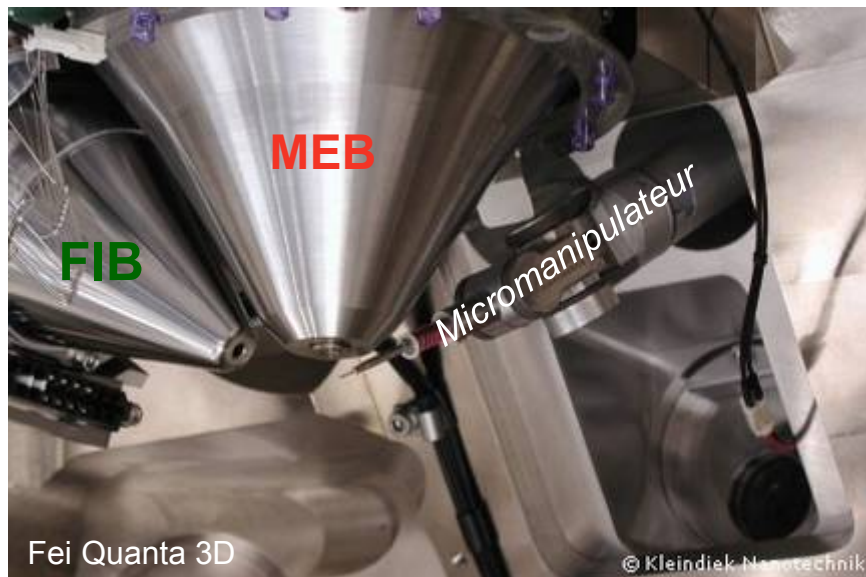
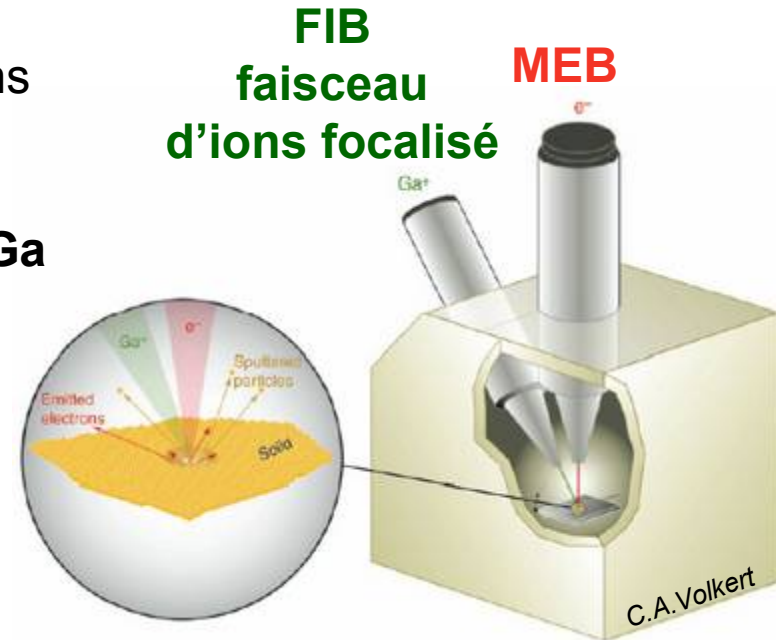


INTRODUCTION A LA THEMATIQUE MEB-FIB

(Focused Ion Beam)

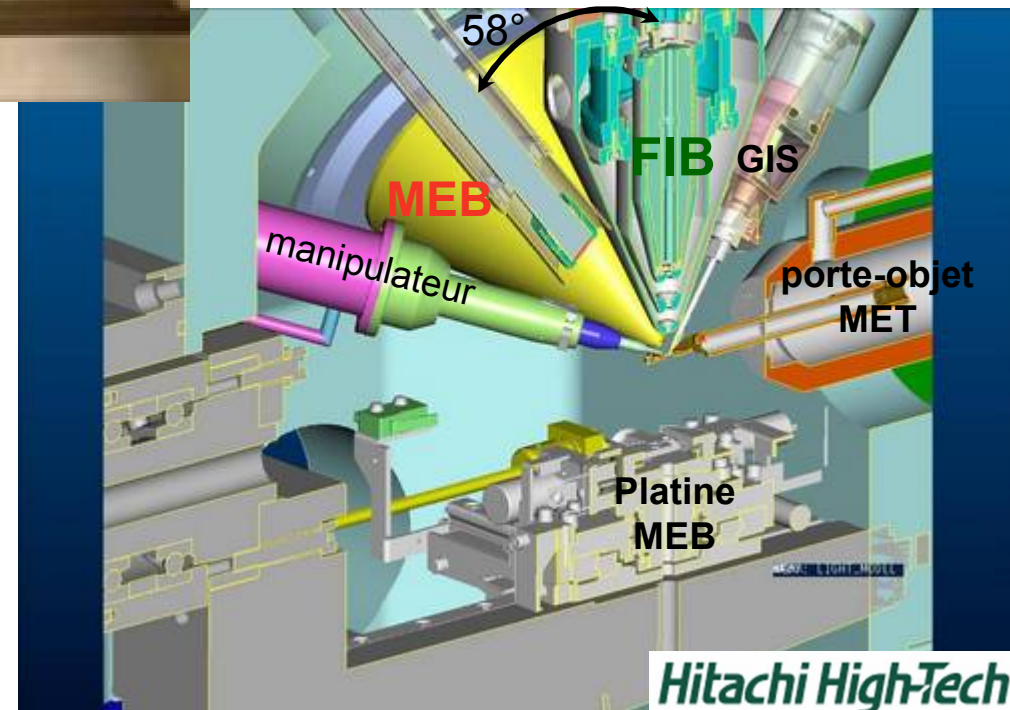
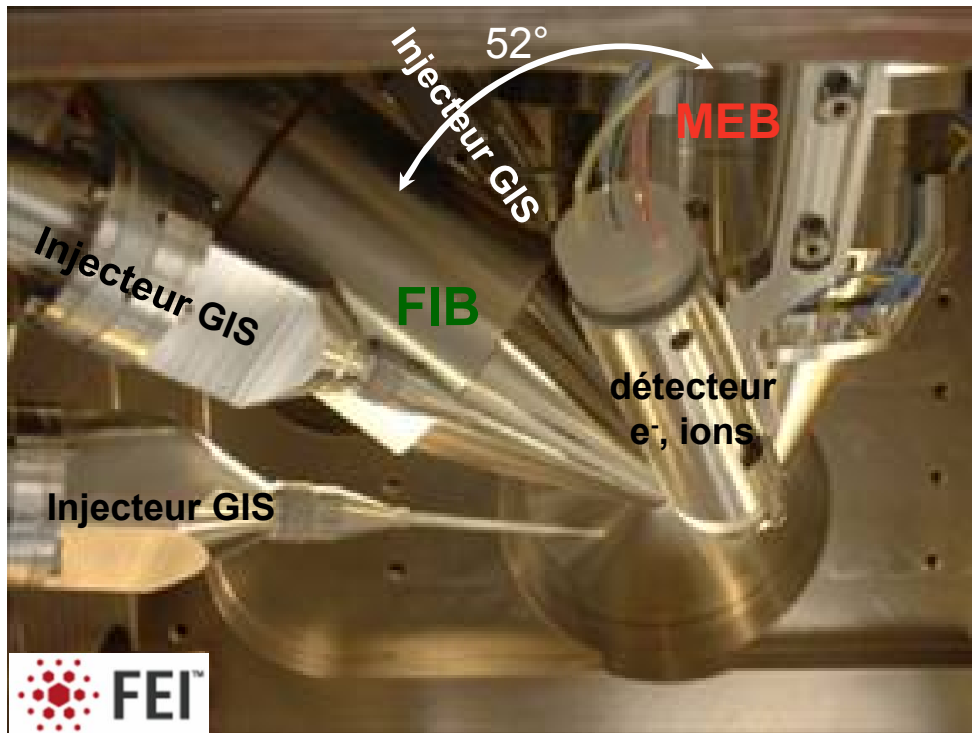
Colonne électronique couplée à un faisceau d'ions focalisé (FIB) à **haute brillance**

