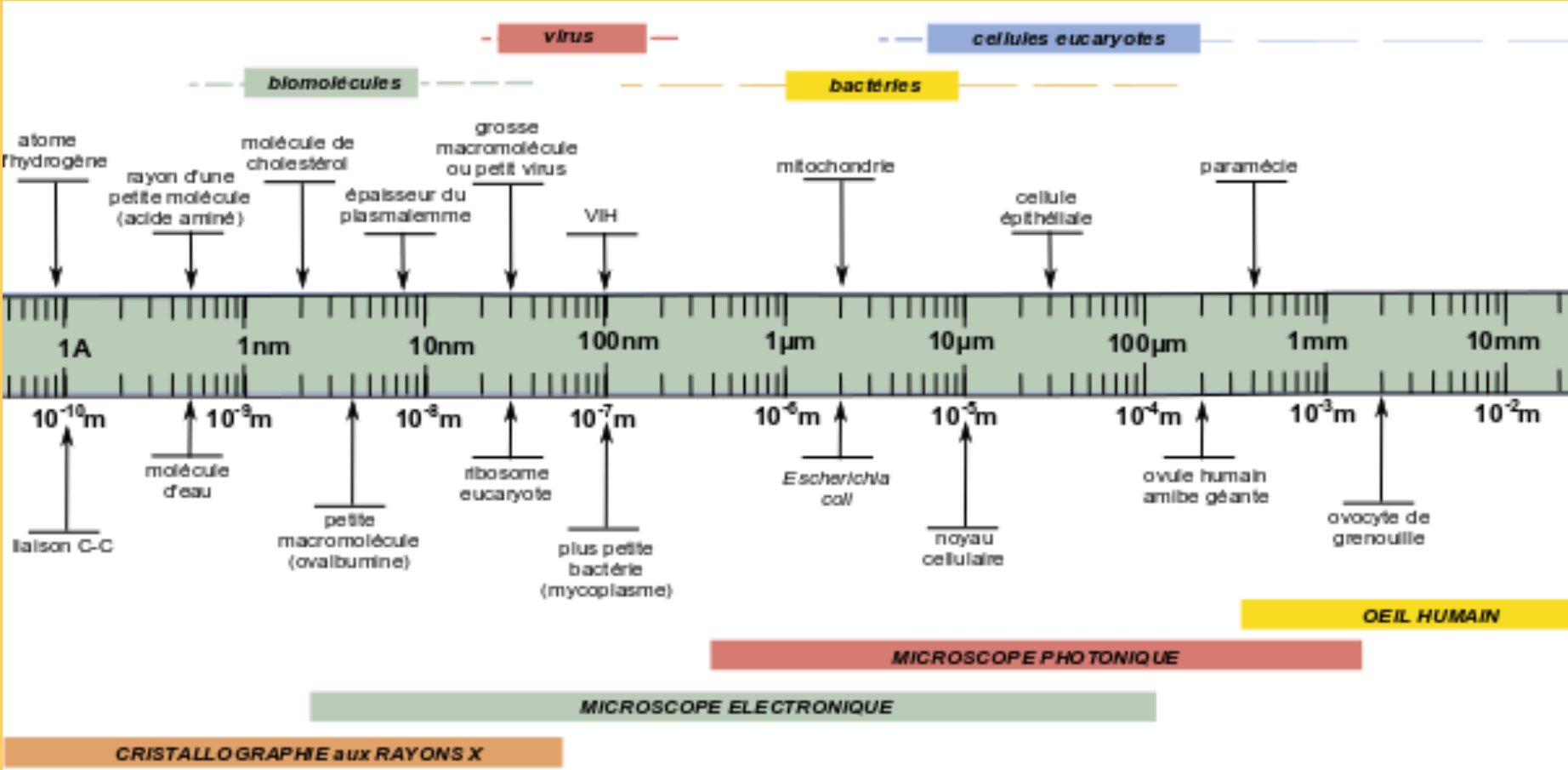


ULTRASTRUCTURES
CELLULAIRES,
ÉLECTRONOGRAPHIES
ET IMAGES AU M.O

Echelle de dimensions



ESTIMER LE DIAMÈTRE DU CHAMP D'UN MICROSCOPE

En utilisant une règle graduée transparente placée sur la platine, on peut déterminer à faible grossissement le diamètre du champ observé. Ainsi, pour l'association $10 \times 4 = 40 \times$ (grossissement oculaire \times grossissement objectif), le diamètre est de 4,5 mm environ. Au grossissement 100x (10×10), il passe à 1,8 mm ($4,5 \times (40/100)$) et au grossissement 400x (10×40), il représente 450 μm ($4,5 \times (40/400)$ ou $(1,8 \times (100/400))$).

Exemple d'application (in T.L et F.F JAHN, 1949)

Ici, le champ de l'objectif 10x a un diamètre d'environ 1600 μm .

En vous servant de cette méthode sur un objectif faible, vous pouvez estimer le champ de votre objectif le plus puissant à l'aide d'une simple « règle de trois ». Si votre objectif est un 43x (par exemple), vous pouvez faire ce calcul : $1600 / (43/10) = 372$. (Ceci est valable pour tout autre objectif).

Avec cette méthode, il est possible d'estimer sans trop d'écart les dimensions d'un objet qui fait 1/5^{ème} du champ (c'est à dire 250-300 μm pour le 10x et 70-80 μm pour le 43x).

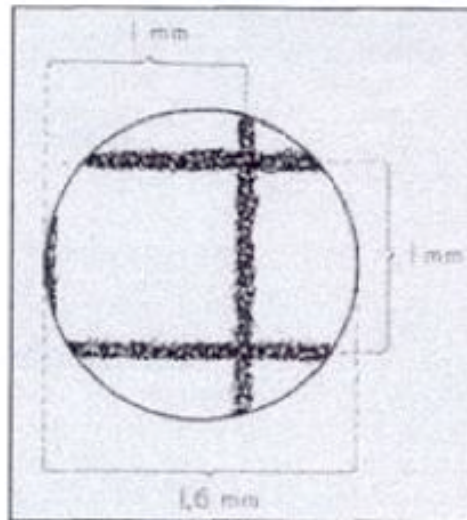


Figure 1.

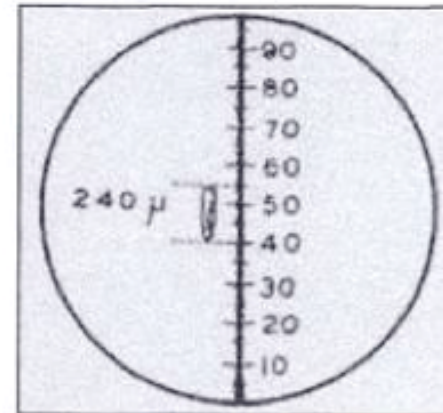


Figure 2.

