

Fête de la science au CEMES

Atelier : Comment utiliser les électrons pour regarder plus profondément la matière ?

Le microscope électronique en transmission

Florent Houdellier

Le microscope est un instrument optique permettant de grossir et d'étudier la structure aussi bien de matériaux que d'éléments vivants comme les cellules, les bactéries ou les virus. Depuis la découverte des propriétés de la lumière et l'avènement de l'optique géométrique, les scientifiques ont développé des instruments permettant de résoudre des détails de plus en plus fins. Rapidement, la limite théorique du pouvoir de résolution de ces microscopes a pu être déterminée (appelé le critère de Rayleigh) puis atteinte expérimentalement. Cette limite est essentiellement due à la nature intrinsèque de la lumière, à « sa physique ». Pour augmenter encore le pouvoir de résolution des microscopes, il fallait changer de point de vue, changer de physique.

La nouvelle mécanique quantique du début du 20^{ème} siècle a permis d'offrir une réponse élégante. Dans cette nouvelle mécanique révolutionnaire, l'électron n'était plus simplement un tout petit bout de matière (comme une très petite pierre), mais possédait des propriétés initialement conférée seulement à la lumière (voir la vidéo « dualite.mp4 » https://youtu.be/JlsPC2BW_UI). A partir de cette idée, les scientifiques développèrent les microscopes électroniques en transmission ou « microscopes utilisant des électrons très rapides pour regarder la structure de la matière ». Depuis pratiquement un siècle, cet instrument a vu son pouvoir de résolution considérablement amélioré jusqu'à permettre l'observation de la matière à l'échelle atomique avec un pouvoir de résolution largement suffisant pour pouvoir observer des atomes de manière individuelle.

En utilisant les propriétés étranges des électrons prédites par la mécanique quantique (voir la vidéo « dualite.mp4 » https://youtu.be/JlsPC2BW_UI), le microscope électronique peut être utilisé pour étudier les propriétés physiques des matériaux comme le magnétisme, l'électrostatique, les contraintes internes, ... et ce à l'échelle de l'atome.

Je vous montrerai comment marche une telle machine (Voir Figure 1), et vous montrerai en direct les propriétés étranges des électrons prédites par la mécanique quantique (voir la vidéo « dualite.mp4 » et figure 2). Nous en profiterons pour aller regarder des atomes d'or en gros plan (voir figure 3).



Figure 1 : le microscope électronique en transmission I2TEM

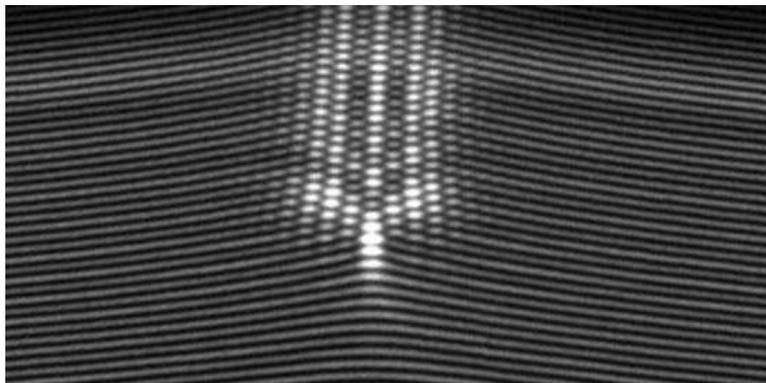


Figure 2 : Interférence d'un électron sur lui même

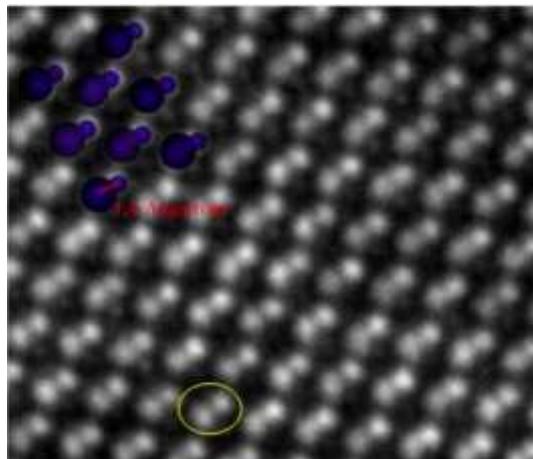


Figure 3 : Image d'atome d'un cristal de Gallium Arsenic