- source d'ions à métal liquide (Liquid Metal Ion Source) **Ga**
- masse ions élevée : $p=m.v)_{ions Ga^+} \gg p=m.v)_{e^-}$
- pulvérisation de matière
- **imagerie/usinage d'objets à l'échelle nm.**
- *d'autres solutions technologiques..*



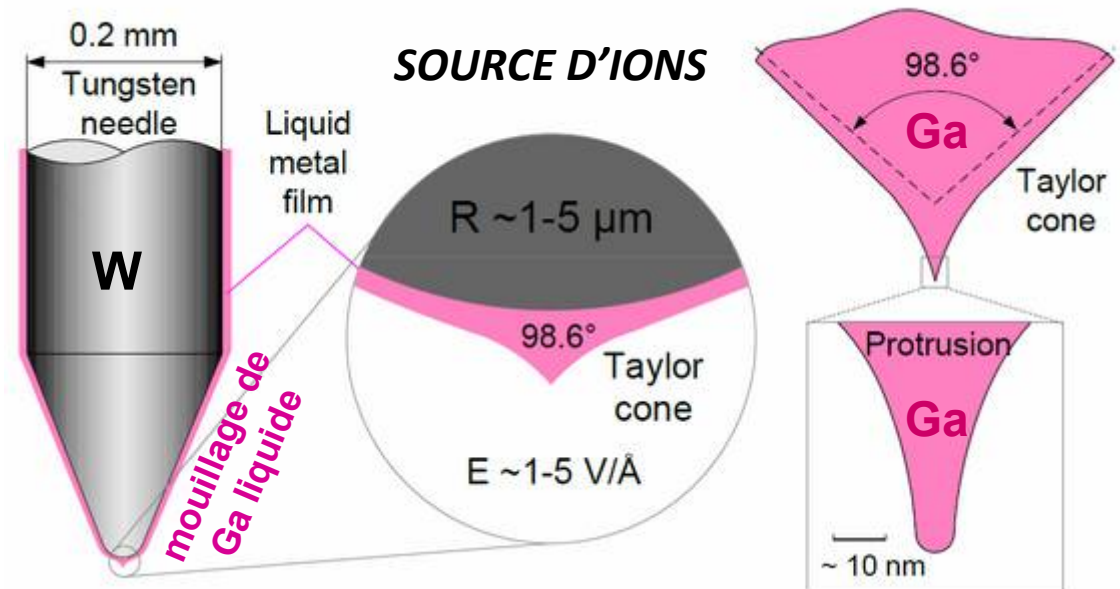
MEB-FiB équipé de micromanipulateurs

Le MEB-FiB : une plate-forme expérimentale



- dépôt localisé (**G**az**I**njection**S**ystem)
- analyses EDS, EBSD, SIMS..
- essais in-situ

FIB : HISTORIQUE



Gilbert (1540-1603) : forme conique d'un fluide sous l'effet de \vec{E}

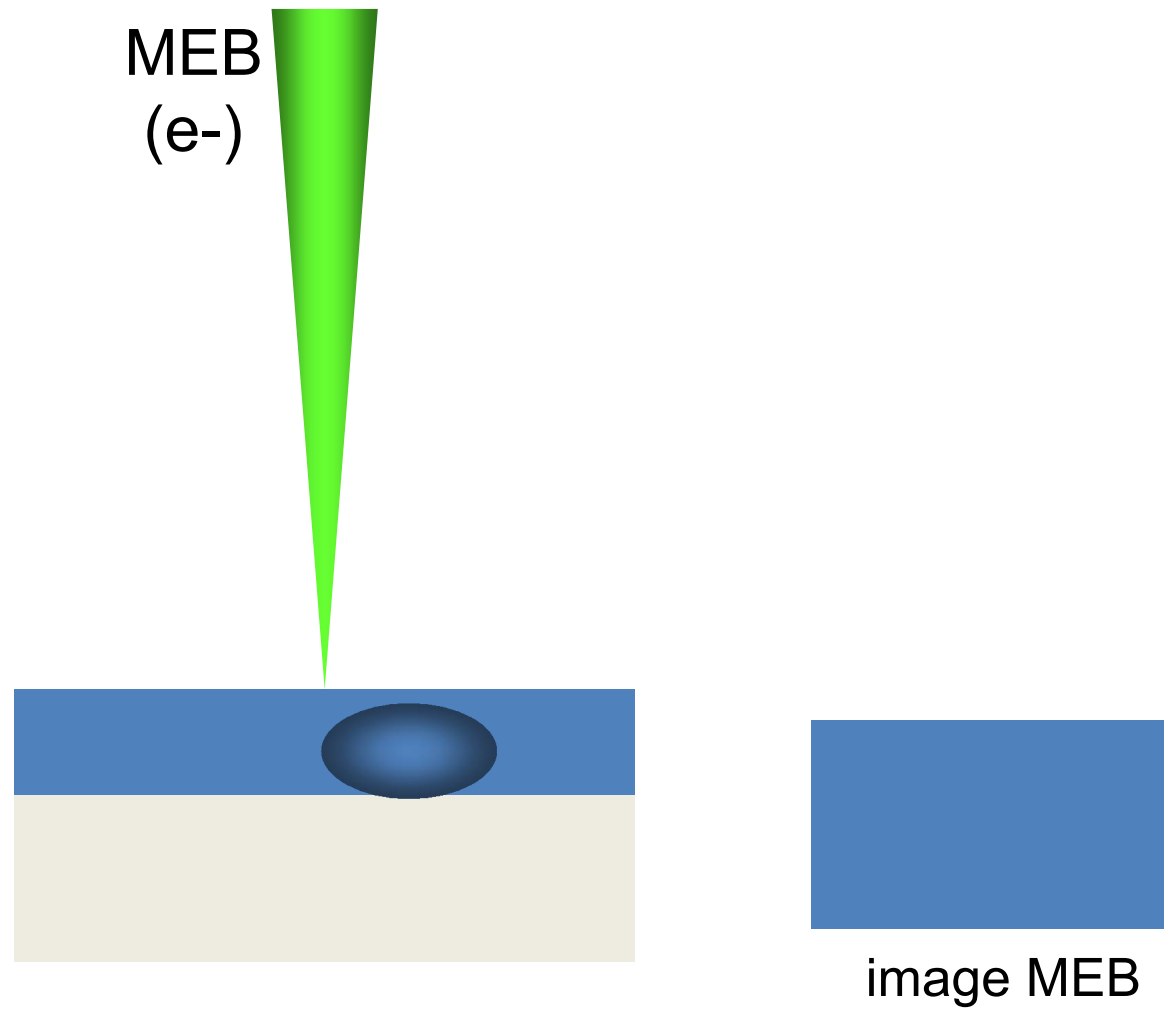
Fin 1960 - début 1970 : développement des sources d'ions à métal liquide (LMIS) ponctuelles
1964 : **Taylor** : lois de l'ElectroHydroDynamique → forme conique liquide

