

# MÉTHODE D'ÉTUDE DE LA CELLULE



## (PARTIE 2)

*Salut l'équipe, aujourd'hui on se retrouve pour un tout petit cours qui se fait rapidement. Je vous laisse le plaisir de le découvrir. C'est la suite directe de ce que vous avez fait dans la partie 1.*

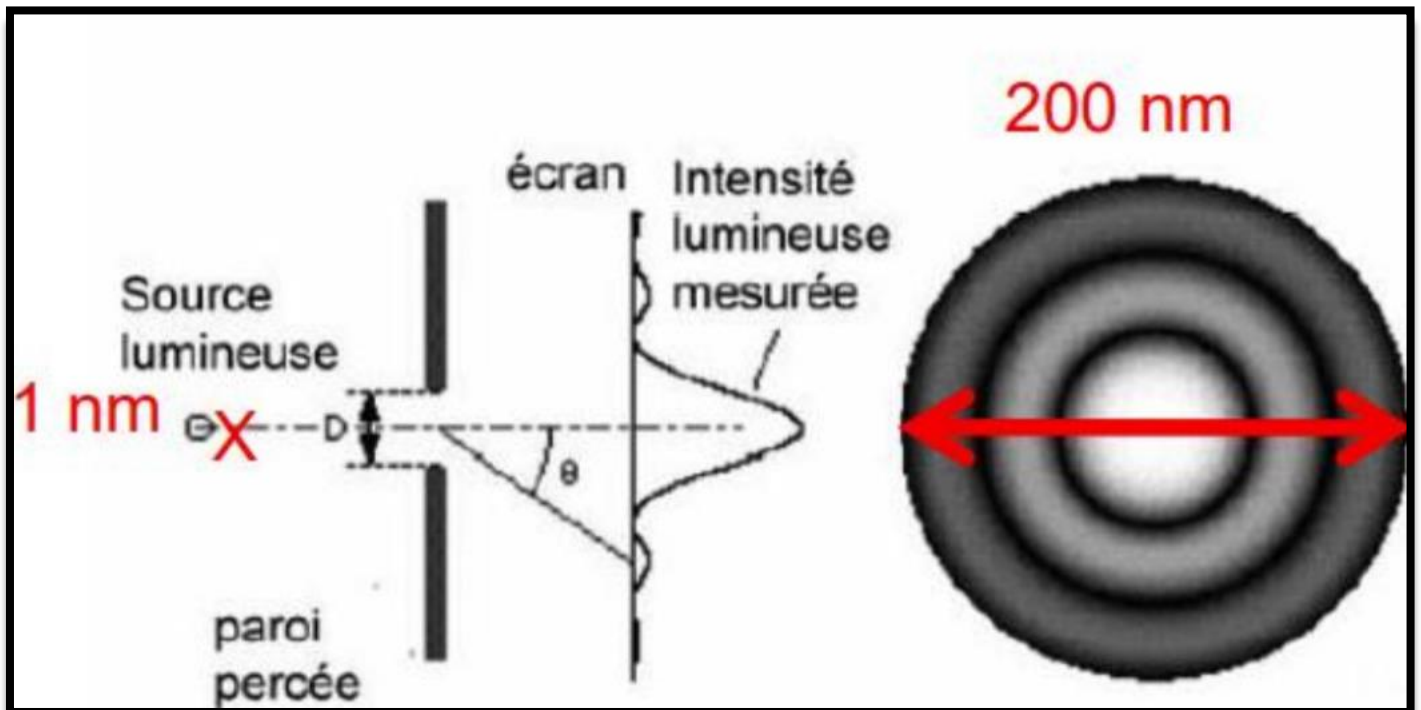
*Petit message d'encouragement en ce début de mois d'Octobre. Vous travaillez depuis 1 mois ou plus pour certains. Peut-être que vous en avez déjà marre d'accumuler tout ces cours et de devoir apprendre chaque détail tombable à l'examen. Mais rappelez vous pourquoi vous faites ça ... Ce n'est pas pour les autres que vous le faites mais pour VOUS en premier lieu ! Et pour accéder à la filière santé de vos rêves 🗨️ (je vous le souhaite)*

