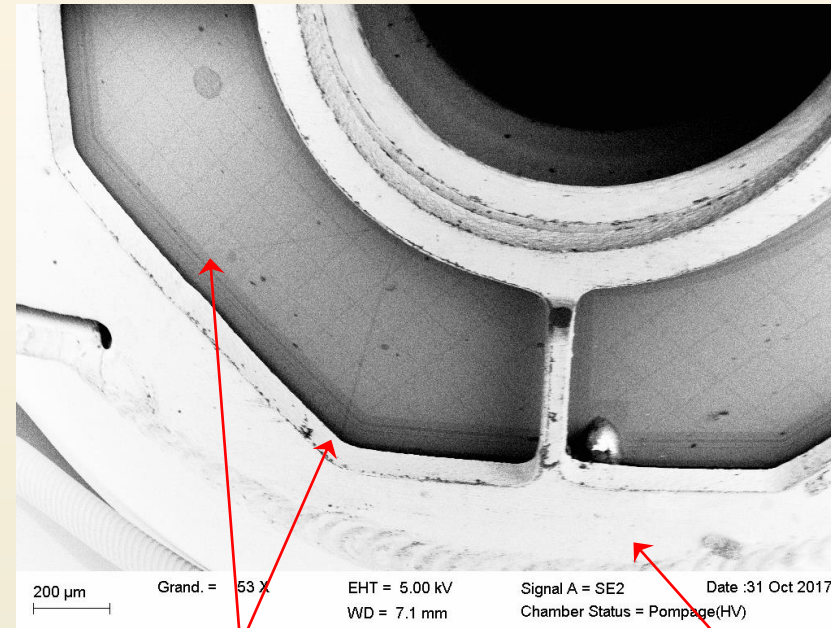
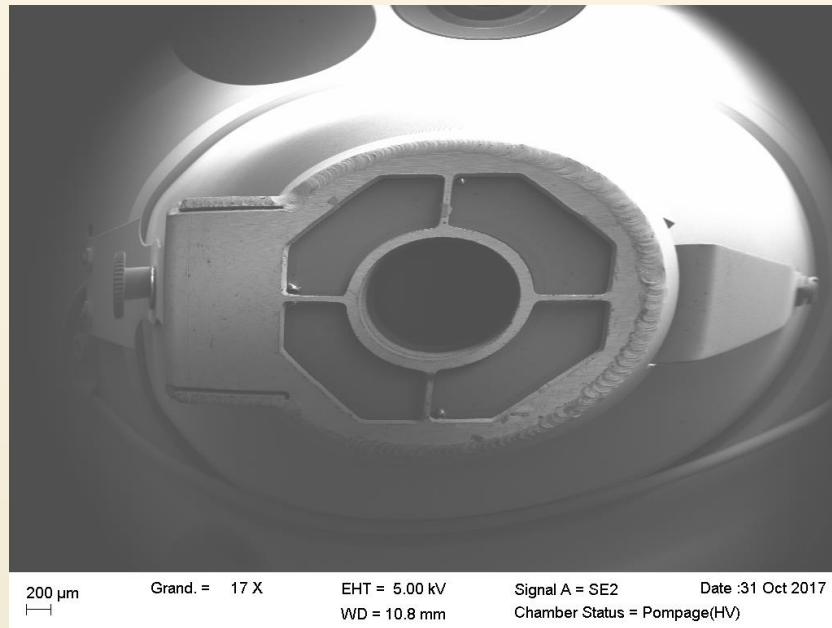


