

Microscopie

La microscopie électronique

Odile Stephan
Professeur des universités
Université Paris-Sud / CNRS

Optiques photonique et électronique

Microscope optique

0.5 μ m

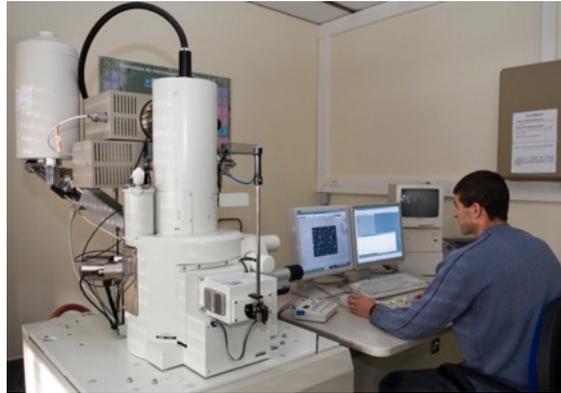


Optiques photonique et électronique

Microscope électronique

Microscope électronique
à balayage (**MEB**)

10 nm

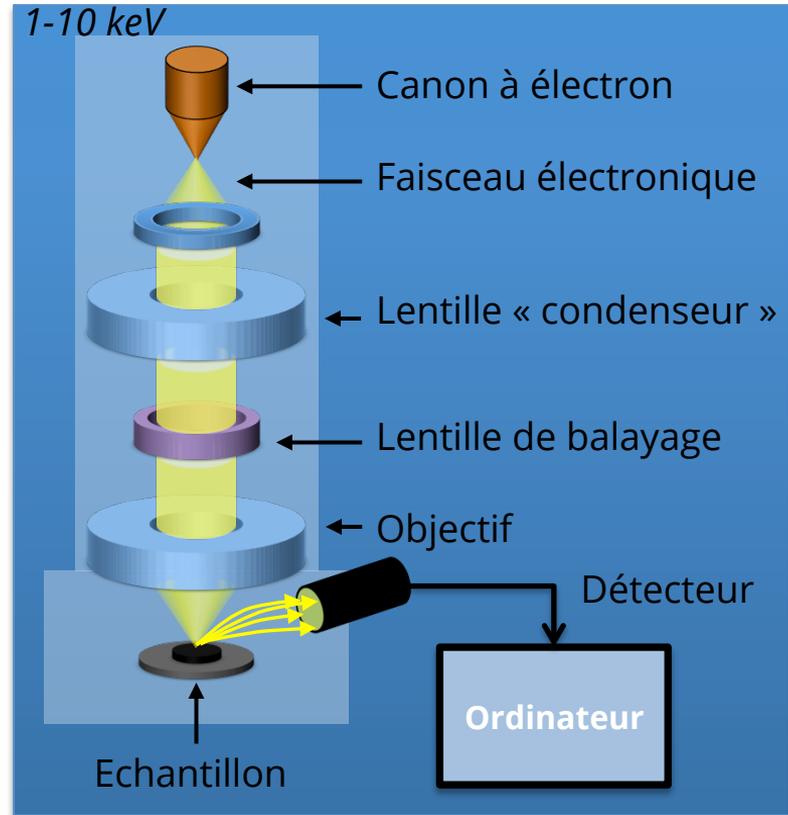


Microscope électronique
en transmission (**TEM**)