*Pour ma part en P1, début Octobre j'étais lessivé et je n'attendais qu'une chose. Passer l'examen ! Mais je vous garantie que plus ce moment s'approche et plus vous voudrez le reporter. Alors profitez du temps que vous avez pour bien accumuler les notions 😊*

## 1/ La microscopie suite ...

### A. Limites de résolution de la microscopie optique

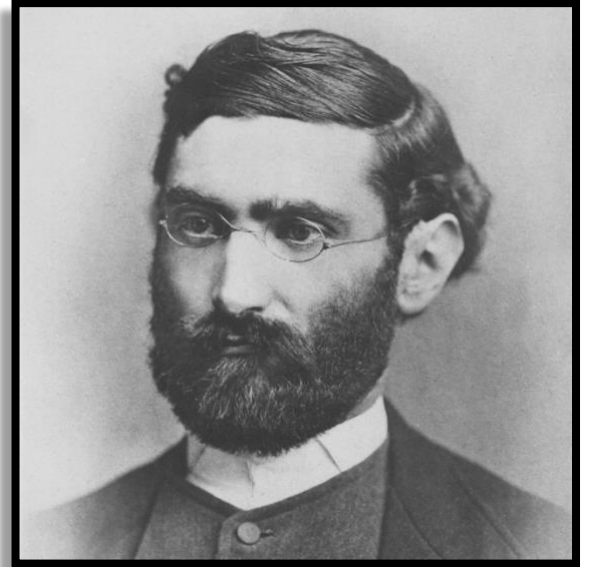
La limite de résolution de la microscopie optique (et donc de la microscopie à fluorescence) est de **200nm**. C'est le gros problème de cette méthode.



C'est l'allemand Ernst Abbe (fin XIXème siècle) qui a déterminé la formule pour trouver la limite de résolution de la microscopie optique. Cette équation est liée au caractère ondulatoire de la lumière.

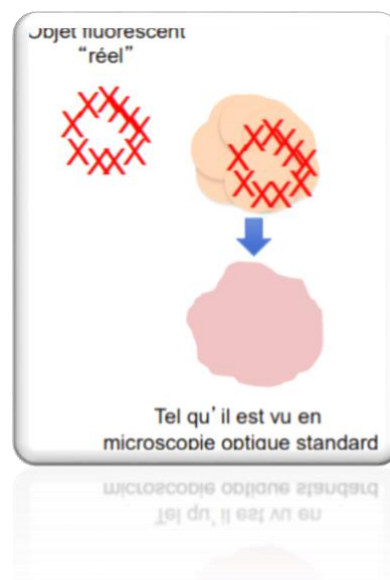
Explication de vos vœux : 🤖

*Ici il s'agit plus de physique que de savoir biocellois mais pour vous expliquer lorsqu'un objet a une taille suffisamment grande on peut négliger l'aspect ondulatoire de la lumière et on rentre dans le cadre de l'optique géométrique. Lorsque notre objet a une dimension qui est plus petite qu'une dimension seuil, l'aspect ondulatoire de la lumière est non négligeable et on va avoir des phénomènes d'interférences et on rentre dans le cadre de l'optique ondulatoire.*