FIB FEI Helios 660



MEB Zeiss Supra 55 VP - Image de la chambre en électrons secondaires





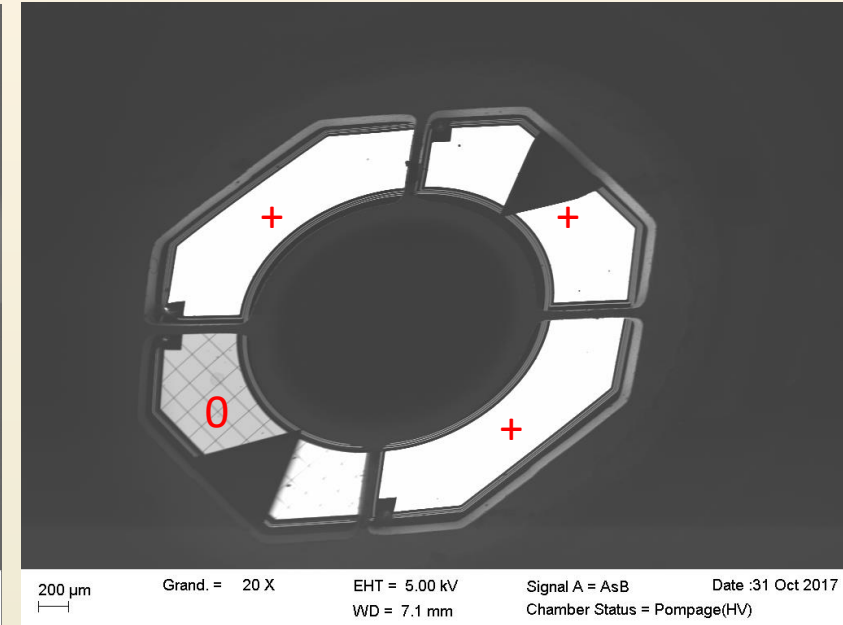
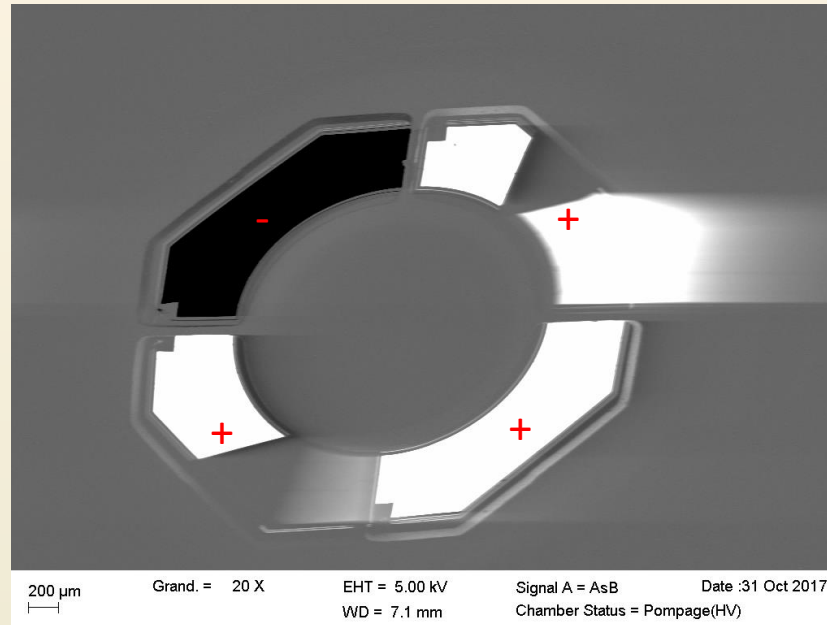
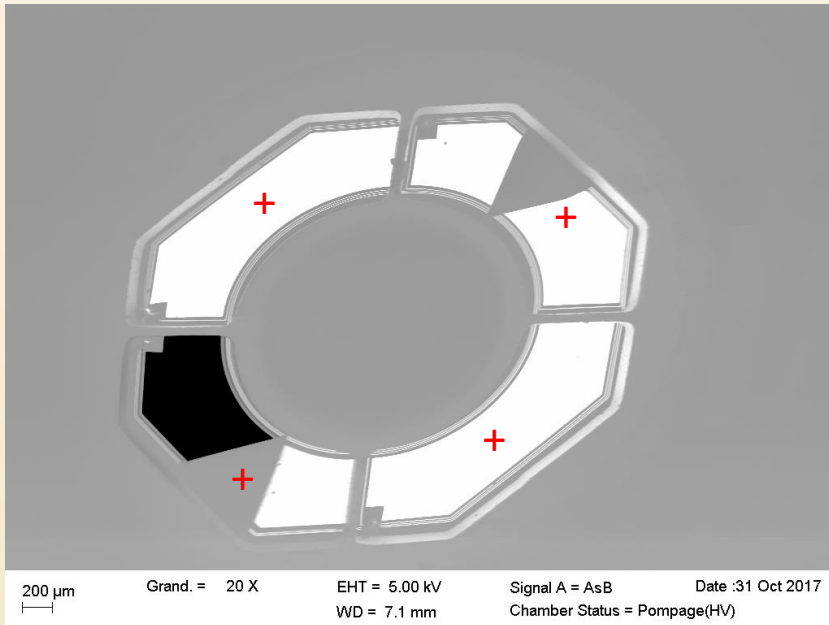
Microfissures

