

1 Pouvoir de résolution

Le pouvoir de résolution (ou de séparation) est la capacité d'un système optique à distinguer les détails.

Une résolution de 200 nm signifie que l'on peut voir distinctement deux points séparés de 200 nm. Malgré les progrès, cette valeur reste la limite du microscope optique.



2 Principe du microscope électronique

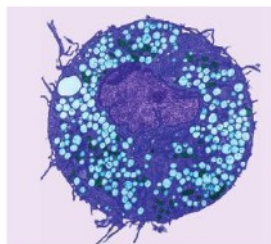
En 1931, les physiciens et ingénieurs allemands Ernst Ruska (1906-1988) et Max Knoll (1897-1969) inventent le microscope électronique.

Un canon à électrons produit un faisceau qui traverse des lentilles électromagnétiques et interagit avec l'échantillon, mis sous vide pour éviter que les molécules d'air ne dispersent les électrons. Une partie d'entre eux traverse l'échantillon, le reste est réfracté.

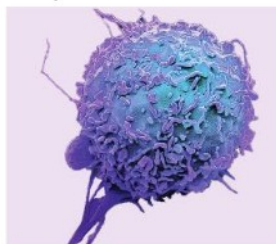
Les données obtenues donnent notamment accès à des informations sur les propriétés structurales, électroniques et optiques de l'échantillon. Les échantillons nécessitent une préparation longue et complexe ; ils doivent être coupés extrêmement finement, desséchés, colorés et immobilisés avec des produits chimiques ou des métaux lourds. Aujourd'hui, les microscopes électroniques offrent un grossissement jusqu'à deux millions.

3 Deux microscopies électroniques

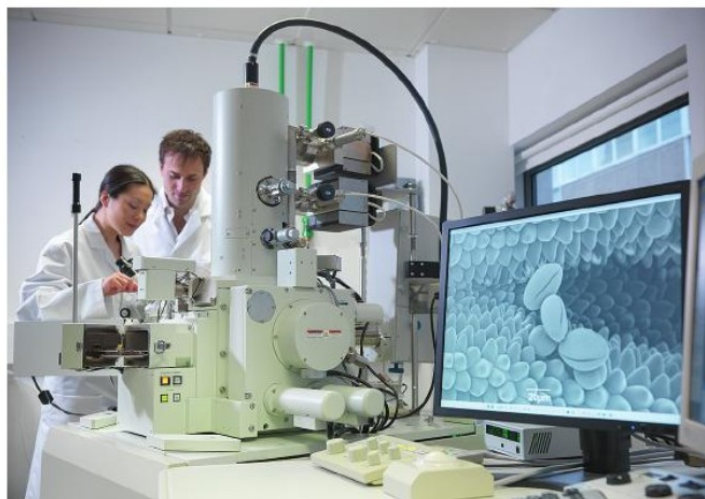
L'invention du microscope électronique a permis l'exploration de la cellule avec une résolution jamais atteinte auparavant. Le microscope électronique à transmission (MET) donne accès à une image détaillée de l'ultrastructure* de la cellule (noyau et autres organites*). Le microscope électronique à balayage (MEB) permet d'obtenir quant à lui une image détaillée de la topographie de la cellule, tridimensionnelle. On distingue ainsi l'aspect extérieur de la membrane plasmique.



Macrophage* observé au MET (× 21 000).



Macrophage observé au MEB (× 21 000).



Les avantages d'une nouvelle technologie

« Quatre mètres de haut et un coût de cinq millions d'euros, dont une partie a été financée par des dons : le microscope Titan Krios (photographie ci-contre) a tout d'un géant. Et les chercheurs de l'Institut Pasteur s'en réjouissent, eux qui pourront l'utiliser dans quelques semaines. Un exemplaire de cet instrument a en effet été inauguré le 12 juillet 2018 dans un nouveau bâtiment, aux murs blindés, spécialement conçu pour l'accueillir. Il permettra de réaliser des observations en très haute résolution (au dixième de nanomètre). En outre, le Krios est entièrement automatisé et peut traiter jusqu'à douze échantillons en même temps. Avec son acquisition, l'Institut Pasteur détient l'un des plus grands et plus puissants microscopes. »

Extrait de l'article de Joël Ignasse, « L'Institut Pasteur se dote d'un Titan Krios, l'un des plus puissants microscopes au monde », d'après le site sciencesetavenir.fr le 12/07/2018.



Le microscope électronique Titan Krios.

4

Comme tous les végétaux chlorophylliens, l'élodée réalise la photosynthèse au niveau des feuilles : elle produit des glucides (le glucose, notamment) qui constituent des ressources nutritives. Cet ensemble de réactions nécessite de l'énergie lumineuse, captée par les molécules de chlorophylle.

