

Surfer sur des vagues électromagnétiques (1)

Pour étudier la structure de la matière il faut utiliser des instruments spécialisés

Je sais! Il y a le microscope, le microscope électronique ... et quoi encore?

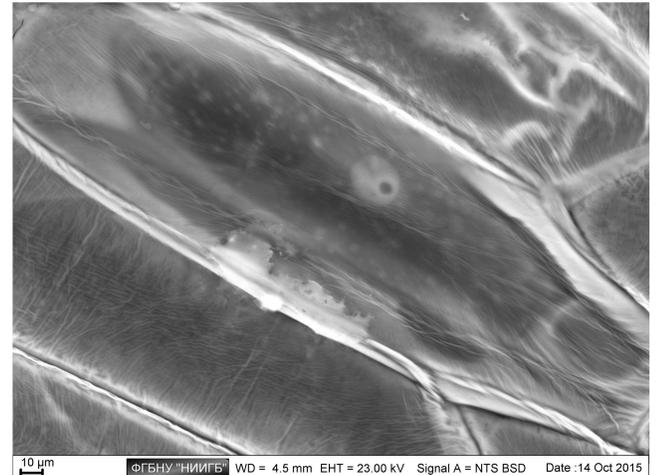
Alam Vague, le spécialiste

Pat Panix, son disciple



À gauche, une image de cellules d'oignon obtenue avec un microscope ordinaire. À droite, l'image est réalisée avec un microscope électronique. La lumière d'une lampe a été remplacée par un faisceau d'électrons accélérés à 23 000 Volts. Sur cette dernière image, des détails 100 000 fois plus petits peuvent être détectés.

Taille des détails \sim longueur d'onde $\lambda \sim 1 / p$
(p est l'impulsion de la particule sonde; $p = E$ (énergie) pour des particules dont l'énergie est \gg masse)

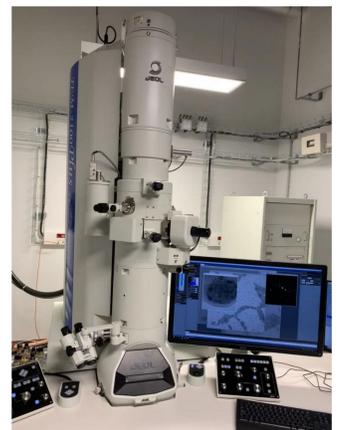


Lumière visible : $\lambda \sim 0,5 \mu\text{m}$ ($E \sim 2,5 \text{ eV}$)

Électrons accélérés : $\lambda \sim 0,000008 \mu\text{m}$



Pour « voir » les détails de plus en plus petits il faut changer, à la fois, l'instrument et le « dispositif d'éclairage ».



Quand tu dis « voir », en fait nos yeux ne sont plus sensibles à des longueurs d'onde aussi courtes, on ne voit que ... dans le visible!

Exact! Il faut un dispositif (le détecteur) qui reconstruit une image à partir de laquelle on comprendra ce qui s'est produit lorsque la sonde a interagi avec l'objet examiné.

De nos jours, quelle énergie peut-on atteindre et à quelle distance peut-on sonder la matière?

L'accélérateur de protons, en fonctionnement au CERN dans un tunnel à cheval sur la frontière Franco-Suisse est celui qui produit les particules les plus énergétiques au monde. Il permet de sonder la matière à des distances voisines de $0,000\ 000\ 000\ 000\ 1 \mu\text{m}$.



Tracé de l'anneau souterrain de 27 km dans lequel est construit l'accélérateur LHC. En 4 points, où sont installés des détecteurs, les faisceaux de protons qui circulent en sens opposés, entrent en collision.

Et tout ça grâce au « surf »! ...

Surfer sur des vagues électromagnétiques (2)

Une charge électrique peut être accélérée par un champ électrique. Dans l'air, cela conduit à des claquages lorsque la tension augmente.