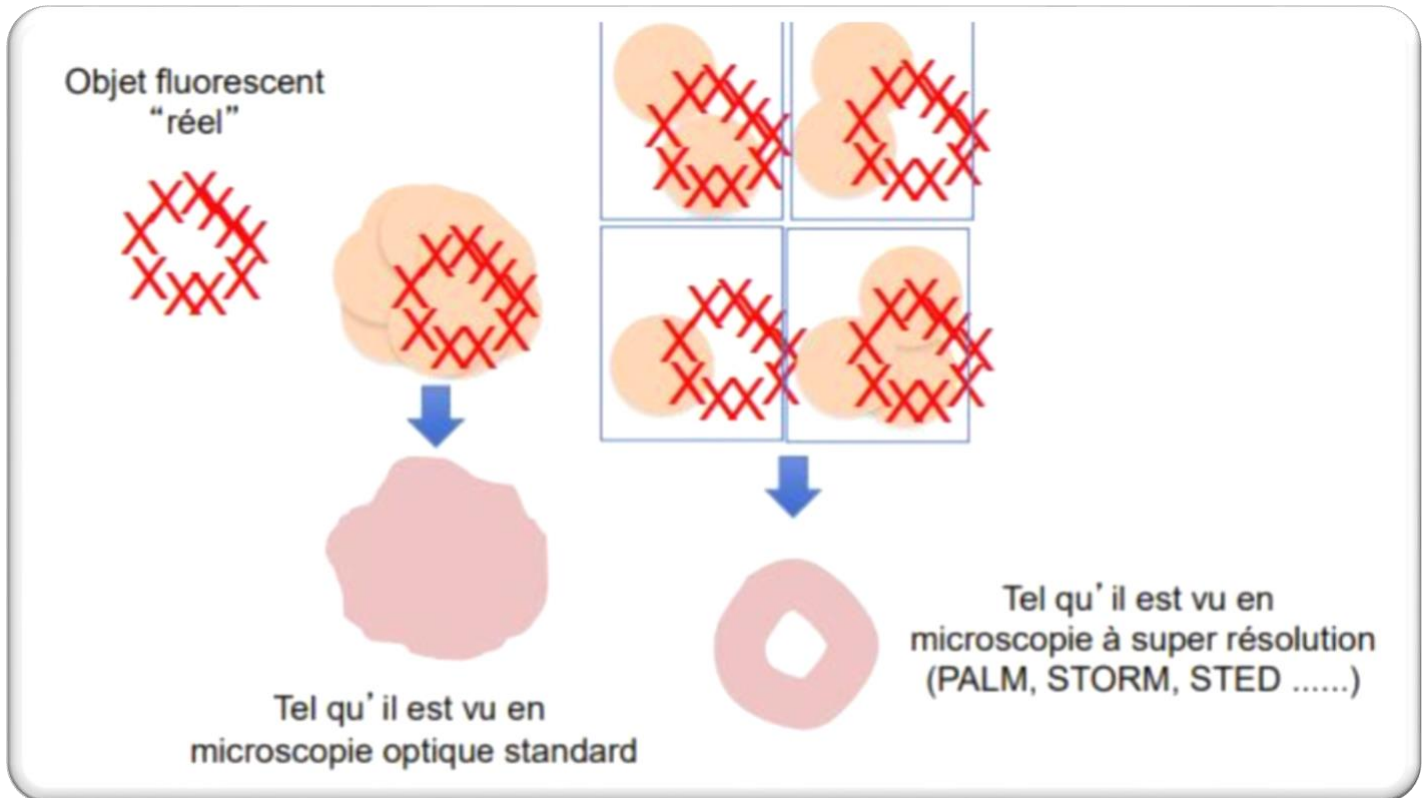
Les biologistes cellulaires ont voulu aller **en deçà** de cette limite mais en gardant la microscopie optique (pratique d'utilisation). Il existe ainsi une astuce pour détourner cette limite physique.

Imaginons un objet que l'on observe au microscope. Sur le schéma il est représenté tel qu'il est. **Chaque croix** est un **fluorochrome** (tel qu'il est vraiment dans la cellule). On peut voir une sorte de cercle (on peut imaginer que c'est un complexe protéique dont chaque croix correspond à une sous-unité et dont l'ensemble forme un cercle).



Maintenant on superpose à cette image réelle ce que l'on peut voir en microscopie optique traditionnelle avec la limite de résolution à 200 nm : on ne verra **qu'une tâche** (la résolution ne permet pas de savoir que c'est en forme de cercle et qu'il y'a un trou au milieu). On sait que la protéine est là mais on ne peut pas voir les sous-unités.

L'astuce c'est de mettre en place des techniques d'analyses où **chaque molécule** de fluorescence va **clignoter**. Les fluorochromes sont choisis de telle façon qu'il n'y aura qu'un nombre limité de fluorochromes qui va s'illuminer à la fois.