Années 1970 : application des 1^{ères} sources ioniques focalisées ponctuelles
1975 : **Krohn** : source LMIS utilisée avec une optique de focalisation
1979 : **Seliger** : 1^{er} microscope ionique à balayage

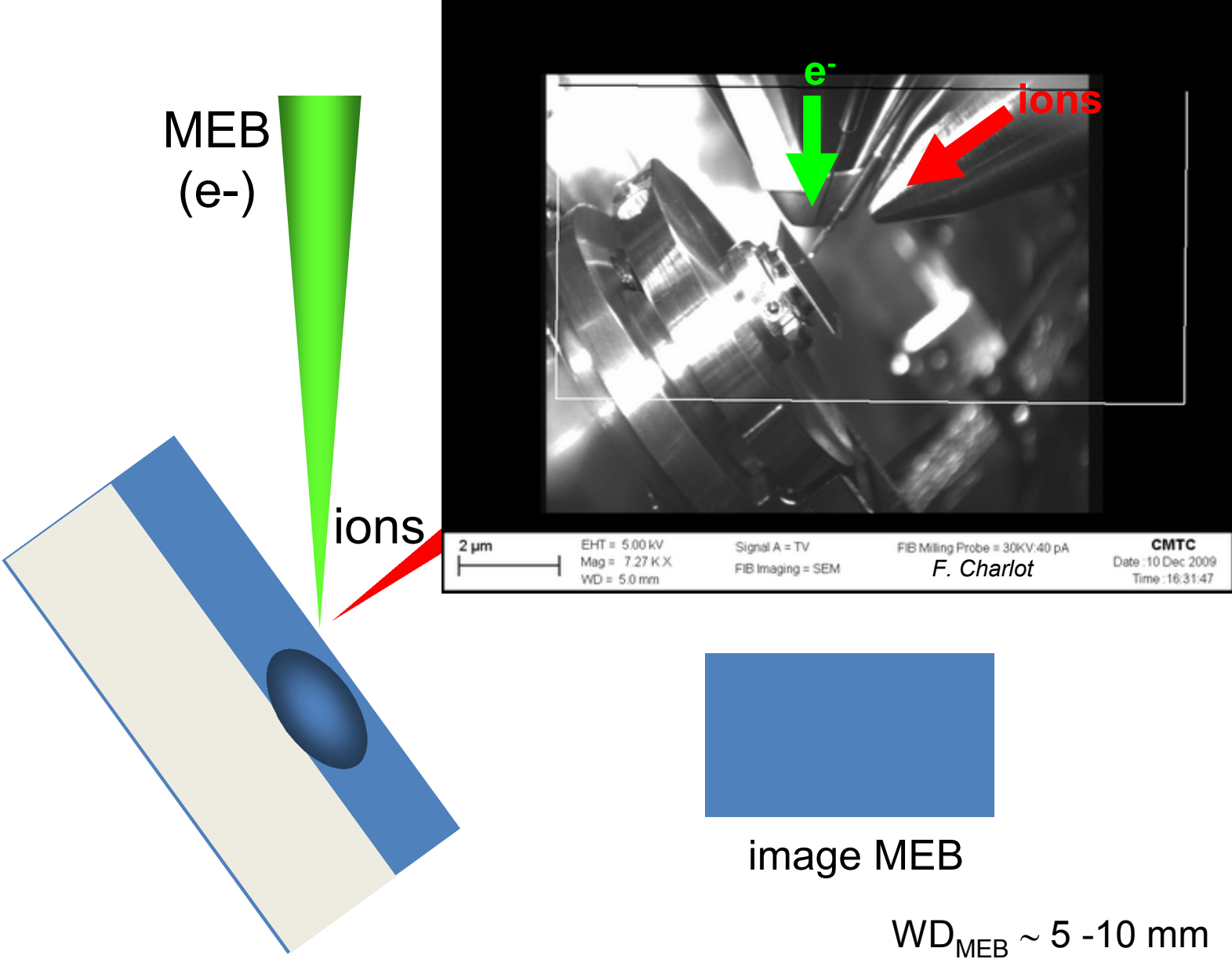
Années 1980 : de nombreux développements..
FIB commercialisés → répondre aux besoins industrie des SC
(analyse de défauts et modification des CI)