Cup (support des diodes)

- Analyse de défaillance : mise en évidence de microfissures dans 2 des 4 cadrans situés à l'opposé l'un de l'autre
- Hypothèse sur la cause racine : contrainte mécanique subie par le support des diodes suivant une des diagonales du détecteur (raclage d'un échantillon ou autre)

MEB Zeiss Supra 55 VP - Inspection du détecteur d'électrons rétrodiffusés par lui-même

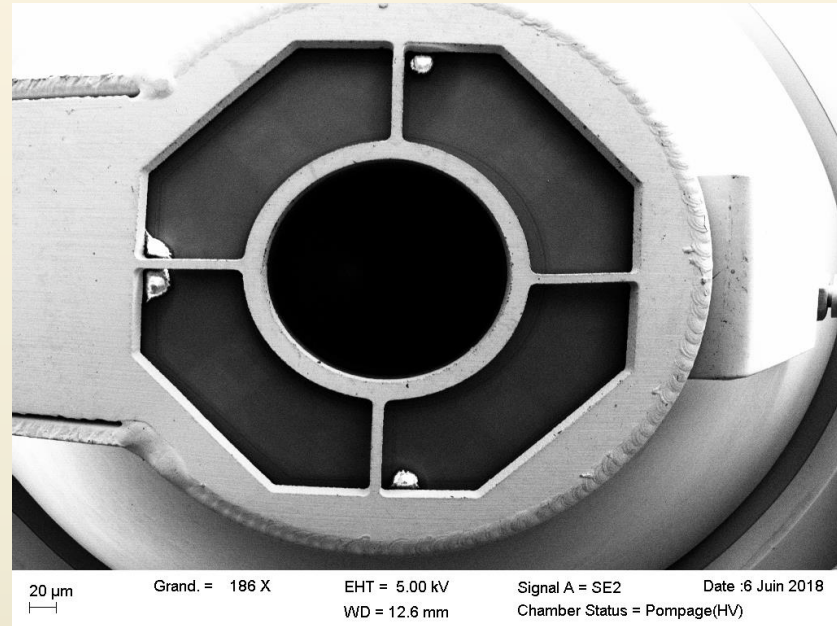
Test de la réponse des 4 diodes à différents états de polarisation



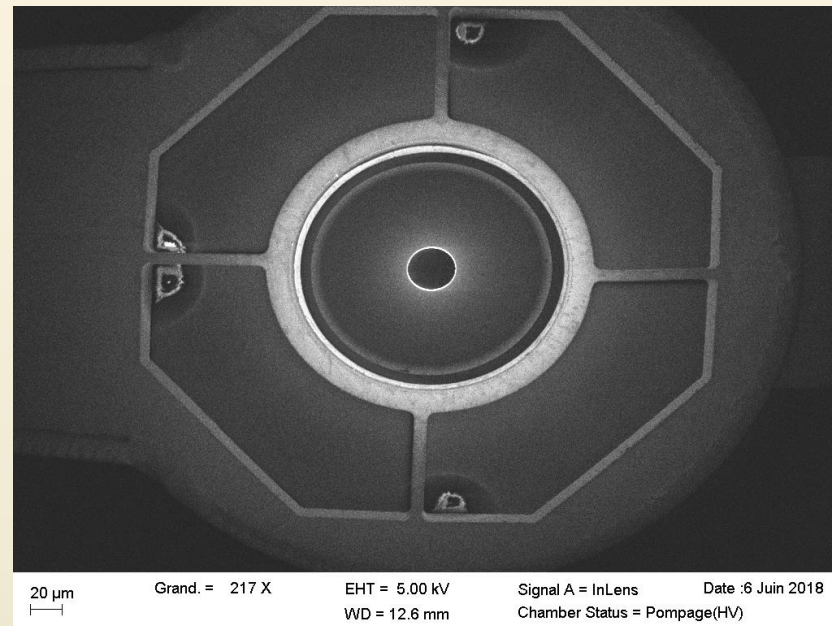
- Lorsqu'on fonctionne en mode COMPO (signaux des 4 diodes additionnés) le dysfonctionnement pourrait passer inaperçu car le seul symptôme est une très légère perte de signal au total
- Lorsqu'on fonctionne en mode TOPO (somme des signaux de 2 diodes soustraite par la somme des 2 autres diodes) ou autre mode personnalisé, il est possible de repérer un déséquilibre au niveau du signal causé par les surfaces défailtantes