A chaque clignotement le microscope va prendre une image. Ainsi, des milliers d'images vont être prises pour le même objet et puisque les fluorochromes ne s'allument pas tous en même temps on n'aura pas l'aspect de tâche qu'on avait au départ.

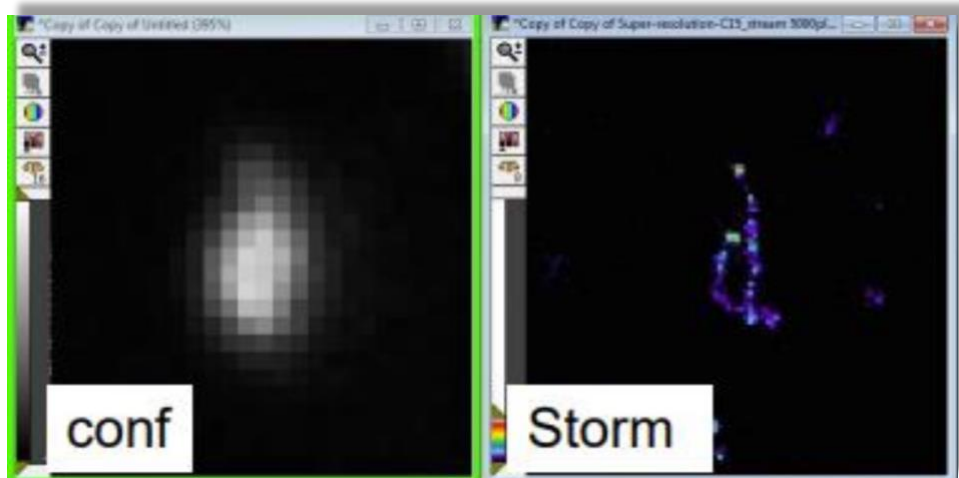
On va ainsi pouvoir **reconstituer l'image** avec une **meilleure résolution** qu'en microscopie optique standard. On va arriver à une résolution de l'ordre de **10-15 nm**.

On appelle ce type de microscopie la **microscopie à super-résolution**. Différentes techniques existent (PALM, STORM, STED...) mais on ne les abordera pas (🍷 youpi 🤖)

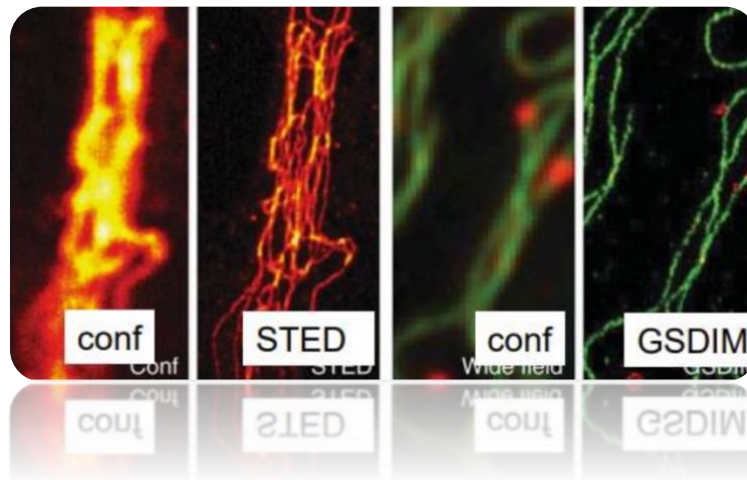
Voici quelques exemples où l'on voit la différence entre la microscopie optique standard et celle à super résolution :



-On observe l'extrémité des chromosomes qui se terminent en boucles d'ADN. En MO standard on ne voit qu'une « tâche ». En MO à super résolution on peut suivre toute la boucle d'ADN.