Années 1990 : le FIB s'étend au domaine de la recherche

Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



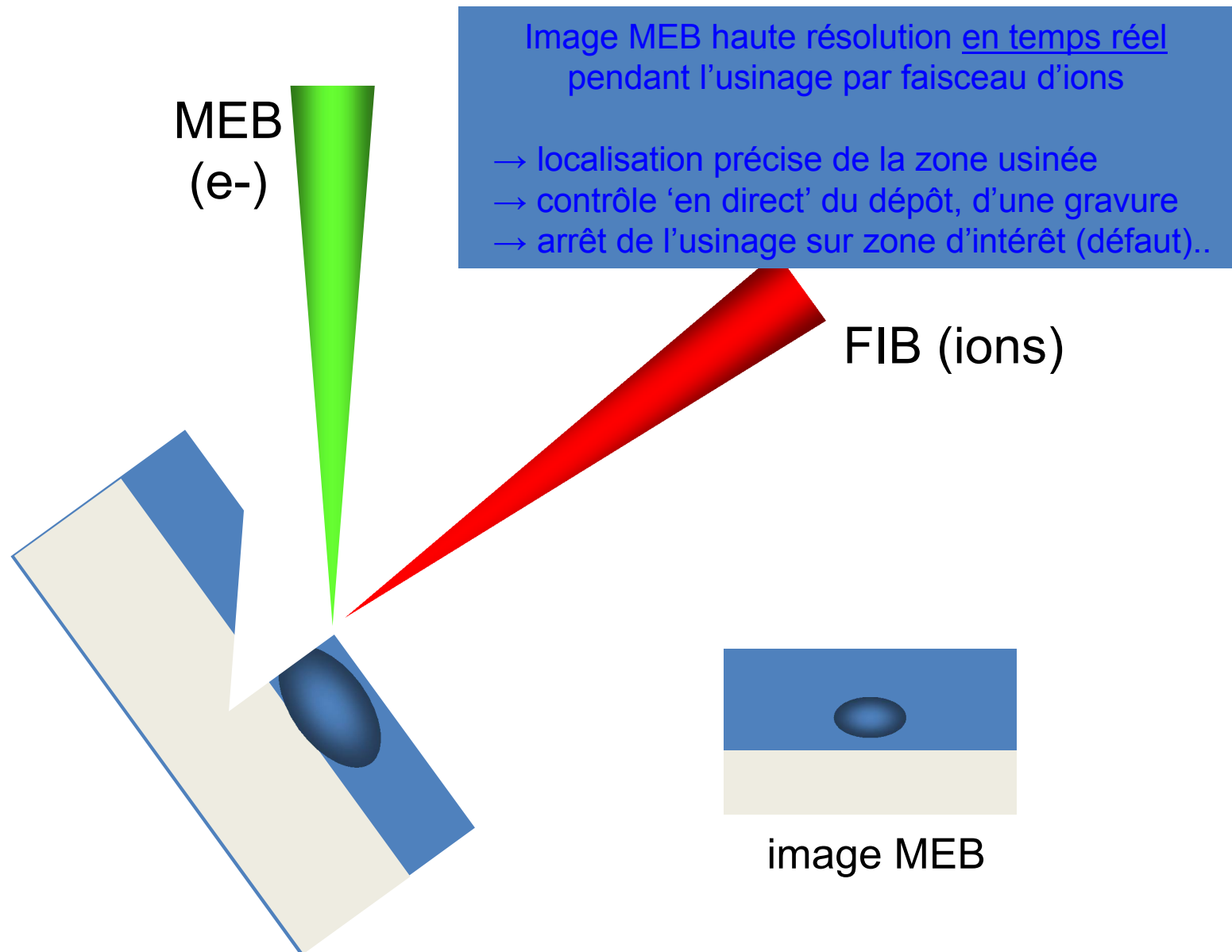
Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



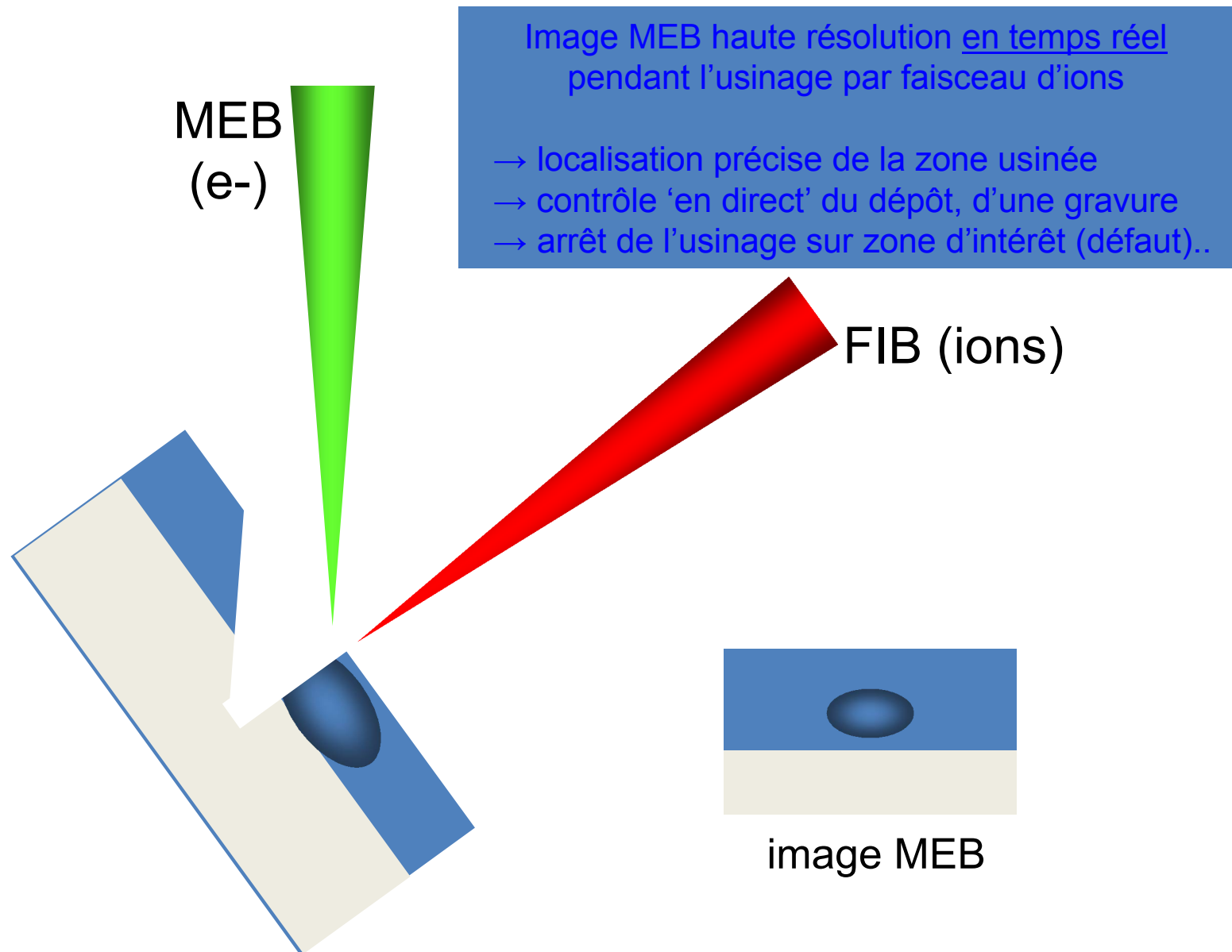
Echantillon au point de coïncidence des 2 faisceaux (e⁻, ions) focalisés