0,1 nm

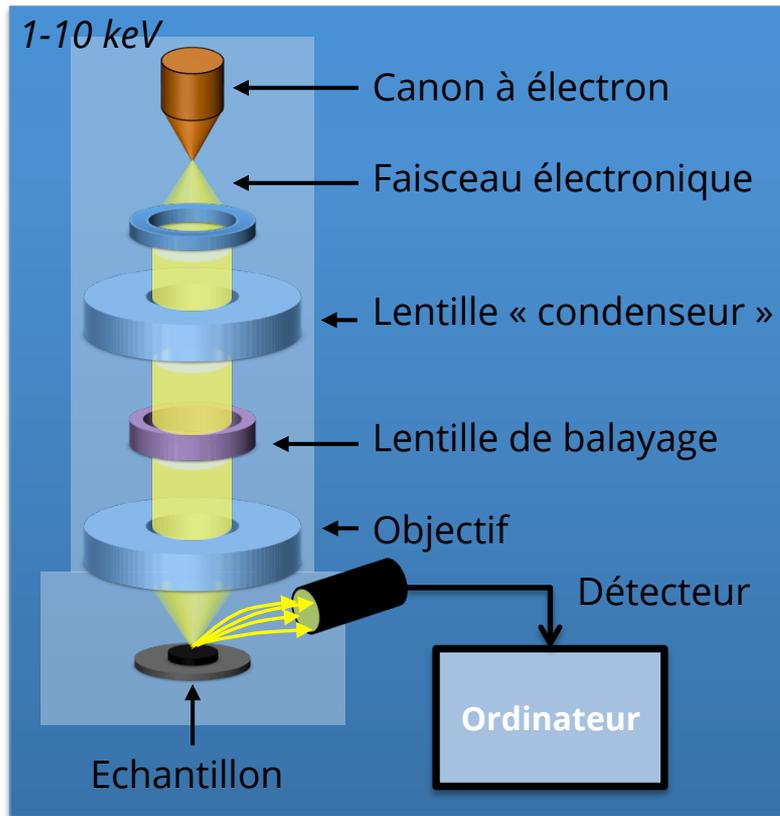


Principe et optique électronique

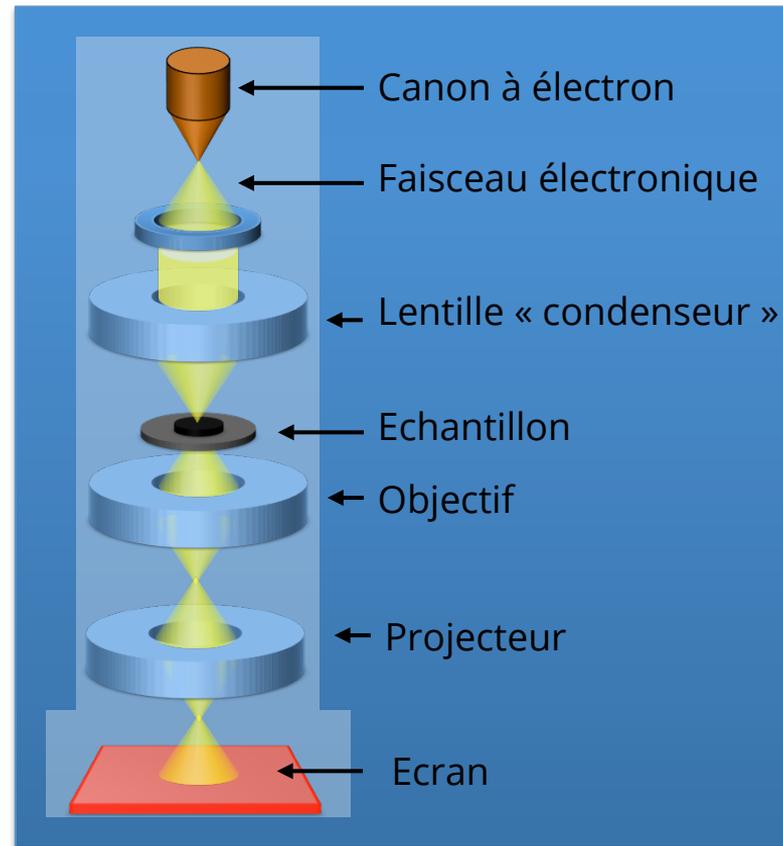


Principe et optique électronique

MEB