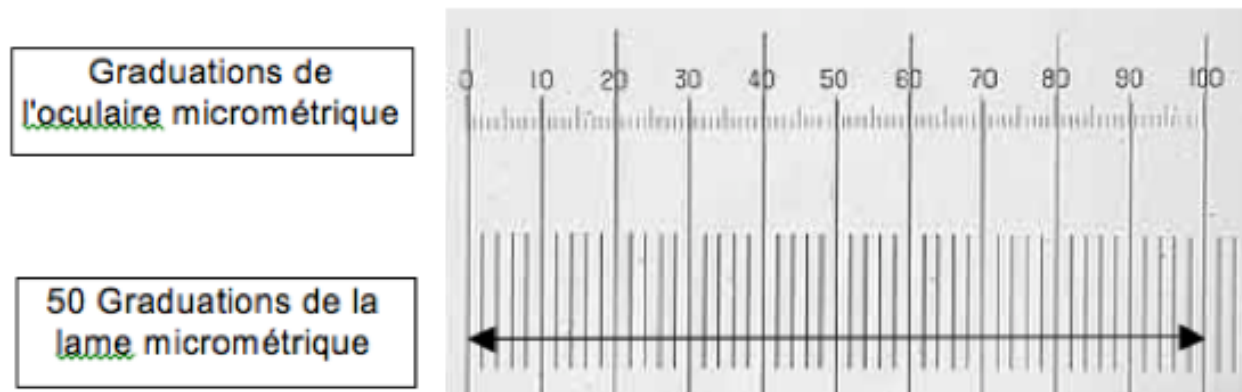
REALISER UNE MESURE AVEC UN OCULAIRE MICROMETRIQUE

Etalonner

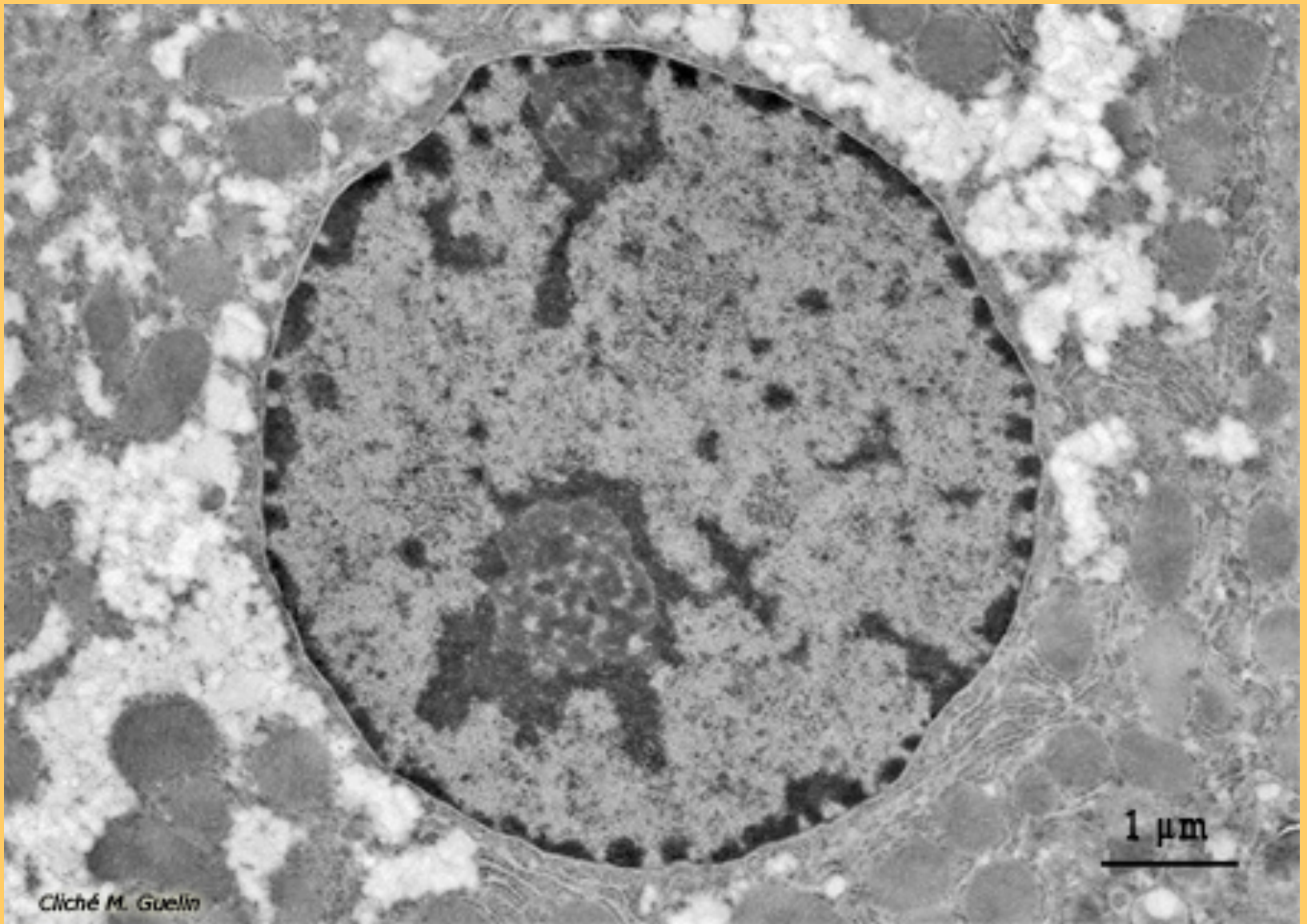
- ✓ **Mettre** en place la lame micrométrique et l'oculaire microscopique puis **choisir** l'objectif à étalonner et **effectuer** la mise au point sur le segment gradué de la lame micrométrique.
- ✓ **Aligner** les deux graduations en tournant la lame et/ou l'oculaire micrométrique et **faire coïncider** leurs origines.
- ✓ **Etablir** l'échelle donnant la valeur réelle, en μm , d'une graduation de l'oculaire micrométrique.

Mesurer

- ✓ **Enlever** la lame micrométrique et **placer** la lame sur laquelle se trouve l'échantillon à mesurer.
- ✓ **Déterminer** la taille de l'échantillon en utilisant l'échelle pour l'objectif sélectionné.



Dans l'exemple ci-contre, les 50 graduations de la lame micrométrique correspondent à $500 \mu\text{m}$. Pour ce grossissement, 10 petites graduations de l'oculaire micrométrique correspondent à 5 graduations de la lame et représentent donc $50 \mu\text{m}$ en réalité.