MEB Zeiss Supra 55 VP - Inspection après remplacement des diodes

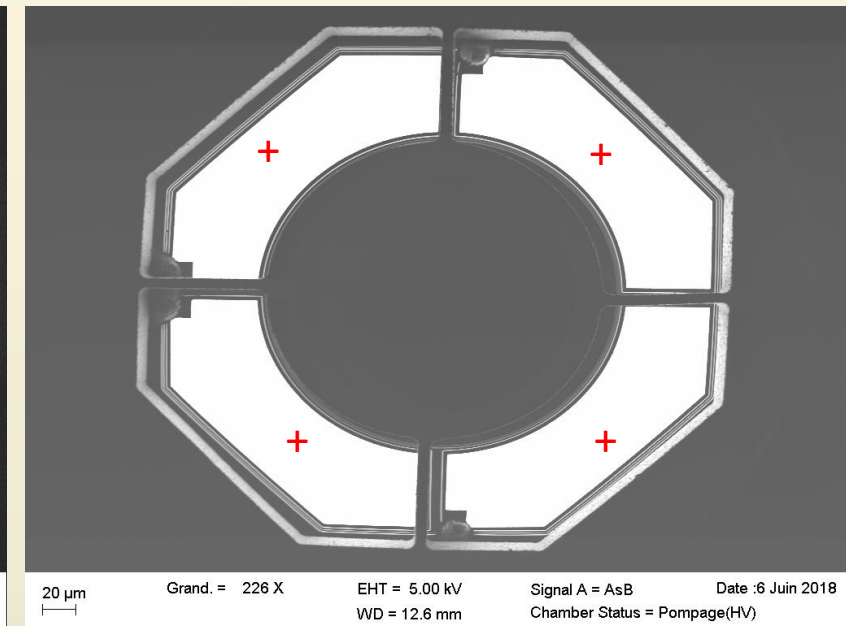
Détecteur SE2



Détecteur SE in-lens

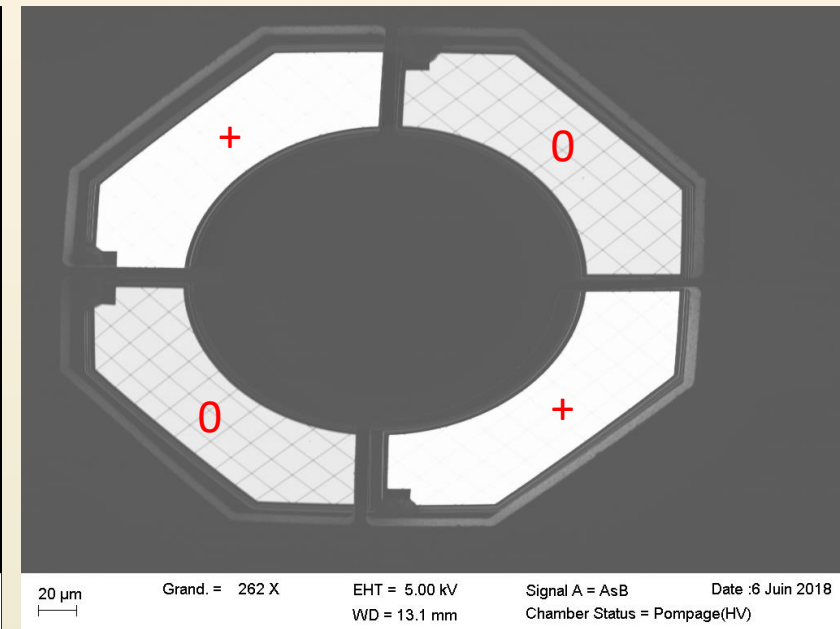
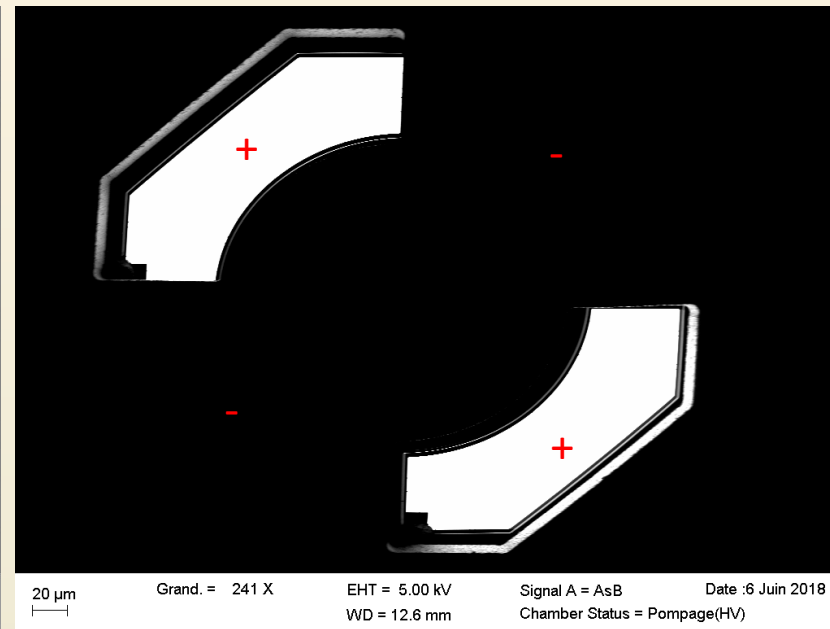