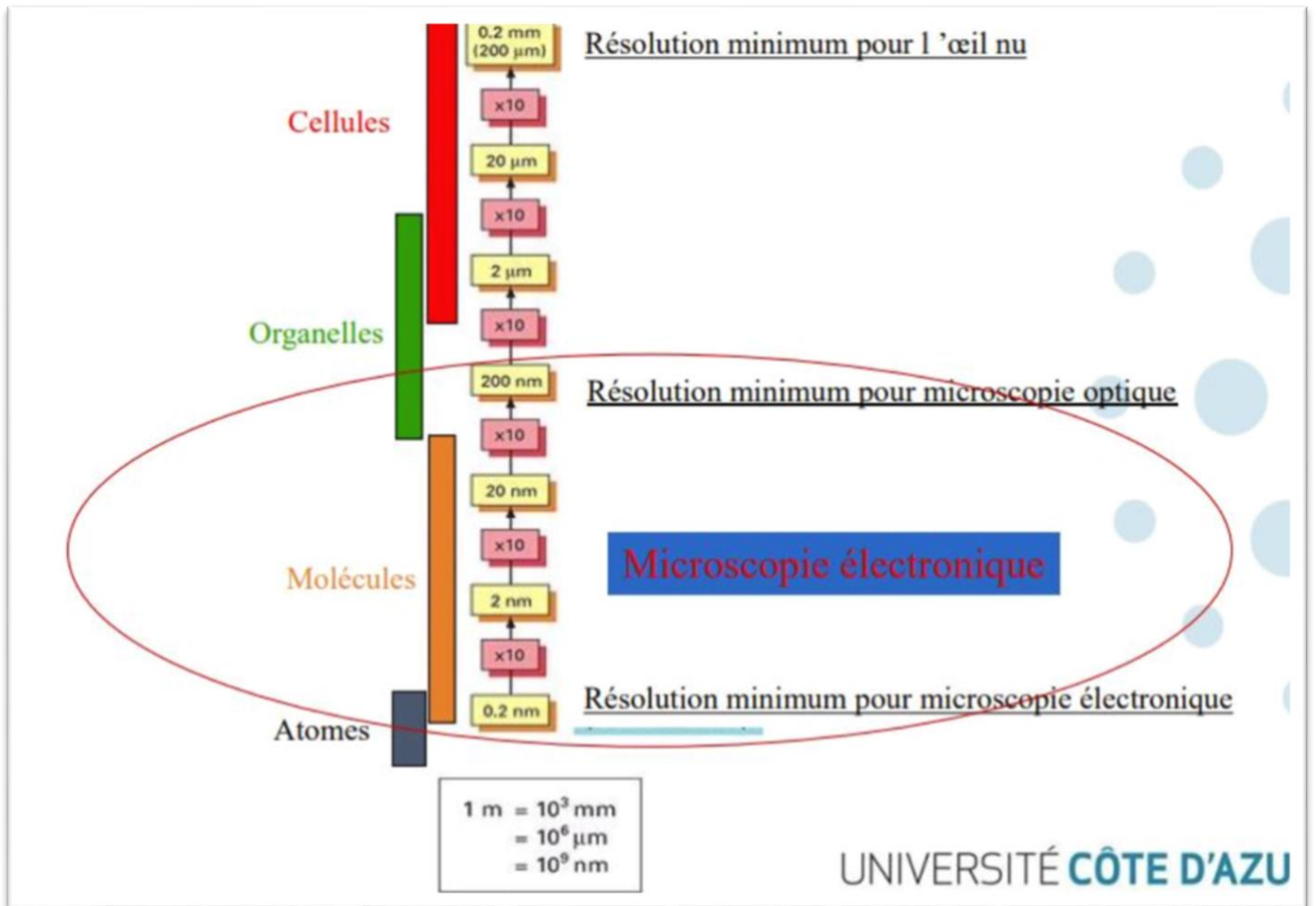


-Cette fois on observe des fibres de microtubules (à droite) et des images de vimentine (à gauche) dans des cellules humaines. Encore une fois on voit que la super résolution permet de gagner énormément pour vraiment comprendre l'architecture de ces réseaux et leur fonction.