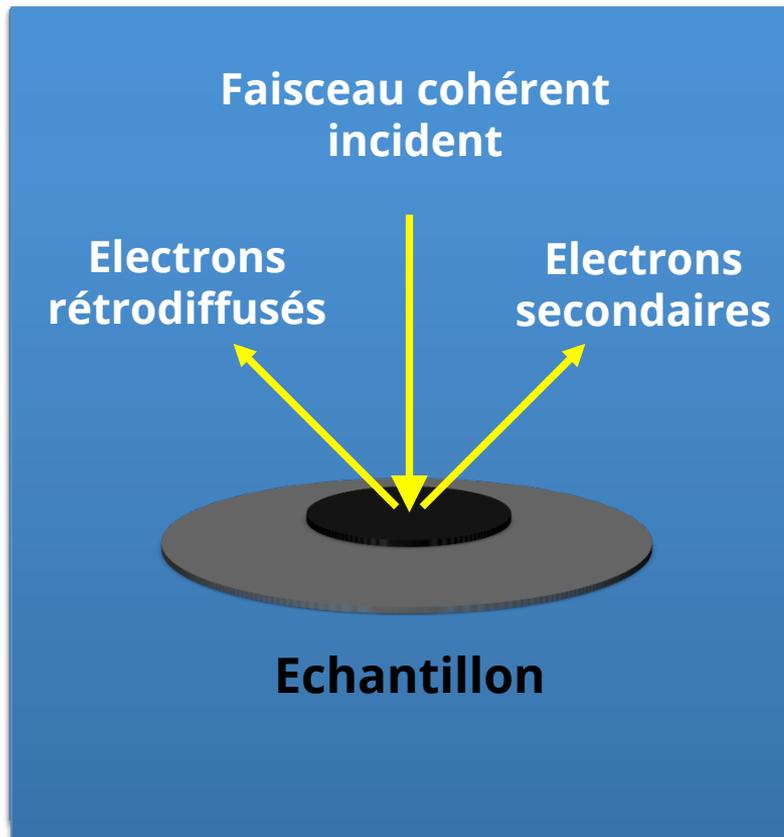


TEM

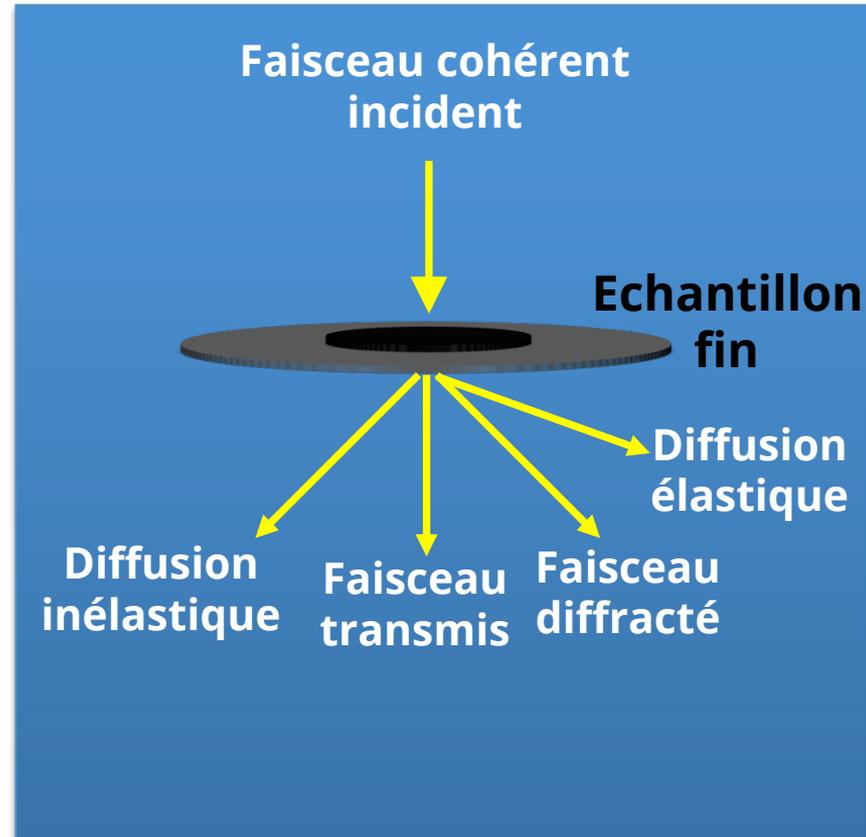


Principe et optique électronique

MEB



TEM



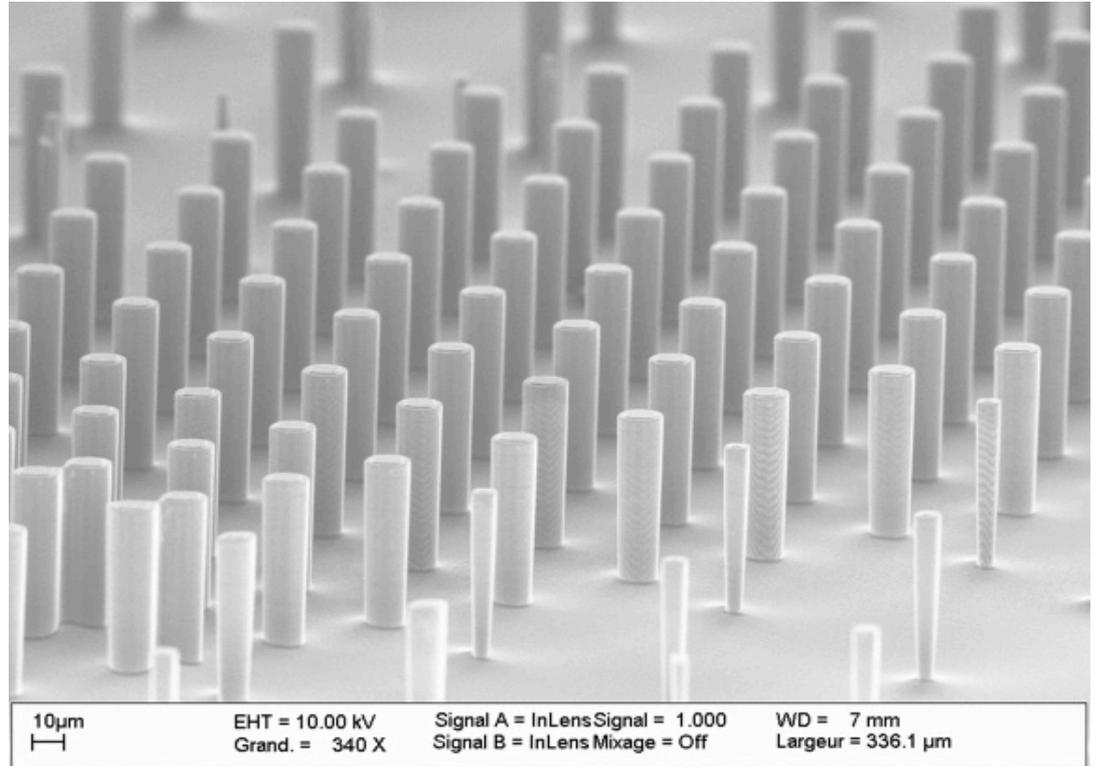