WD_{MEB} ~ 5 -10 mm

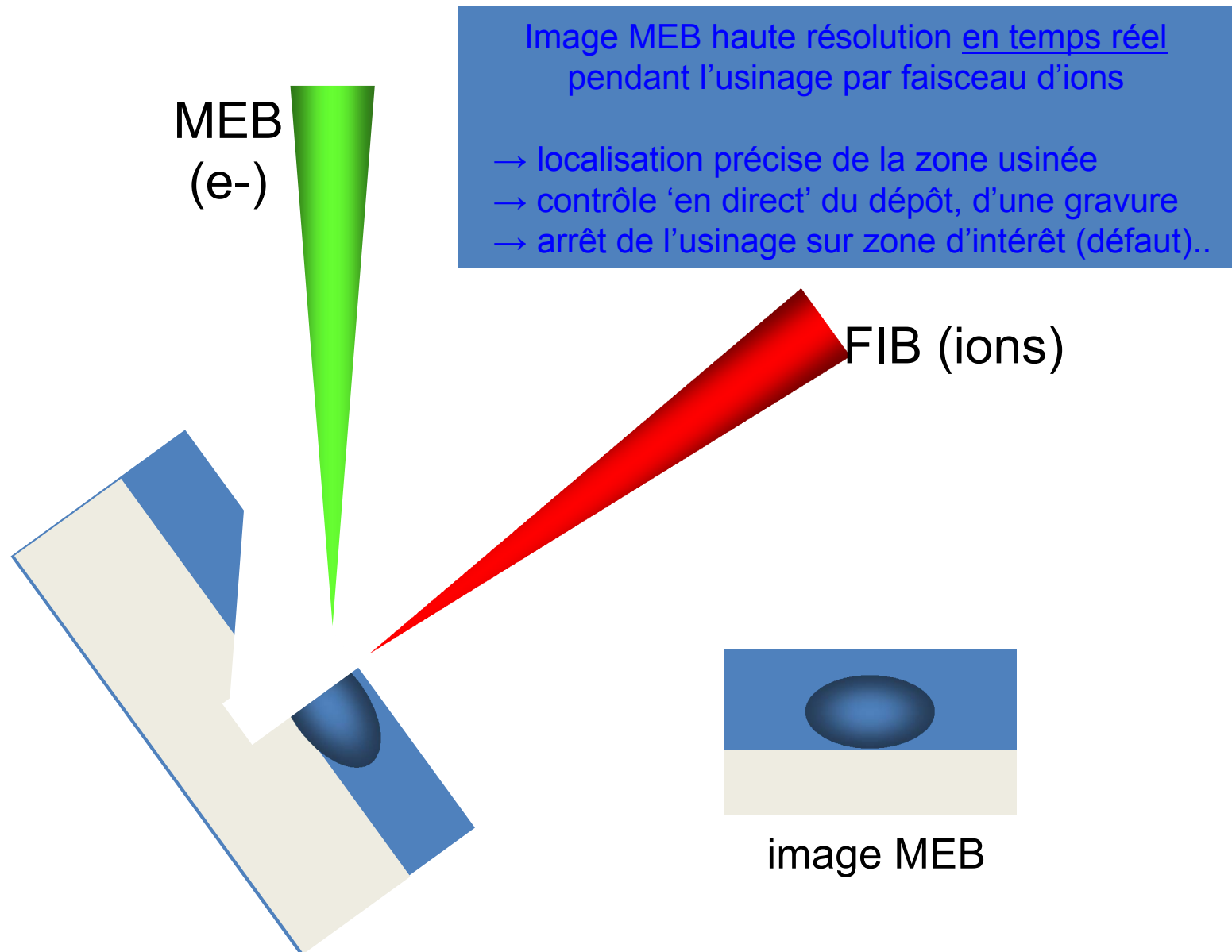
Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



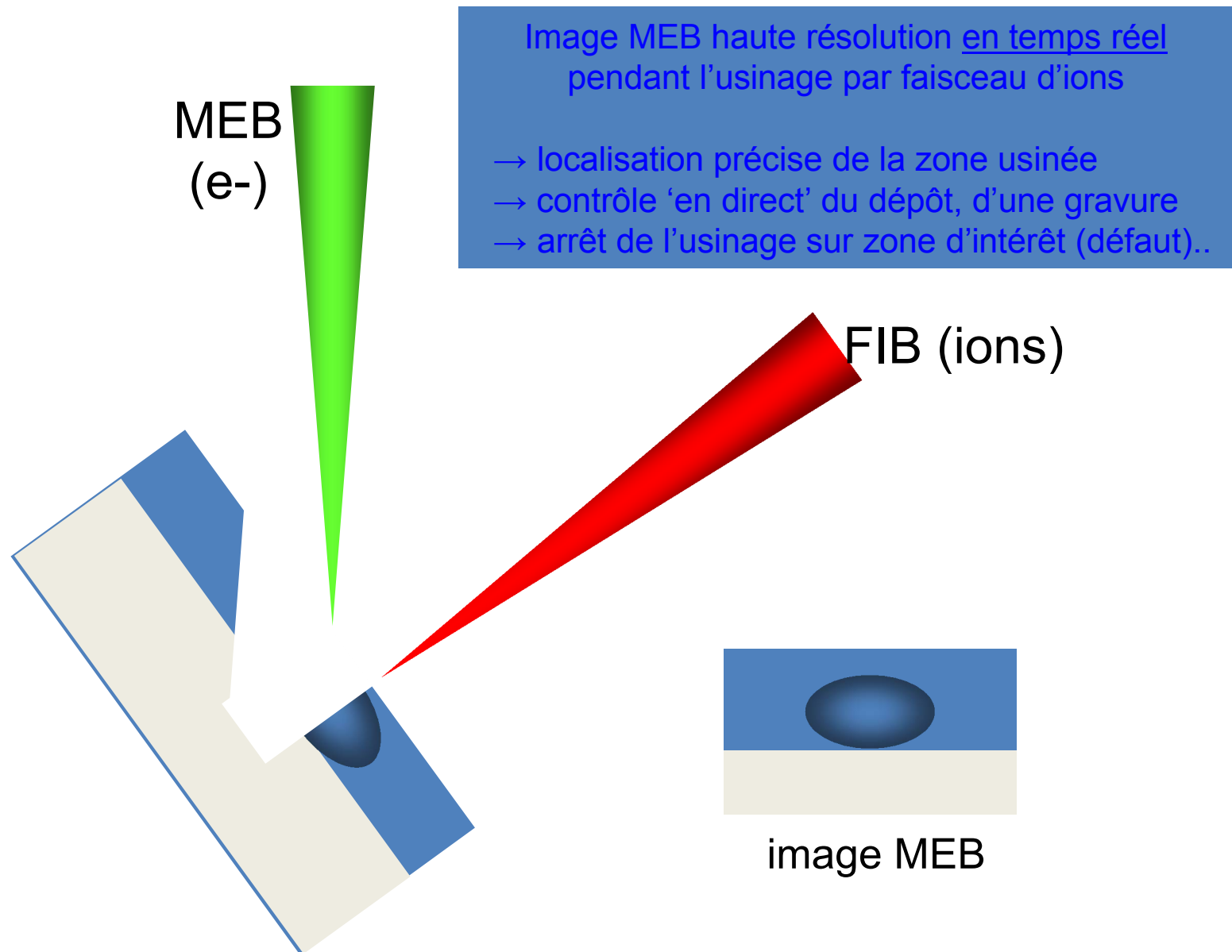
Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