## 1. La microscopie électronique

Cette technique de microscopie est différente, on descend donc dans la limite de résolution **au niveau moléculaire**. A noter que les cellules observées ne peuvent pas être vivantes. 🖨️🖨️🖨️🖨️🖨️ (Super important ça tombe à l'examen et c'est un piège facilement évitable)

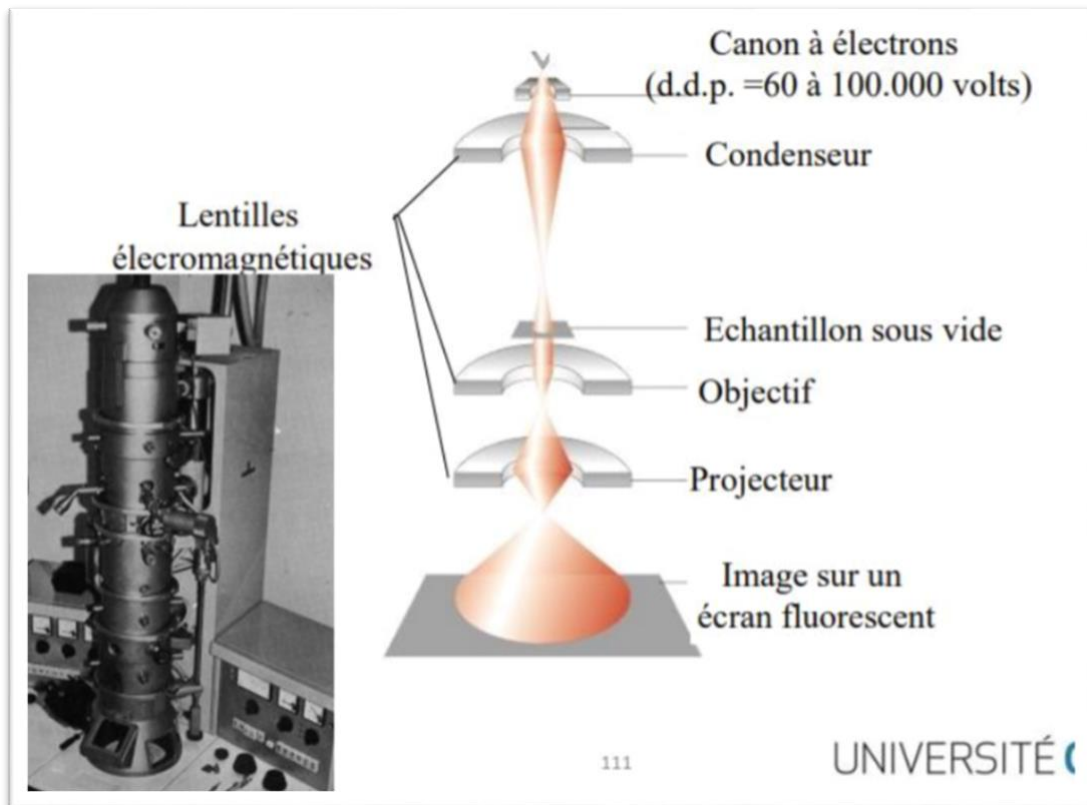


Le principe est assez simple : on **remplace** les **photons** de la microscopie optique par des **électrons**. C'est cela qui augmente la résolution. Il existe différents types de microscopie électronique (ME) : soit par transmission (**MET**), soit à balayage (**MEB**).

A noter, les structures visibles en ME en biologie cellulaire sont appelées les ultrastructures.

#### A. Microscopie électronique à transmission MET

Comme son nom l'indique, un faisceau d'électrons traverse la préparation traitée aux sels de métaux lourds, des structures de contraste. Il faut donc préparer les échantillons de telle façon qu'on les fixe avec des atomes de **métaux lourds** pour qu'ils soient opaques aux électrons.