MEB: une très grande dynamique de grandissement (x20 à x20000)



www.whatisnano.org

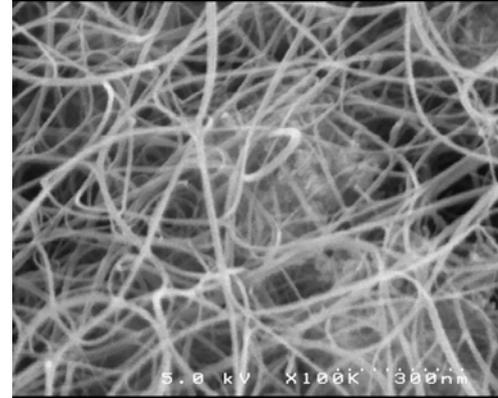
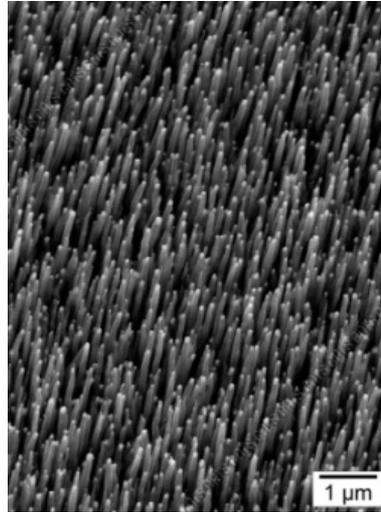
Nisenet