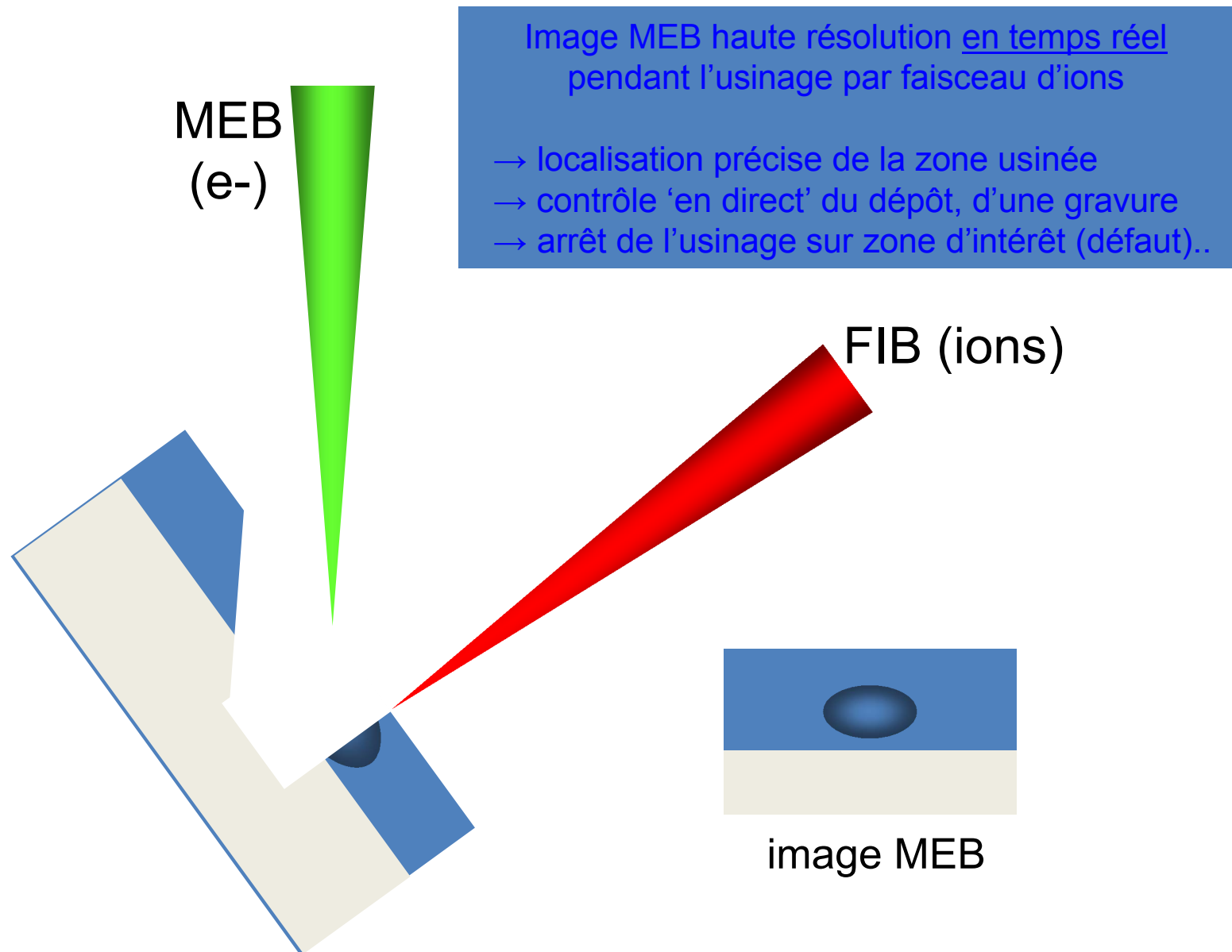
Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



Intérêt du microscope à double colonne MEB-FIB



CARACTERISTIQUES du FAISCEAU D'IONS

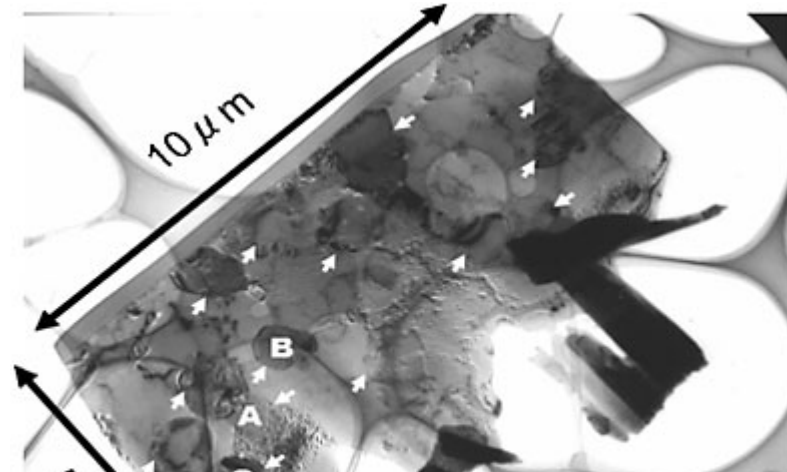
Source d'ions Ga liquide

- tension d'accélération : $\sim 1\text{ kV} \rightarrow 30\text{ kV}, 40\text{ kV}$
- courant ionique : $\sim \text{qques. pA} \rightarrow 30\text{-}50\text{ nA}$ à 30 kV, 40 kV
- \varnothing faisceau d'ions : 2-5 nm à 30 kV, 40 kV
- densité de courant : qques. 10 A / cm^2