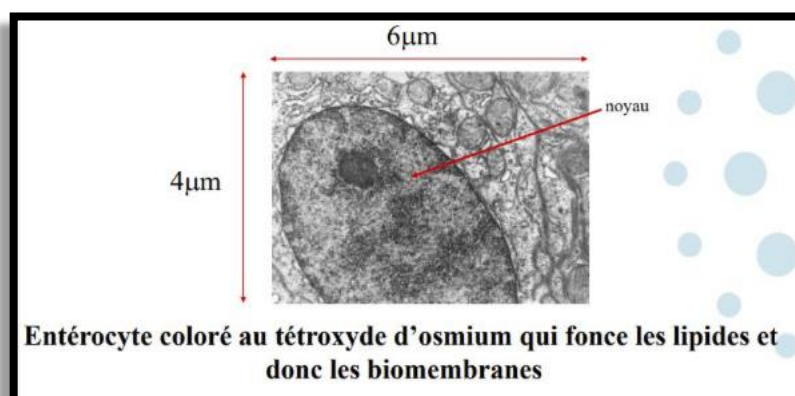


Différentes techniques sont possibles :

- Coupe ultrafine (moins de 0,1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur)
- Coloration à l'or pouvant être couplé à des anticorps
- Ombrage
- Cryodécapage, cryofracture où l'on casse la cellule pour voir les reliefs

C'est un énorme microscope qui n'a rien à voir avec le microscope à fluorescence.

L'échantillon est **mis sous vide** la plupart du temps (*ce serait dommage que les électrons interagissent avec les atomes de l'air*), avec un système optique qui va servir à focaliser et à détecter ces électrons produits par un canon à électrons, canon qui va avoir un certain potentiel plus ou moins énergétique. Le faisceau d'électrons est condensé sur l'échantillon et l'image est ensuite recueillie.



Voici une coupe assez standard de cellule en MET. **Plus c'est foncé, plus c'est dense aux électrons**. On observe donc dans le noyau le nucléole (\*) plus foncé. Dans le cytoplasme, on observe le réticulum, des mitochondries... On observe très bien tout ce qui est membranes.

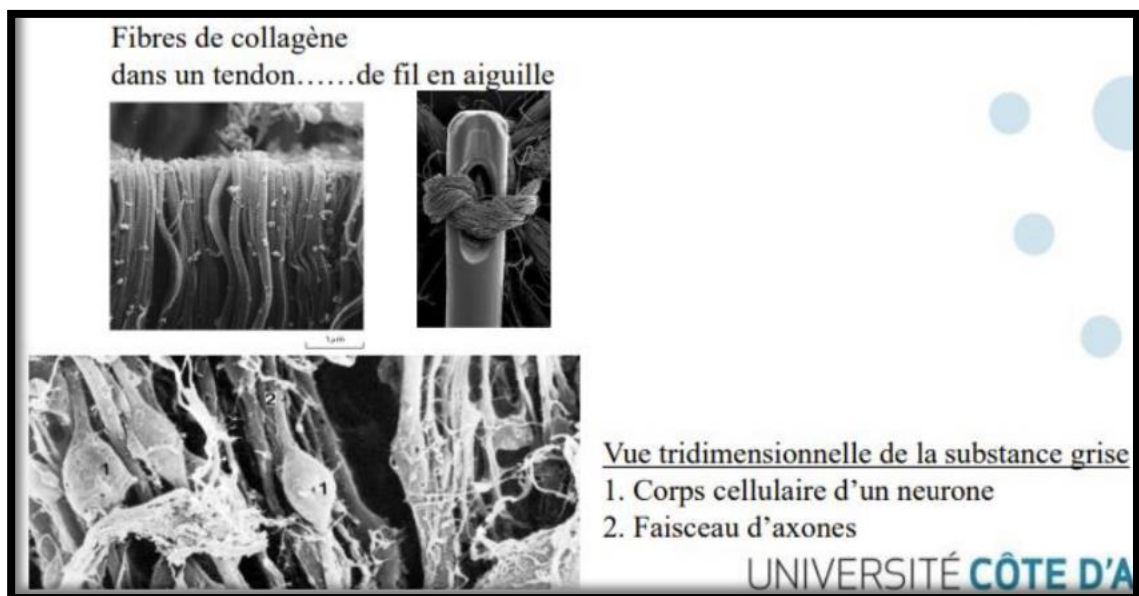
### B. Microscopie électronique à balayage (MEB)

Comme son nom l'indique, l'objet est balayé par un faisceau d'électrons qui ne pénètre pas mais qui **excite** sa **surface** et **émet des électrons secondaires** recueillis et analysés par un détecteur.