MEB: une très grande profondeur de champ

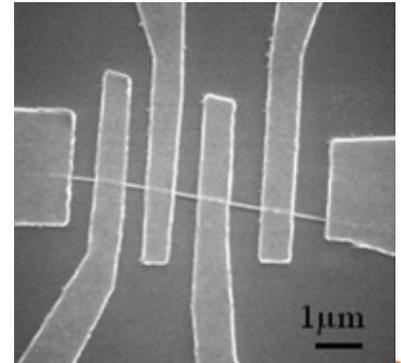


Quelques images MEB sur des nanostructures

Nanotubes
de carbone



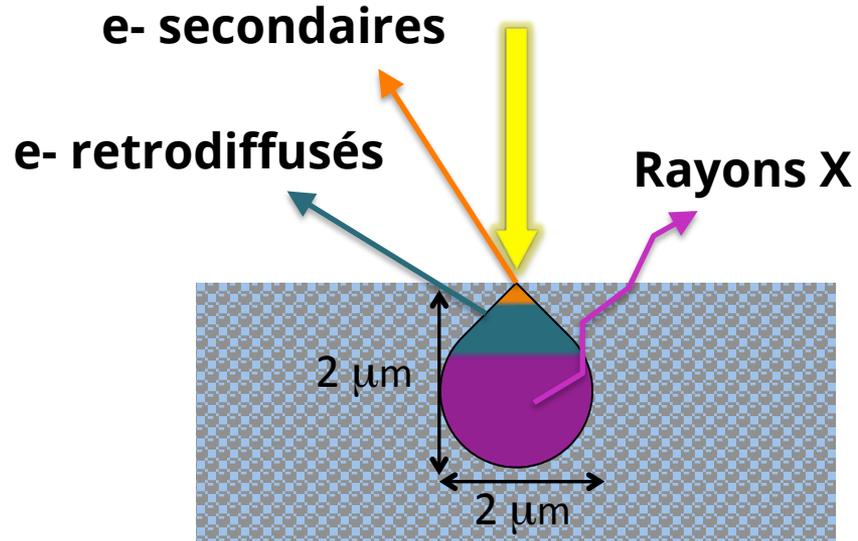
Nano-fils



Quelle résolution pour le MEB et le MET?

MEB

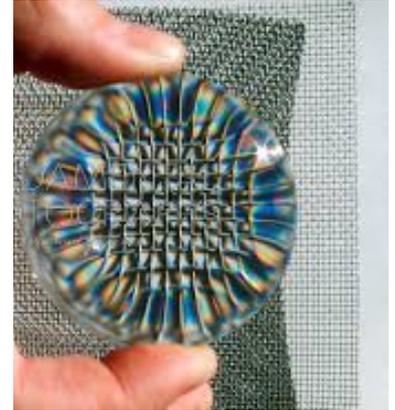
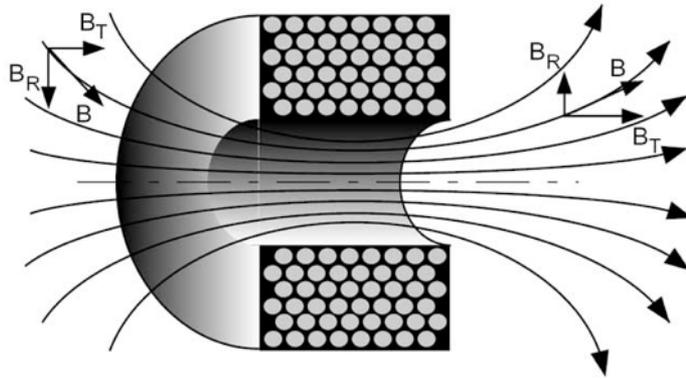
$$\lambda (10 \text{ keV}) = h/p = 10 \text{ pm}$$



Quelle résolution pour le MEB et le MET?