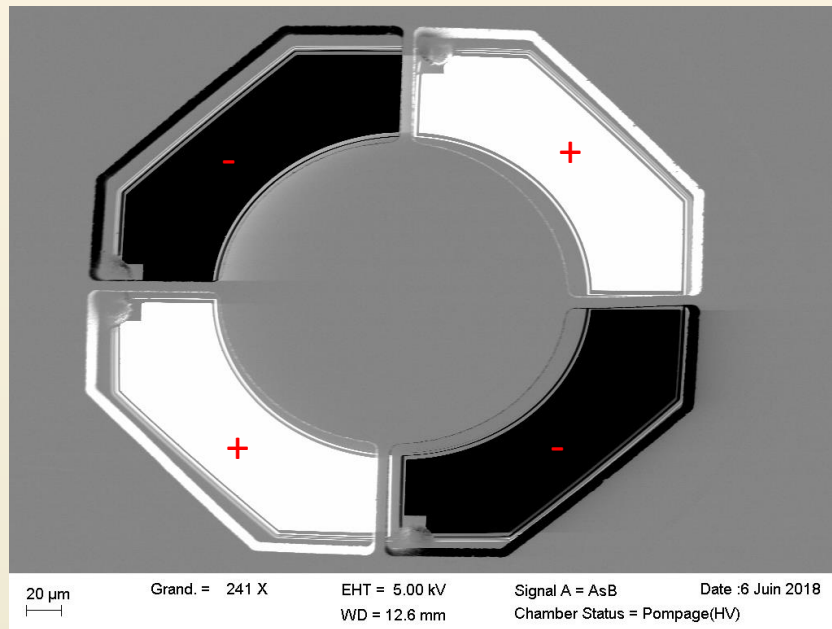


Détecteur AsB



MEB Zeiss Supra 55 VP - Inspection du détecteur AsB par lui-même

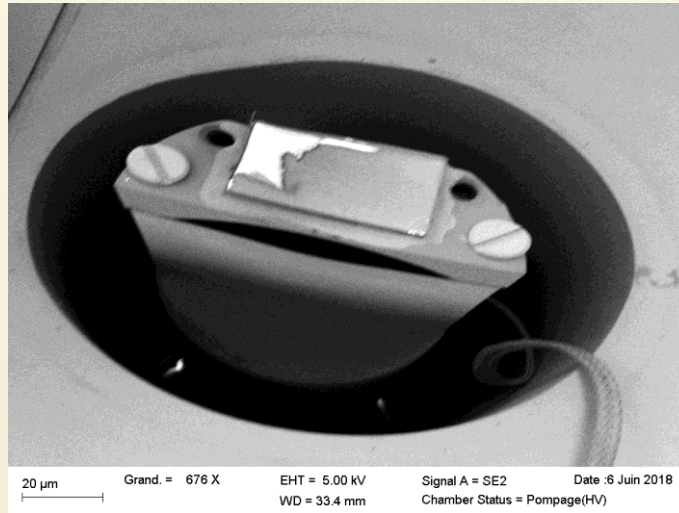
Après remplacement, test de la réponse des 4 diodes à différents états de polarisation