Grossissement x 8000

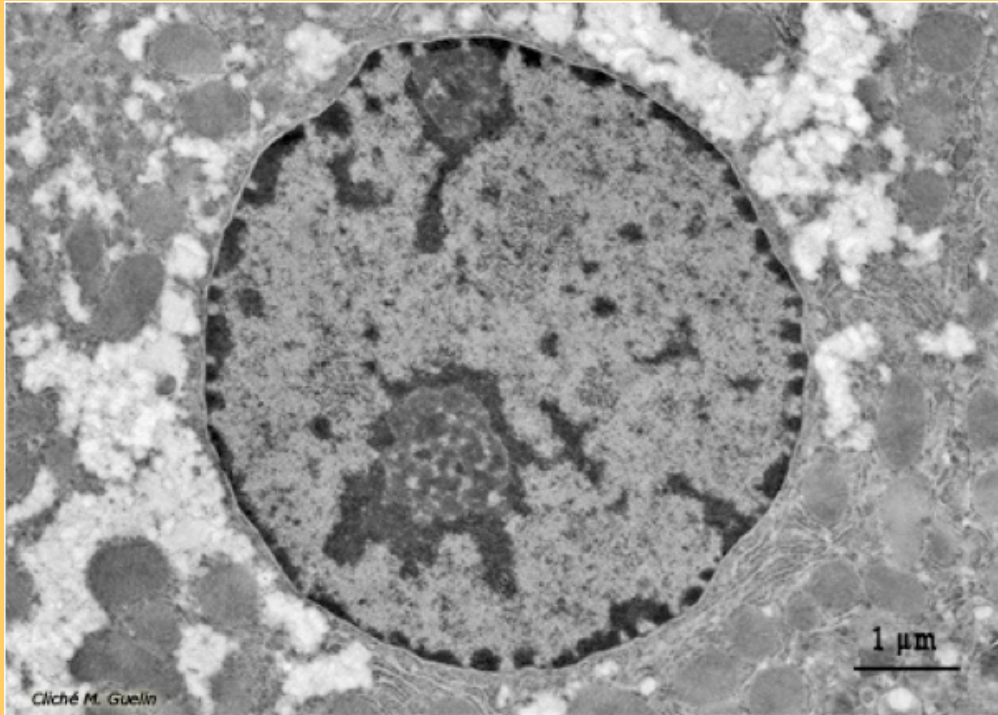
Les étapes de la diagnose

Type de microscopie : grossissement de 8000, document en noir et blanc sans impression de relief : cliché de microscopie électronique à transmission. Remarque : la valeur du grossissement éventuellement indiquée n'est pas un critère absolu car certains clichés peuvent être agrandis.

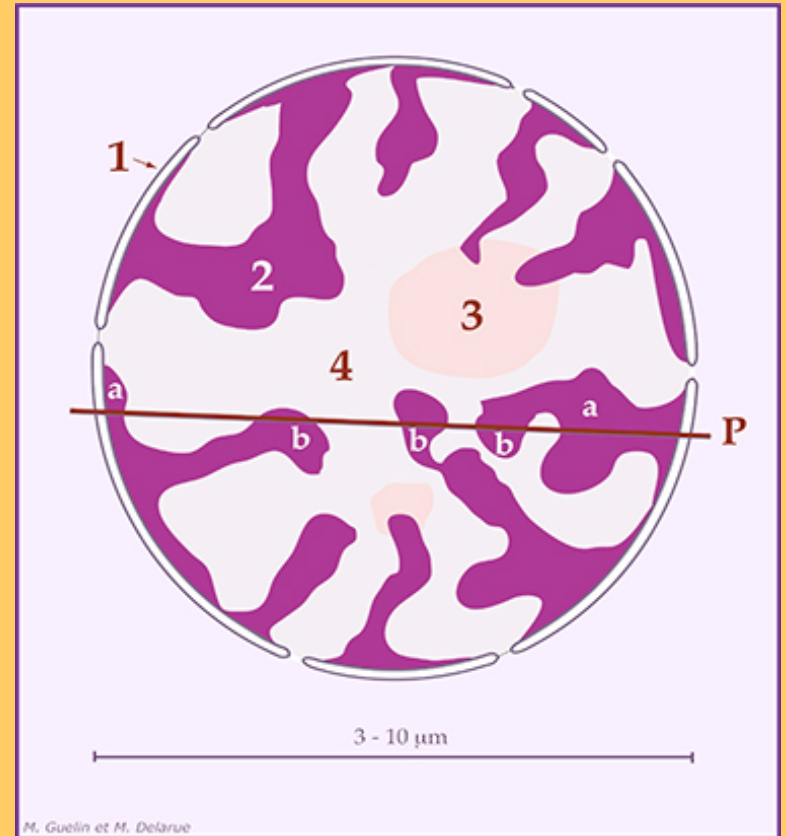
Type de structure : identification des limites des structures principales ; existence d'une structure centrale globalement circulaire (diamètre d'environ 8 μm). Il pourrait s'agir d'une petite cellule d'après sa taille. Cependant elle est délimitée par deux membranes séparées par un espace, à savoir une **enveloppe**. 3 organites sont délimités par une enveloppe : mitochondrie, chloroplaste et noyau. L'absence de structures membranaires internes atteste d'un **noyau** dont on reconnaît divers composants : nucléole, eu- et hétérochromatine. Le noyau est entouré de cytoplasme comportant de nombreux saccules de reticulum endoplasmique.

Nature de la cellule : l'absence de limite périphérique, de plastes, ne permet pas de conclure à la nature, animale ou végétale de cette cellule. L'abondance de reticulum endoplasmique peut suggérer une **cellule à activité de synthèse élevée**.

Remarque : une analyse trop rapide (négligeant l'échelle et les limites structurales) peut conduire à une interprétation erronée : le noyau étant pris pour une cellule, le nucléole pour un noyau, et la partie périphérique pour une MEC .