MET

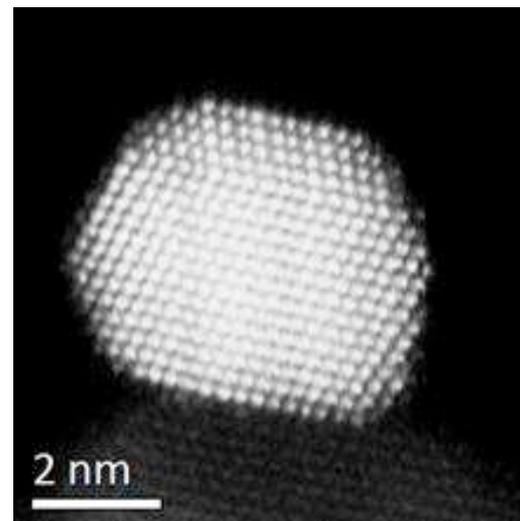
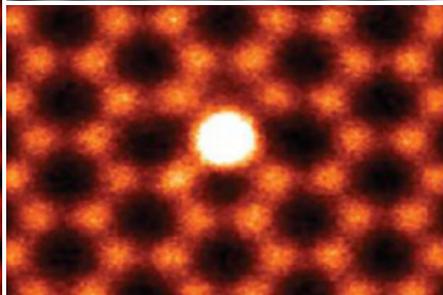
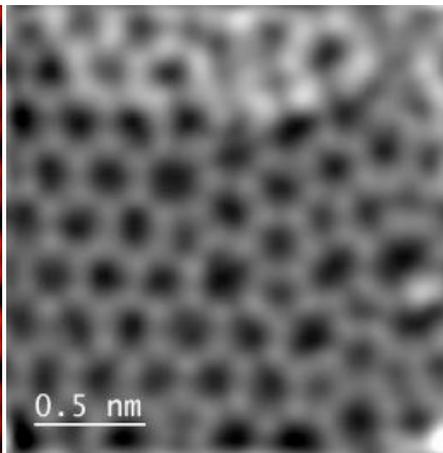
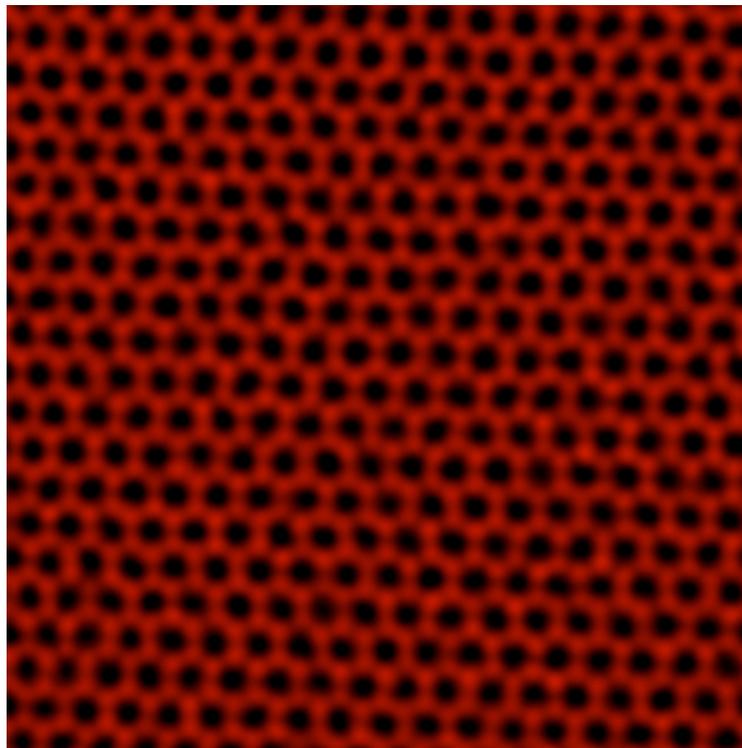
$$\lambda (100 \text{ keV}) = h/p = 3 \text{ pm}$$