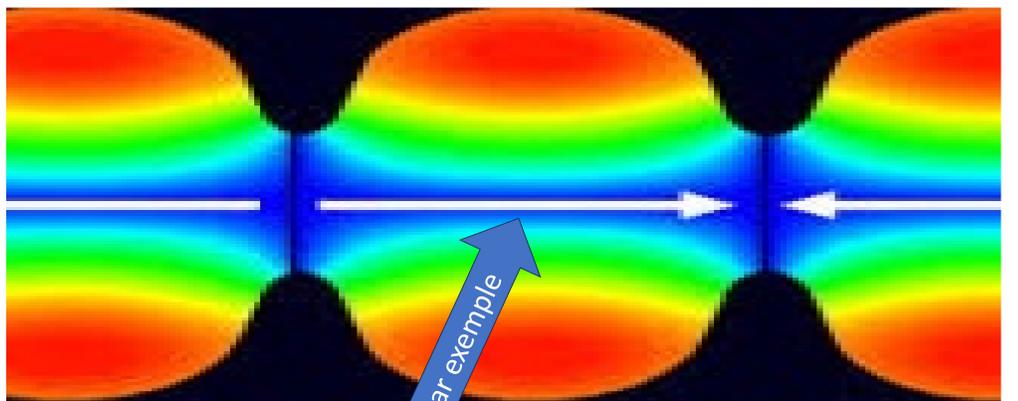
Je sais! C'est la foudre.

Si on fait le vide, on élimine les claquages!

Où mais on ne sait pas créer les champs électriques nécessaires pour atteindre, en un seul passage, des énergies comparables à celle des particules circulant dans le LHC. L'astuce consiste à faire traverser plusieurs fois des « cavités accélératrices » par les particules qui gagnent ainsi de l'énergie à chaque tour dans l'anneau. Comme ils circulent à la vitesse de la lumière, les protons du LHC font 11 000 tours en 1 seconde et atteignent l'énergie désirée en quelques dizaines de minutes ...



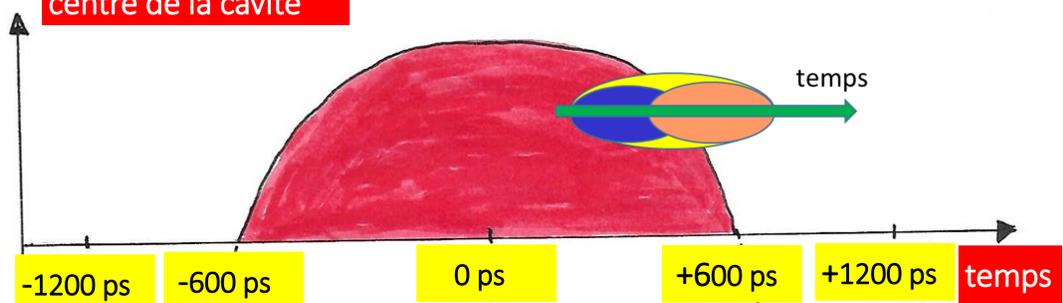
Un ensemble de cavités radio-fréquences qui créent un champ électrique alternatif dirigé suivant l'axe de la structure.



Ici par exemple

Le faisceau de particules n'est pas continu; il est scindé en paquets. Pour que les particules soient accélérées il faut que leur passage dans la cavité soit synchronisé avec la fréquence de l'onde électrique.

Champ électrique au centre de la cavité



Comme les « surfers », le paquet de particules se positionne un peu après le maximum de la « vague ». Cela assure la stabilité du dispositif d'accélération ... pourquoi ?

Réponse: à l'intérieur d'un paquet, les particules n'ont pas toutes exactement la même énergie. Celles qui ont plus d'énergie (ellipse orange) vont faire le tour de la machine un peu plus lentement que les autres car leur trajectoire est un peu plus grande elles arrivent avec un peu de retard dans la cavité et le champ électrique auquel elles sont soumises est un peu plus faible ... donc elles reçoivent moins d'énergie.