<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia>



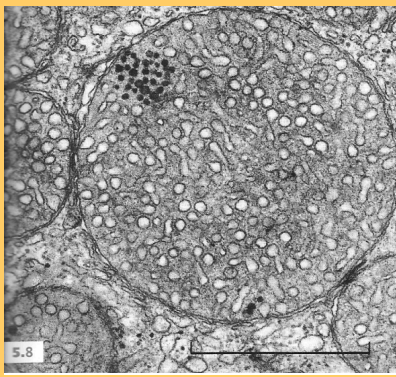
3 constituants structuraux de base dans un noyau interphasique :

1 - ENVELOPPE NUCLÉAIRE ;

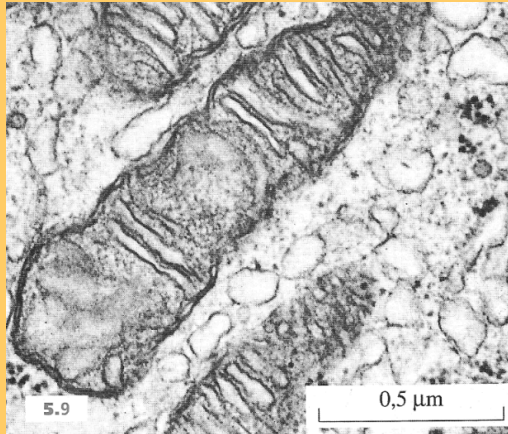
2 - CHROMATINE, chromosomes partiellement décondensés pendant l'interphase.

3 - NUCLÉOLE, site de la fabrication des ribosomes (ici : deux)

L'espace laissé libre entre chromatine et nucléoles est le nucléoplasme, réduit à des travées appelées "espaces interchromatiniens" (4)



MET x 37 000



MET x 70 000



MET x 50 000

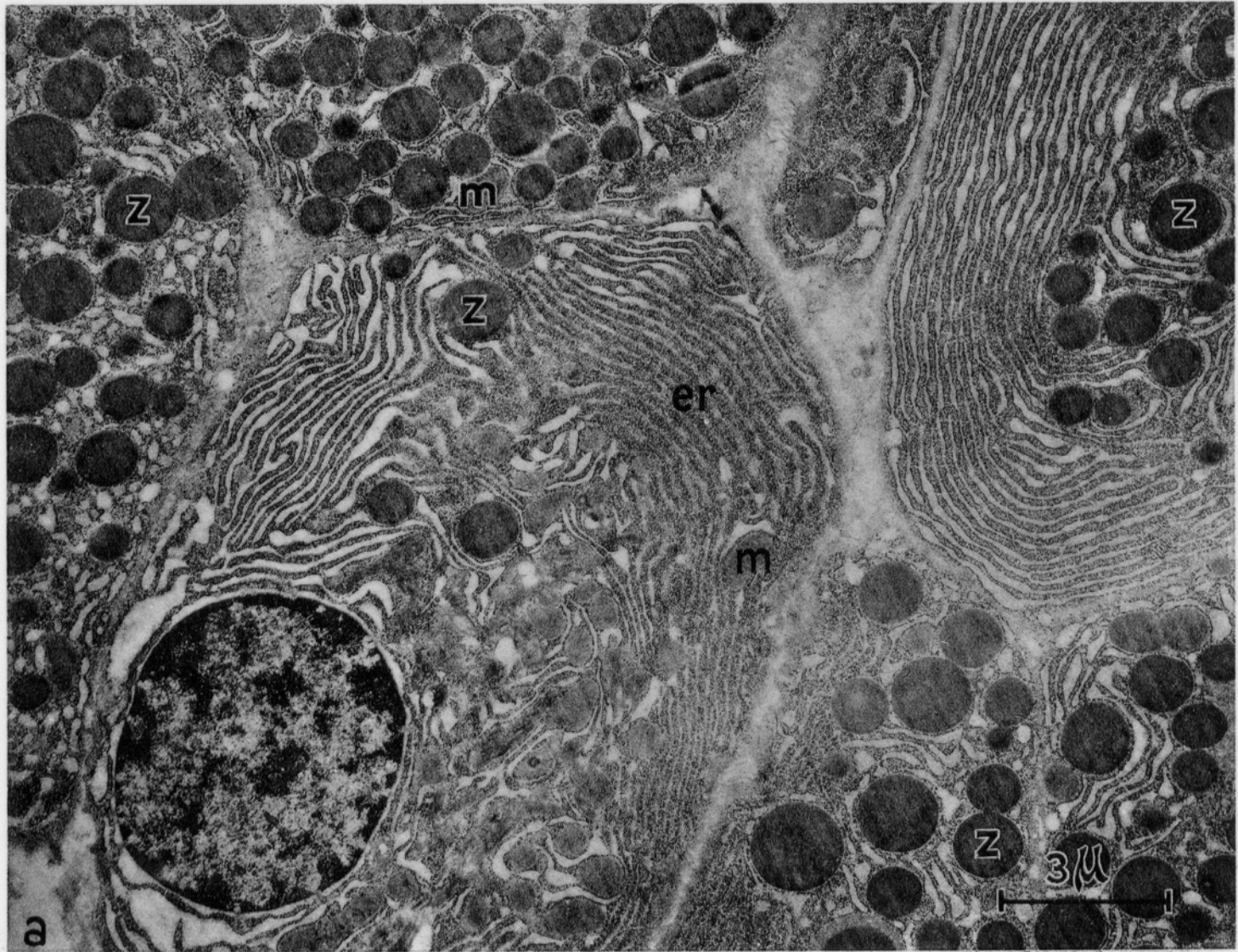
Organite	Description et fonctions
Noyau	
Mitochondrie(s)	
Chloroplaste(s)	
Réticulum endoplasmique	
Appareil de Golgi	
Peroxisomes	
Vacuole	