Cette technique permet de visualiser la **surface** des cellules et des tissus. L'échantillon est fixé et recouvert de métaux lourds et le faisceau d'électrons y est réfléchi. La **résolution est plus faible** (*donc la limite de résolution est plus grande*) que la MET de l'ordre de 10 nm.

La limite de résolution du MET est de 0,1 nm

Ici on a des fibres de collagènes, un fil passant dans une aiguille et de la substance grise.



On peut donc véritablement étudier **l'ultrastructure** d'un tissu grâce à cette méthode.

*ET MAINTENANT PLACÉS À DES DÉDIS UN PEU SPÉCIALES AUJOURD'HUI !!!*

*Dédis spéciales animaux de compagnie 🐾🐾*



*Dédicace à TEXAS  
(Le prénom lui va trop bien)*



*Dédicace à MUSS MUSS  
(pas touche !)*



*Dédicace à WILLOW et ses  
yeux juste magnifiques !*



*Dédicace à ILIANO !*



*Dédicace à toi petite bête  
PATTENROND*



*Dédicace à GIOYA (trop mimi)*

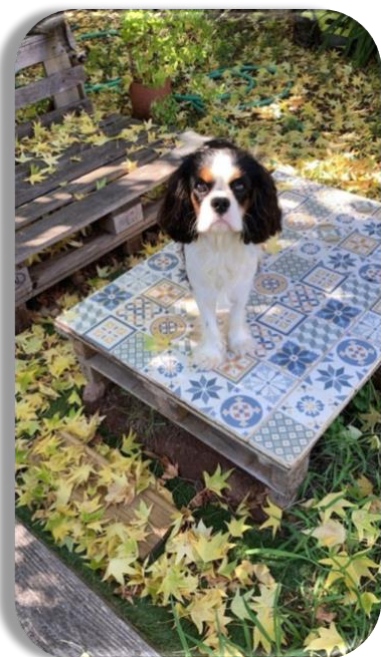


*Dédicace à PLUME*

*qui me fait mourir de rire quand elle dort 😂*



*Dédicace à TRÉSOR et son regard 🐾*



*Dédicace à BALOO (j'adore)*

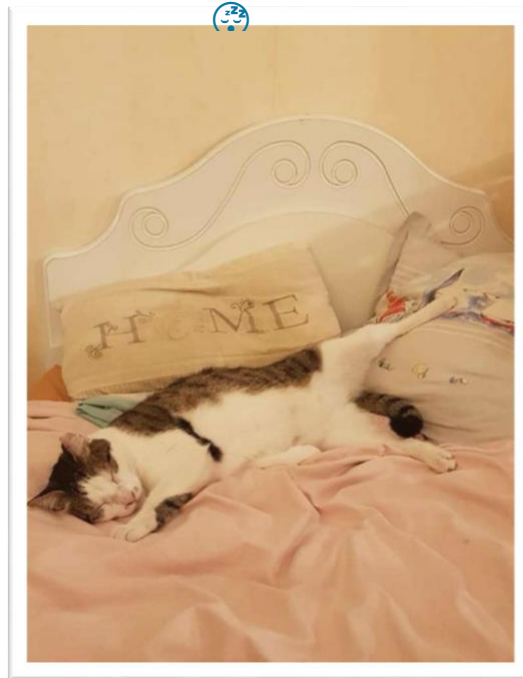




*Dédicace à OKIE  
(adorable)*



*Dédicace à OPUS  
qui nous fait un gros dodo*



*Skibidi dédicace à TROULOUTTE*



*Dédicace à BOUNTY  
et sa photo vraiment flatteuse 🥰*





*Et enfin dédicace à ces 2  
gros matous qui prennent la  
pause tranquille*

*Ici nous avons APPLE 🍏*



*Et ici nous avons JACK 🐾*