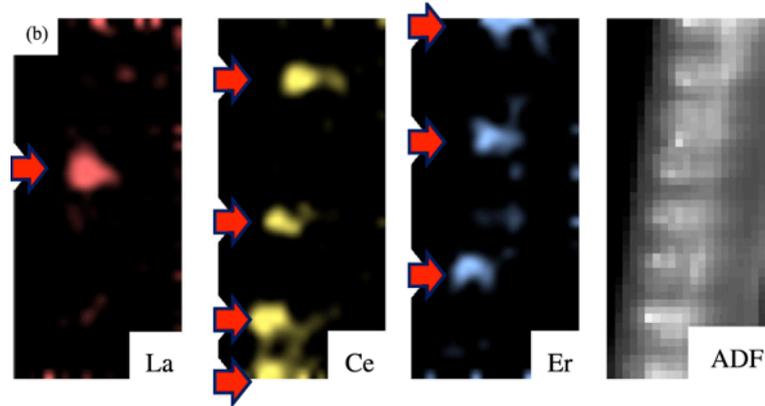
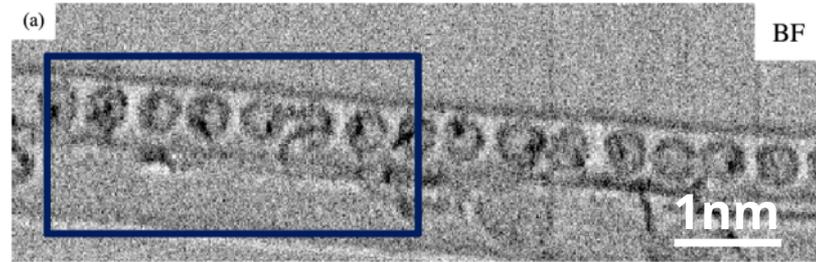
Lentilles électroniques très aberrantes

$$d \sim 1,5 \text{ \AA} = 50 \lambda$$

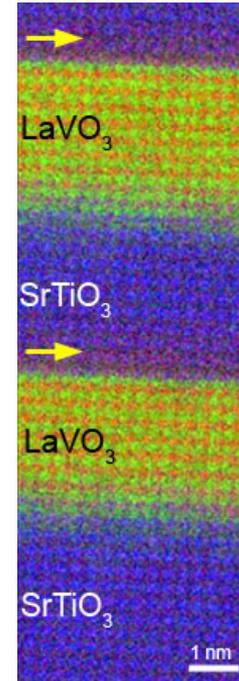
Quelques images TEM corrigées de l'aberration de sphéricité



Au delà de l'imagerie, voir les atomes "en couleur" grâce à la spectromicroscopie



Au delà de l'imagerie, voir les atomes "en couleur" grâce à la spectromicroscopie



Crédits

Analyse, au microscope photonique, de pollens anciens trouvés dans des échantillons sédimentaires. Crédit : Cyril FRESILLON/LGP/CNRS Photothèque

Microscope électronique à balayage avec un canon à effet de champ (SEM-FEG 6700F). Crédit : Cyril FRESILLON/CNRS Photothèque

Microscope électronique à transmission avec un canon à effet de champ (TEM-FEG 2100F). Crédit : Cyril FRESILLON/CNRS Photothèque

Vue de dessus, en microscopie électronique à balayage (MEB), d'un champ de micropiliers de silicium cylindriques, obtenus en usinant un substrat de silicium par un procédé de gravure profonde. IEMN/CNRS Photothèque

Zoom into a Microchip, Lawrence Hall of Science, University of California Berkeley, nisenet.org, CC BY-NC-SA 3.0

Image par microscopie électronique à balayage d'une forêt de nanotubes de carbone orientés perpendiculairement au substrat. Crédit : Catherine JOURNET-GAUTIER/CNRS Photothèque

Poudre nanocomposite nanotubes de carbone - CoMo-MgO (cobalt - molybdène - oxyde de magnésium) observée au microscope à balayage à effet de champ (MEB-FEG). Crédit : Emmanuel FLAHAUT/CNRS Photothèque

Nanofils "Laurent VILA/THALES/CNRS Photothèque"

Nanogouttes d'indium. Image obtenue par microscopie électronique à balayage (MEB). IEMN/CNRS Photothèque

Crédits

Nanocomposite individuel d'environ 2 μm vu par microscopie électronique à balayage (MEB). Fabrice SEVERAC/CNRS
Photothèque

"Chromatic Aberration Visible At Edge of Lens" 1998 Jeff J. Daly - Fundamental Photographs

Atomic-resolution EELS chemical composition map taken on the Nion UltraSTEM 100 microscope. V = red, La = green, Ti = blue. Yellow arrows point to purple bands showing V/Ti intermixing. This 128x375 pixel spectrum-image was taken at 10ms/pix (~15 min total acquisition) with no drift compensation. (Courtesy L. Fitting-Kourkoutis & D. Muller) <http://www.nion.com/products.html>