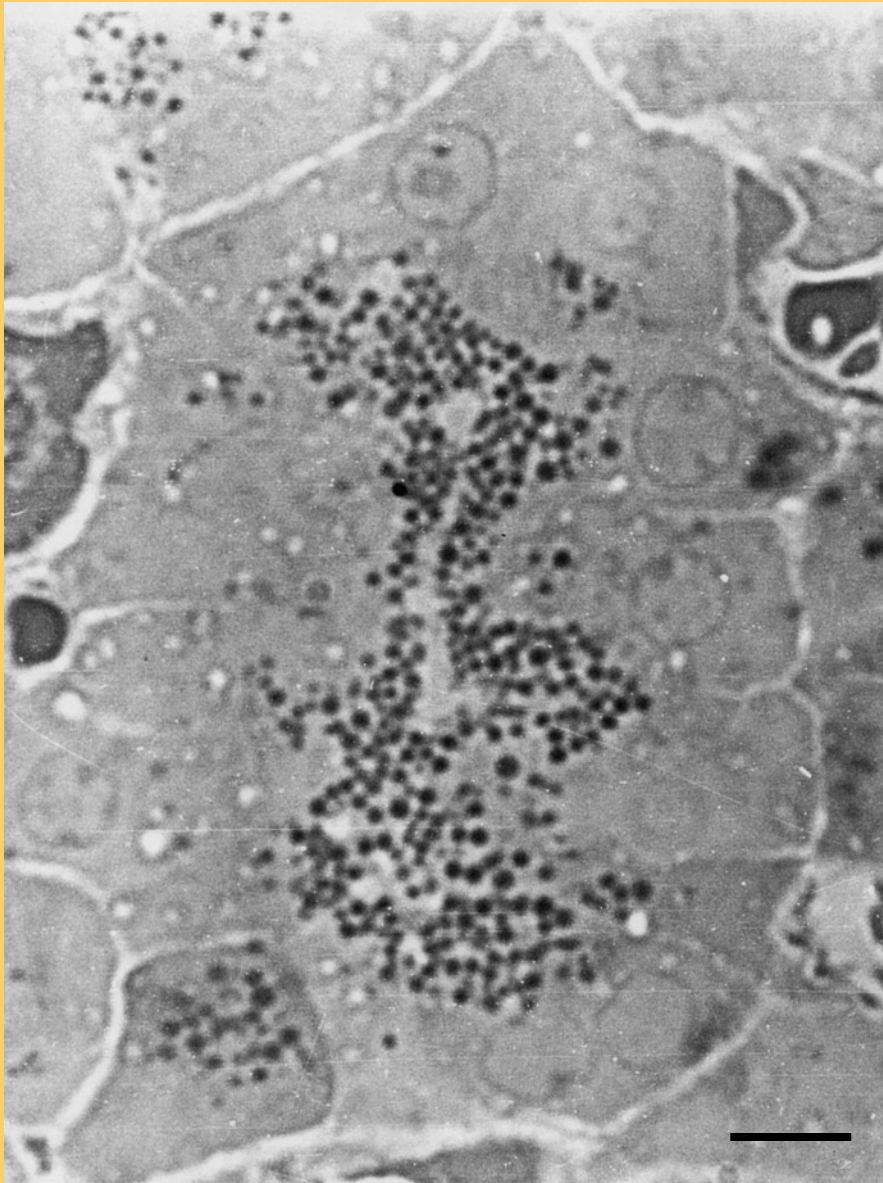
Mitochondries à crêtes tubulaires. Glande corticosurrénale de Rat (x 37 000). Les crêtes tubulaires sont fréquentes dans les mitochondries des organes élaborant des stéroïdes. Certaines sont ramifiées. Elles occupent une grande part du volume mitochondrial.

Mitochondries à crêtes parallèles. Cellule conjonctive. Ovaire de Hamster (x 70 000).

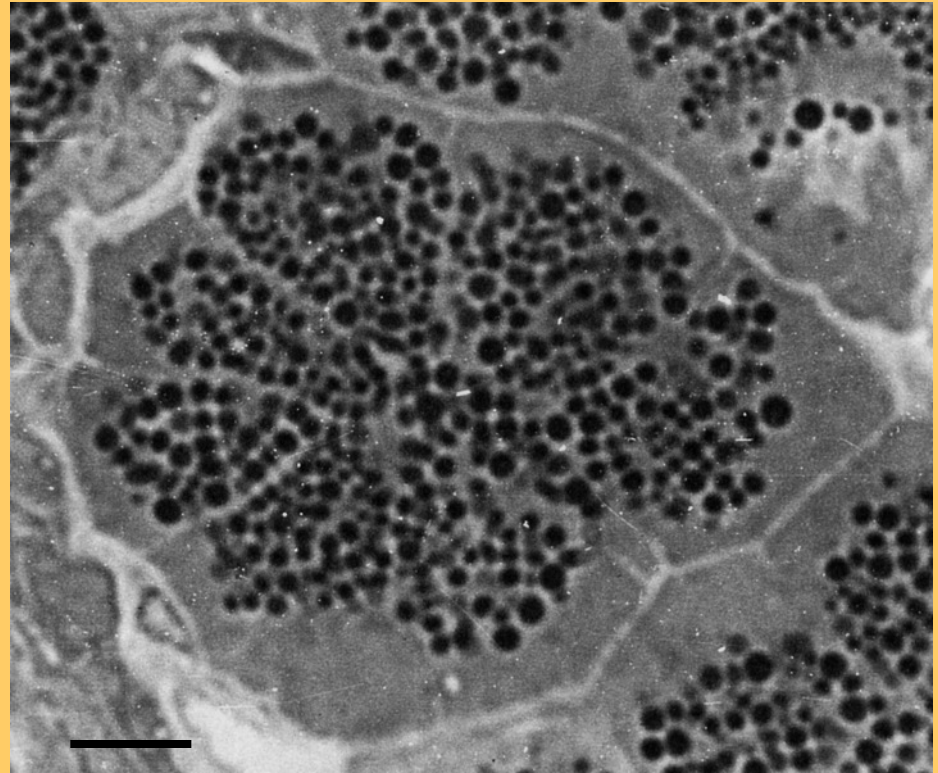
Structure polarisée d'un dictyosome. Spermatoocyte de rat (x 50 000)
Face de formation (cis) en bas et face de maturation (Trans) en haut

Organite	Description et fonctions
Noyau	Entouré par une double membrane interrompue par des pores nucléaires (export ARNm, import protéines cytosoliques). Contient le matériel génétique ADN associé à protéines, ARN. Hétérochromatine , condensée inactive. Euchromatine à structure lâche -> transcription, réplication. Nucléoles -> transcription ARNr. Maturation des ARN. Réparation de l'ADN.
Mitochondrie(s)	Entouré(es) par une double membrane ; système de membranes internes invaginées au sein d'une matrice. Semi-autonome : contient ADN circulaire. Lieu de la respiration aérobie : chaîne de transport d'électrons sur membrane interne jusqu'à un accepteur final (O ₂), établissement d'un gradient de protons utilisé pour formation d'ATP. Cycle Krebs, hélice de Lynen dans matrice.
Chloroplaste(s)	Entourés de 2 à 4 membranes selon taxons. Membranes internes thylacoidiennes , empilées (ou non) en grana . Lumen, stroma. Semi-autonome : contient ADN circulaire. Lieu de la photosynthèse : réactions photochimiques sur les membranes thylacoïdiennes, réactions biochimiques de fixation du carbone dans le stroma.
Réticulum endoplasmique	Simple membranes internes formant réseau de citernes et tubules REL et REG (ribosomes attachés sur membrane). REL : intervient dans synthèse des lipides et de tous les composés membranaires. REG : maturation des protéines, glycosylation.
Appareil de Golgi	Systèmes de citernes en continuité avec le REG. Classiquement, trois régions cis-median-trans + deux régions frontières avec RE et post-Golgien. Rôle dans trafic cellulaire : reçoit matériel du RE, le modifie, l'exporte. Modifications : activations, glycosylations, sulfatations etc. Tri des protéines et adressage .
Peroxisomes	Vésicules entourés d'une simple membrane . Matrice riche en enzymes oxydantes, dont les oxydases permettant la détoxification des espèces activées de l'oxygène (H ₂ O ₂ , O ₂). Rôle dans la photorespiration (ox glycolate).
Vacuole	Entourée par une simple membrane (tonoplaste), riche en pompes ioniques. Fonction dans la turgescence cellulaire. Lieu de stockage (pigments : anthocyanes, flavonoïdes; métabolites secondaires : alcaloïdes, tannins), rôle détoxification et défense (lié à stockage).