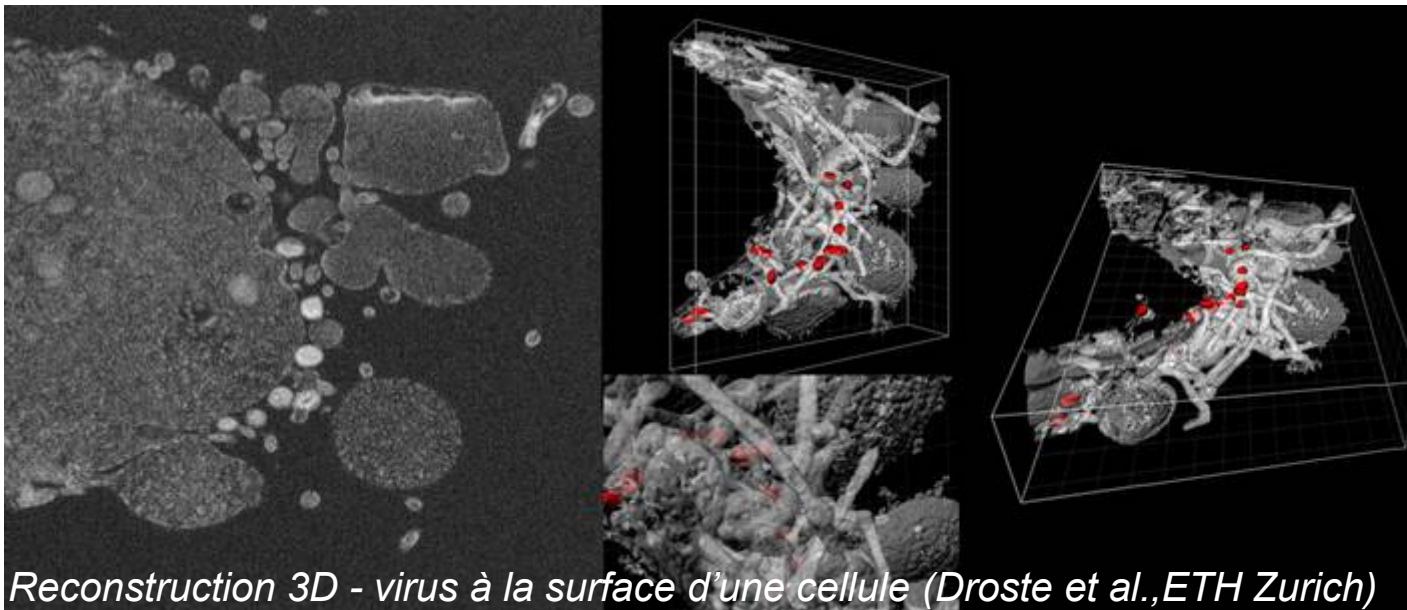


- **Matériaux usinés au FIB**

- Semi-conducteurs, métaux
- Sciences du vivant, polymères
- Sciences de la terre
- Céramiques
- Composites

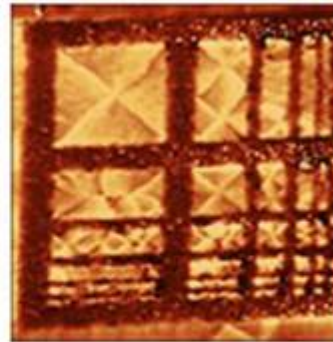
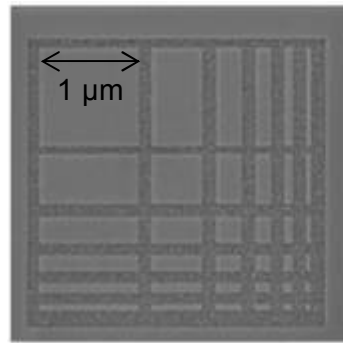
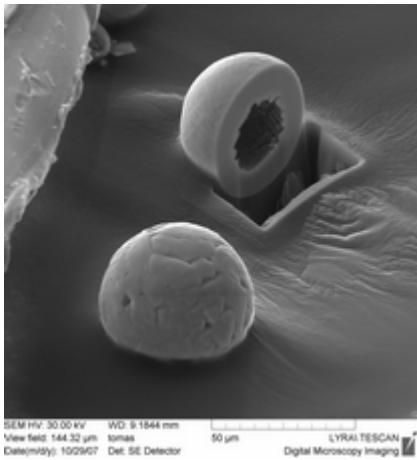


(Suzuki et al., Jeol)
MET – composite Al₂O₃/alliage Al-Mg-Si

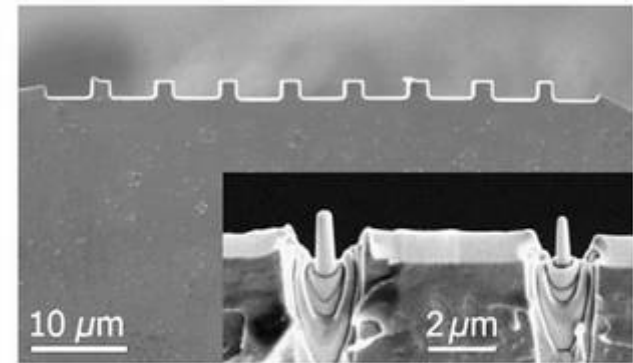


Reconstruction 3D - virus à la surface d'une cellule (Droste et al.,ETH Zurich)

Usinage : découpe, nanofabrication : gravure (2D,3D), structuration de surface

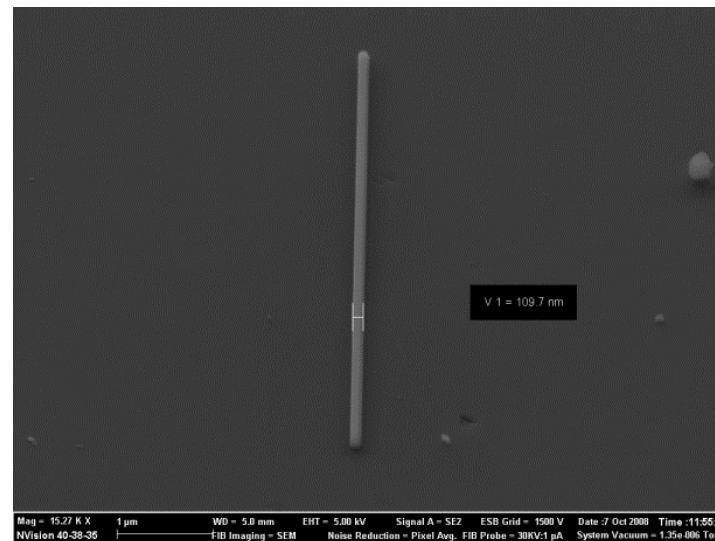
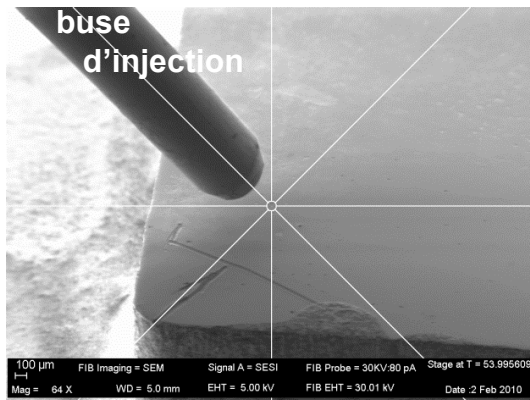


SEM image (left) and magnetic force microscopy image (right) of FIB-milled permalloy structure showing a vortex magnetization configuration in the squares. (Tescan)