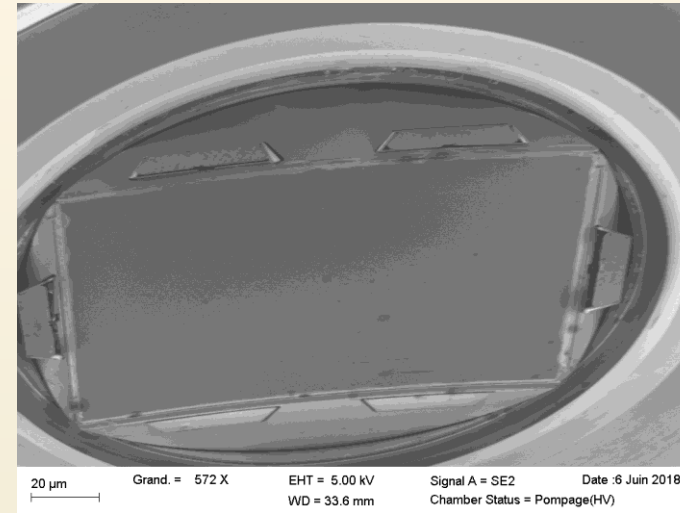
Réponse des diodes conforme aux différentes consignes

MEB Zeiss Supra 55 VP - Inspection d'objets horizontaux (perpendiculaires au faisceau d'électrons)

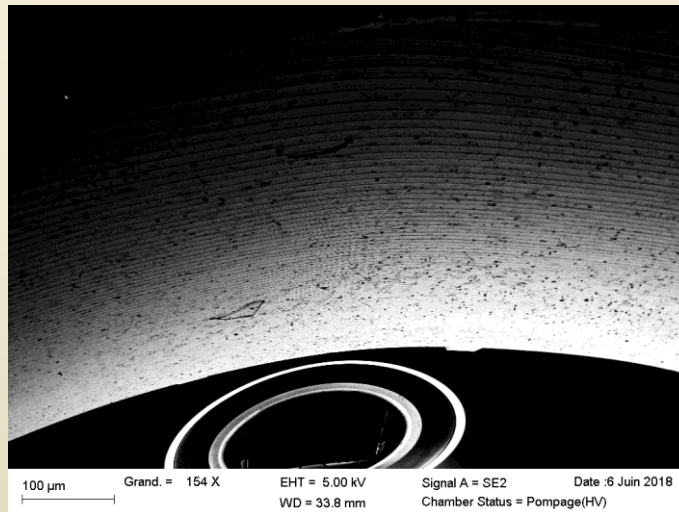
Tête du détecteur de cathodoluminescence (délamination partielle du revêtement)



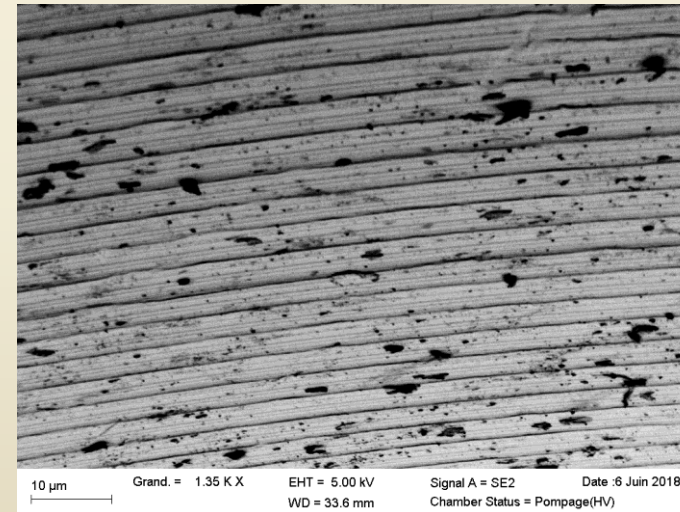
Ecran de la caméra EBSD (RAS)



Paroi de la chambre



Zoom sur la paroi de la chambre (grande concentration de contamination organique)



Conclusion

- Outre l'aspect ludique, un miroir à électron placé dans un MEB est simple à mettre en œuvre et peut constituer un outil de diagnostic et de contrôle de fonctionnalité des différents détecteurs.
- Un miroir à électron permet de visualiser des objets qui ne sont pas du tout en-dessous du faisceau électronique incident. En effet, la chambre du MEB est imagée suivant un angle solide de 180° , ce qui permet de voir des éléments qui sont à l'horizontale comme des détecteurs particuliers qui s'insèrent par le côté de la chambre (EBSD, STEM, cathodoluminescence...) ou encore d'observer le flanc d'un échantillon imposant qu'on ne peut pas mettre à la verticale mais qu'on ne souhaiterait pas découper.