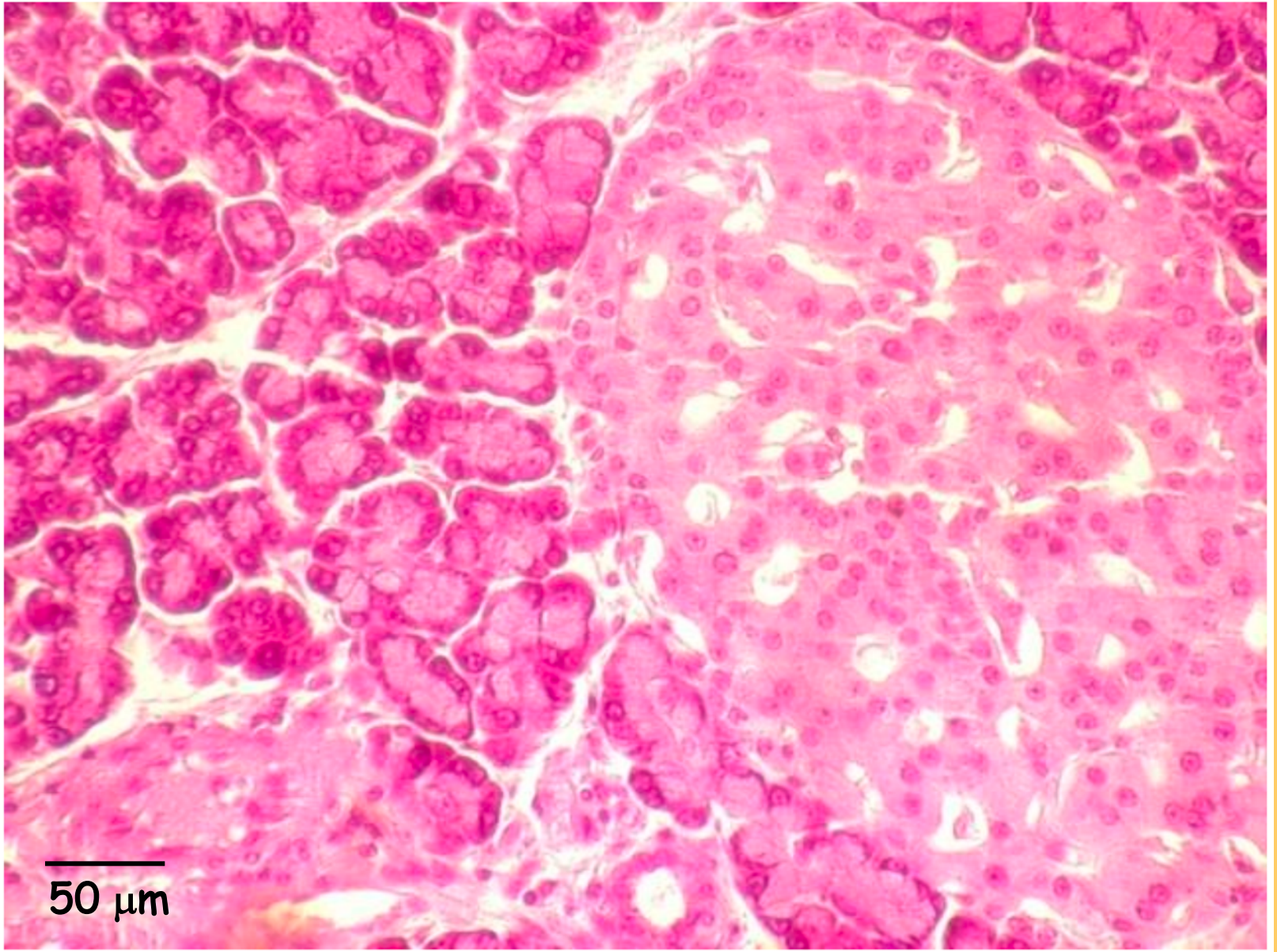




5 μm

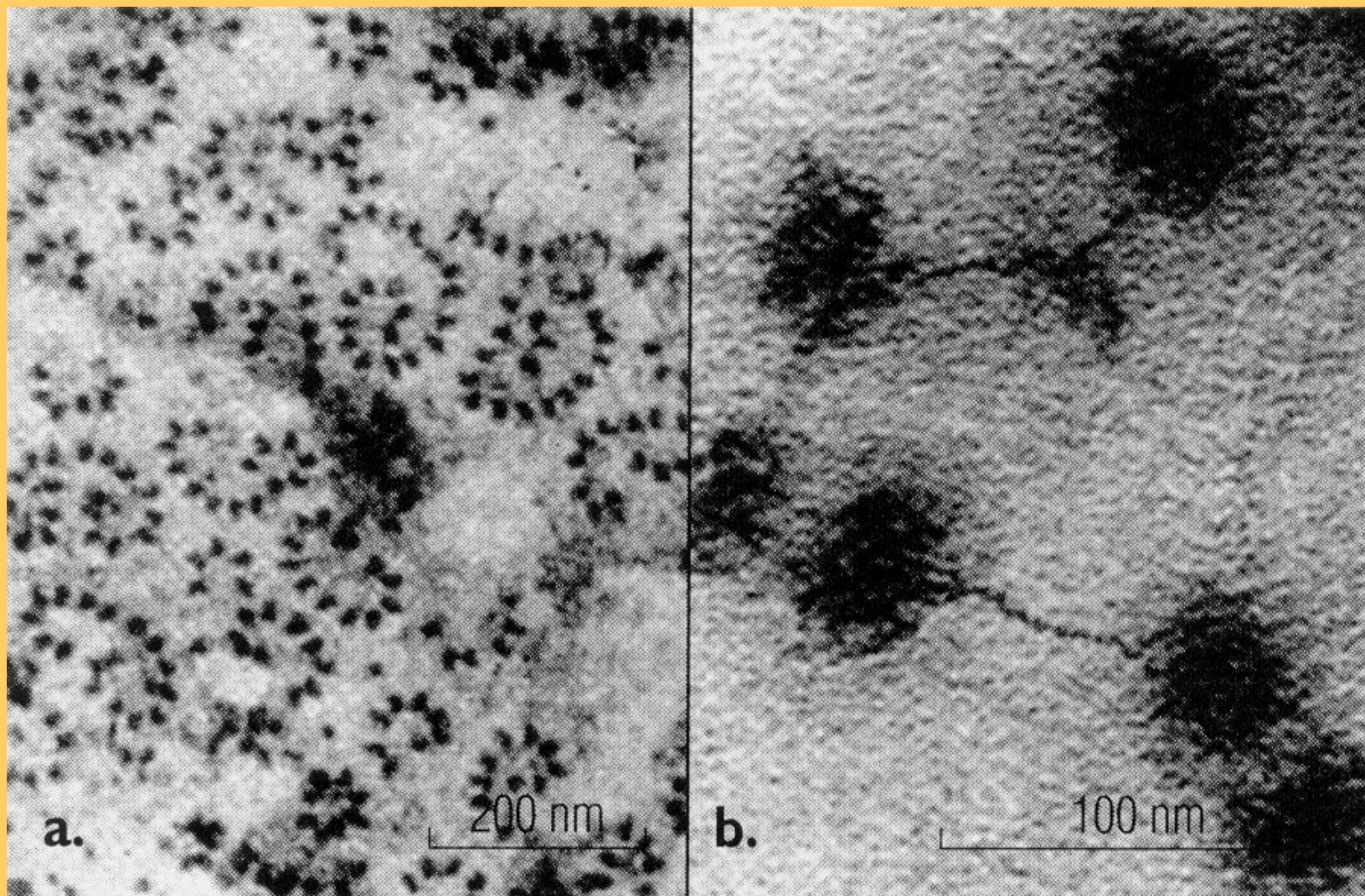