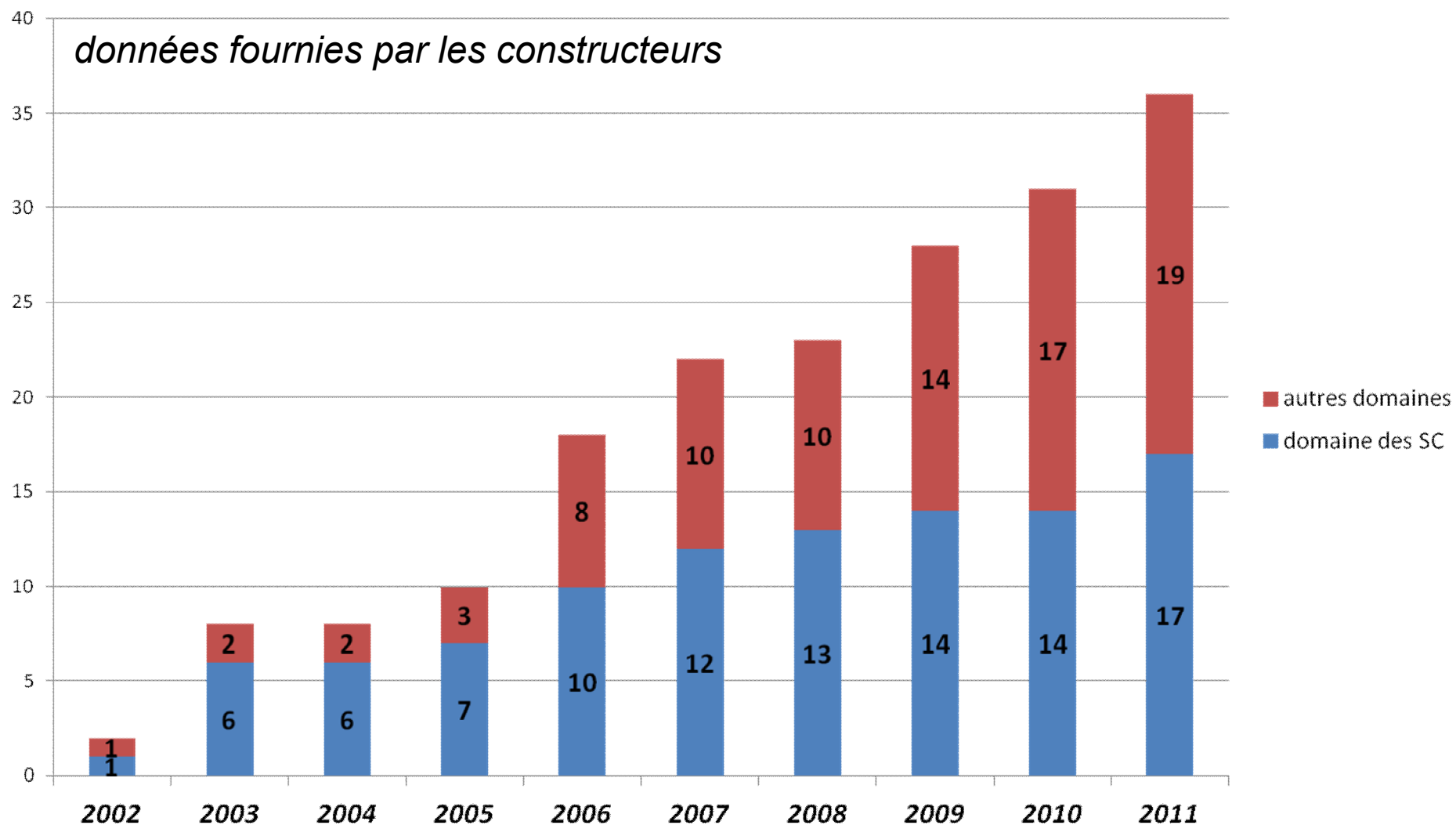
MG pillars of submicrometer diameter fabricated through an optimized annular FIB milling procedure out of a wedge-shaped front of a ribbon thinned by electrochemical etching. C.Q. Chen

Dépôt localisé (métal ou isolant)
(système d'injection de gaz GIS) assisté par faisceau d'ions ou d'e⁻



Nombre cumulé de MEB-FIB installés en France

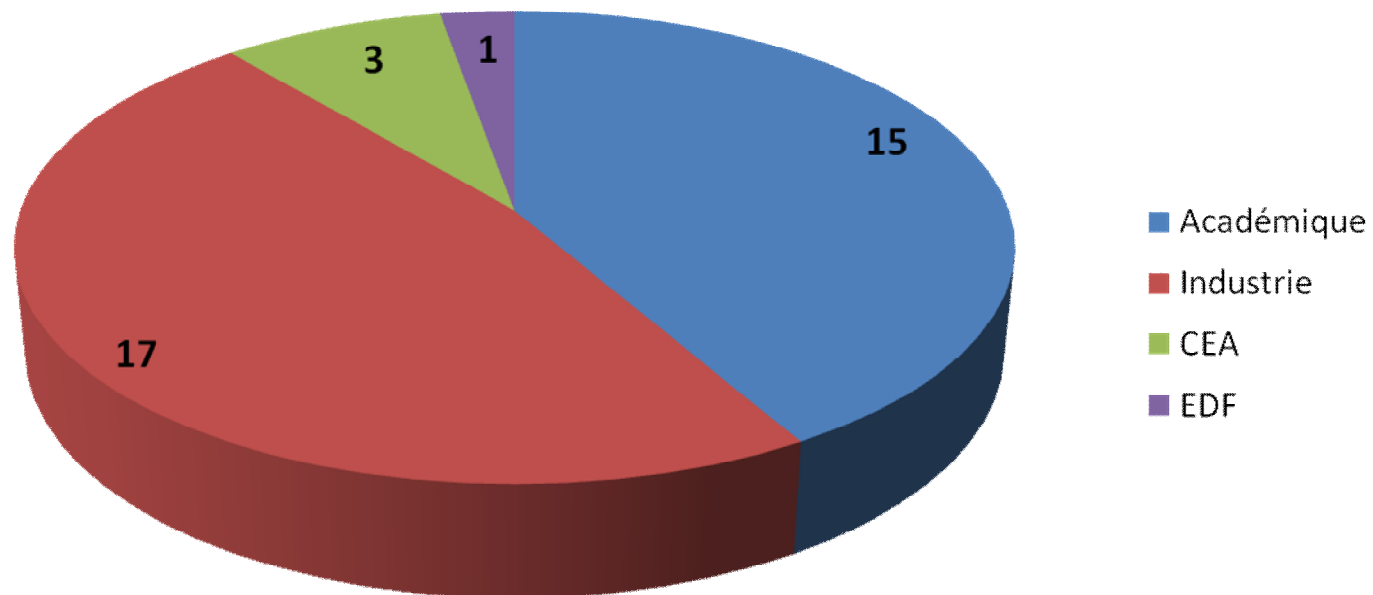
Hors équipements dédiés à la microélectronique
(analyse de défauts, modification de CI..)




Nombre de MEB-FIB installés en France dans les différents secteurs

Hors équipements dédiés à la microélectronique
(analyse de défauts, modification de CI..)

données fournies par les constructeurs





 **FEI™ Helios Nanolab
650**



NB5000
Hitachi High-Tech



JEOL **JIB-4600F**



 **TESCAN** **Lyra3**
PERFORMANCE IN NANOSPACE



 **ZEISS** **Auriga**