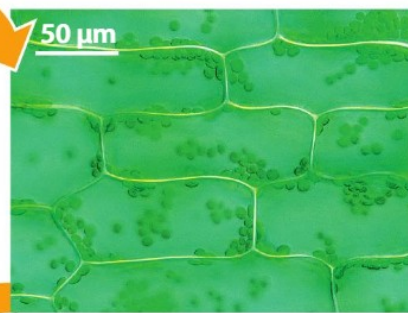
5

A. L'élodée : un organisme entier (observation macroscopique)

À l'œil nu, on distingue sur l'organisme entier des organes : les feuilles, siège de la photosynthèse.



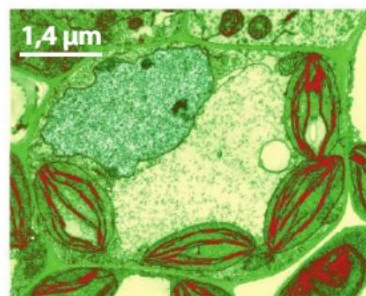
B. Observation de cellules de feuilles d'élodée (microscope optique, × 250)



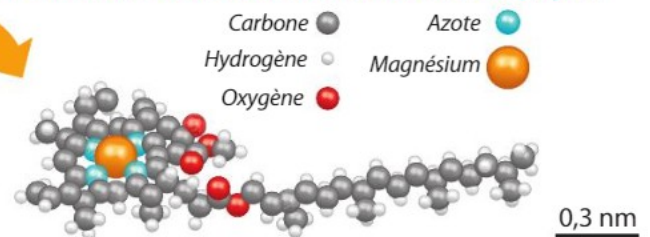
Les cellules sont entourées d'une membrane plasmique et d'une paroi, et contiennent des organites verts sphériques visibles en grande quantité : les chloroplastes.

C. Observation de l'ultrastructure d'une cellule d'élodée (MET, × 7 000)

L'architecture des organites est visible : les chloroplastes sont ici observables dans le détail. Ils contiennent un ensemble de structures en forme de petits sacs aplatis, apparaissant comme des lignes foncées : les thylakoïdes.



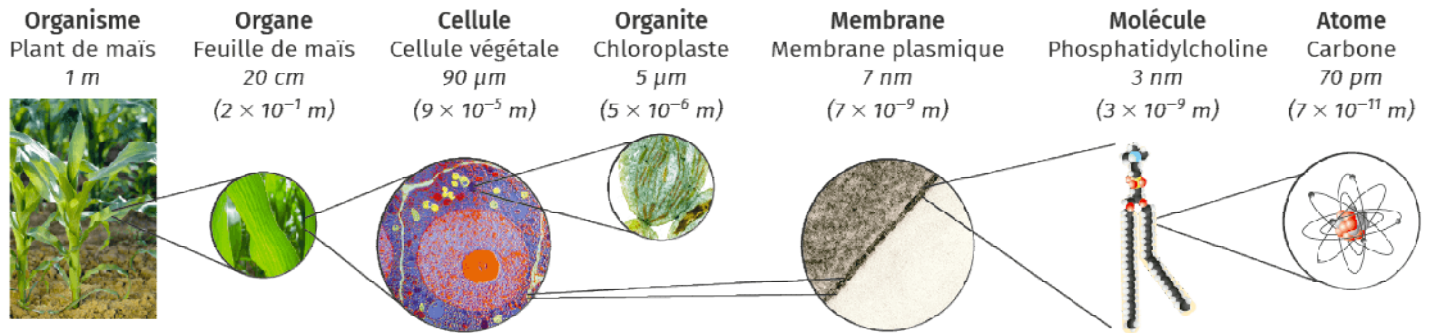
D. Modélisation de la molécule de chlorophylle



Dans les thylakoïdes se trouvent des complexes moléculaires permettant de convertir l'énergie lumineuse. Cette conversion implique des molécules de chlorophylle, composées de cinq atomes différents.

L'étude de la chlorophylle est associée à plusieurs prix Nobel de chimie : les chimistes allemands Richard Willstätter (1872-1942) et Hans Fischer (1881-1945) l'obtiennent respectivement en 1915 et en 1930, le premier pour la découverte de sa formule brute, le second pour la compréhension de son

organisation. Les chimistes allemands Johan Deisenhofer (1943-), Robert Huber (1937-) et Hartmuth Michel (1948-) obtiennent le prix Nobel en 1988 pour l'identification de la structure tridimensionnelle de cette molécule.



6 Échelle et ordre de grandeur : de l'organisme à l'atome