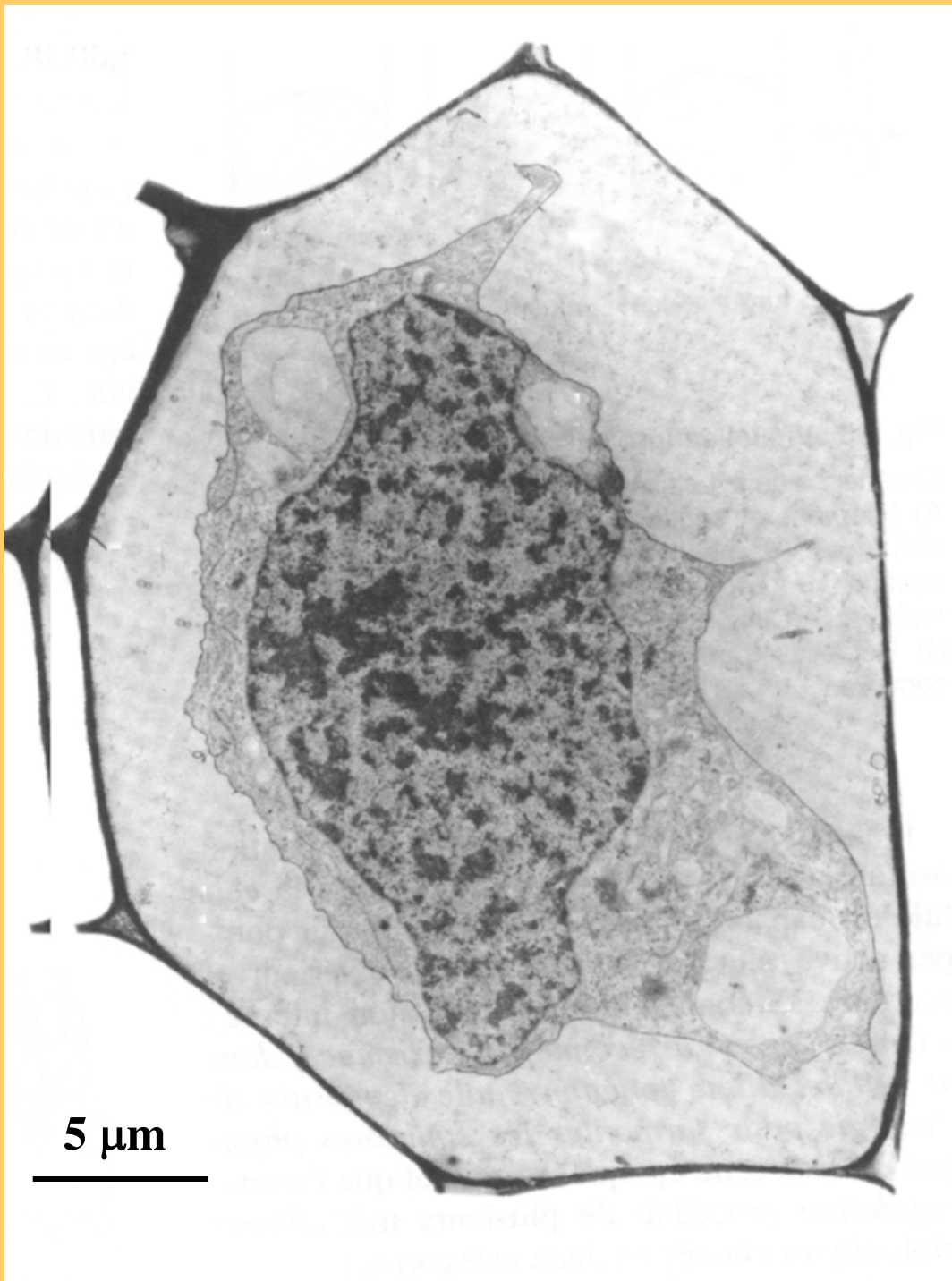
5 μm

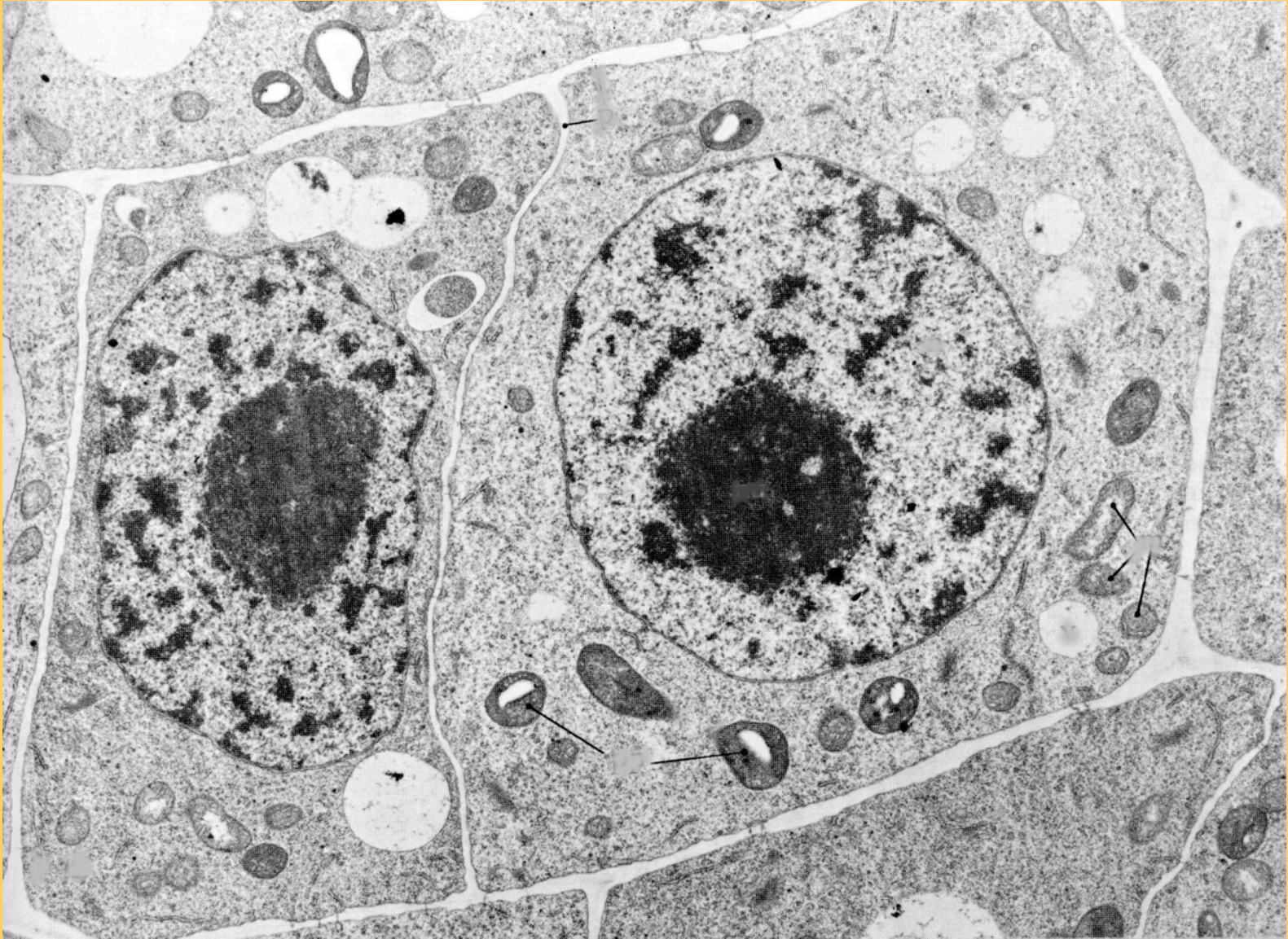


50 μm

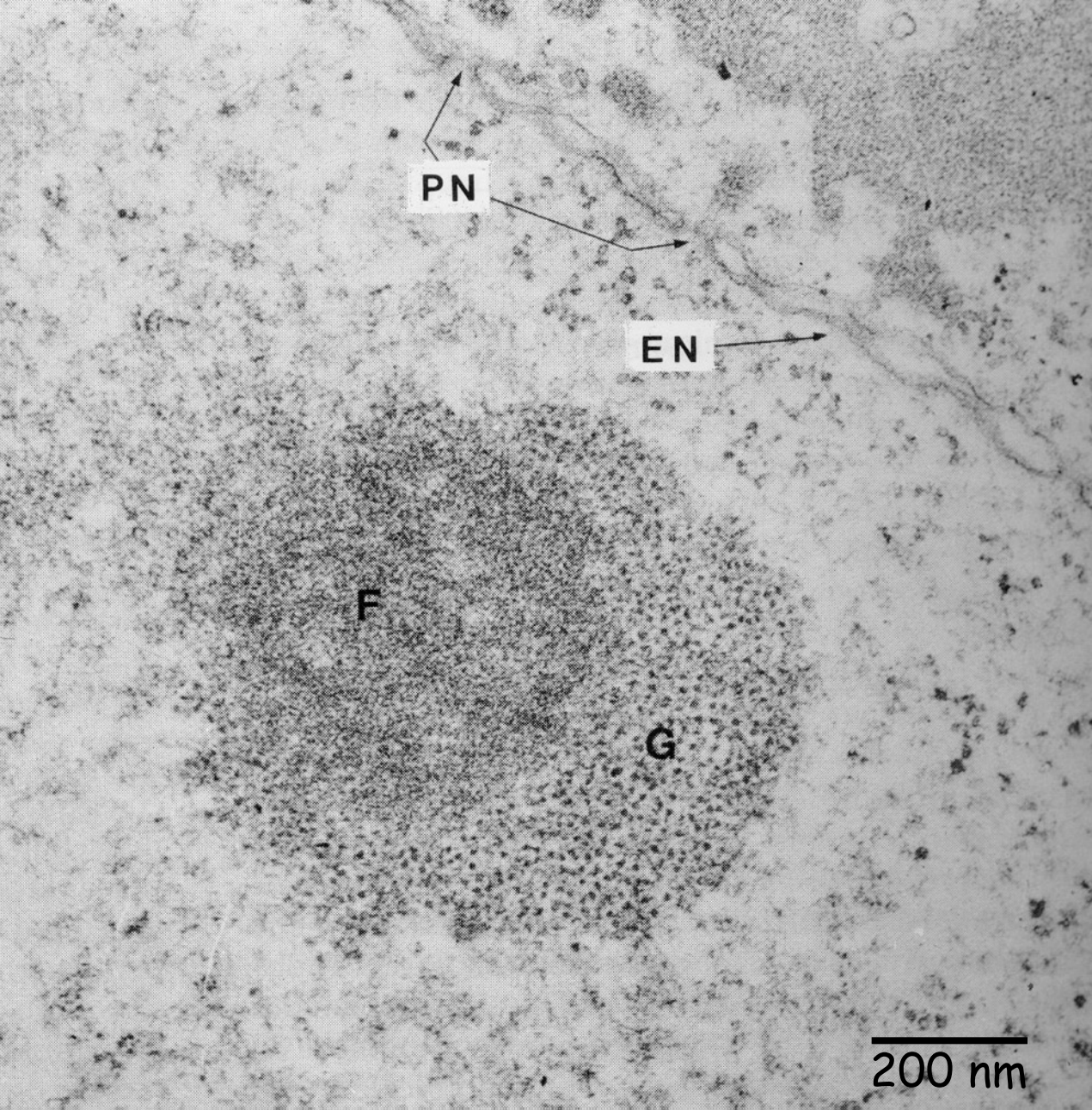
M.O X 125

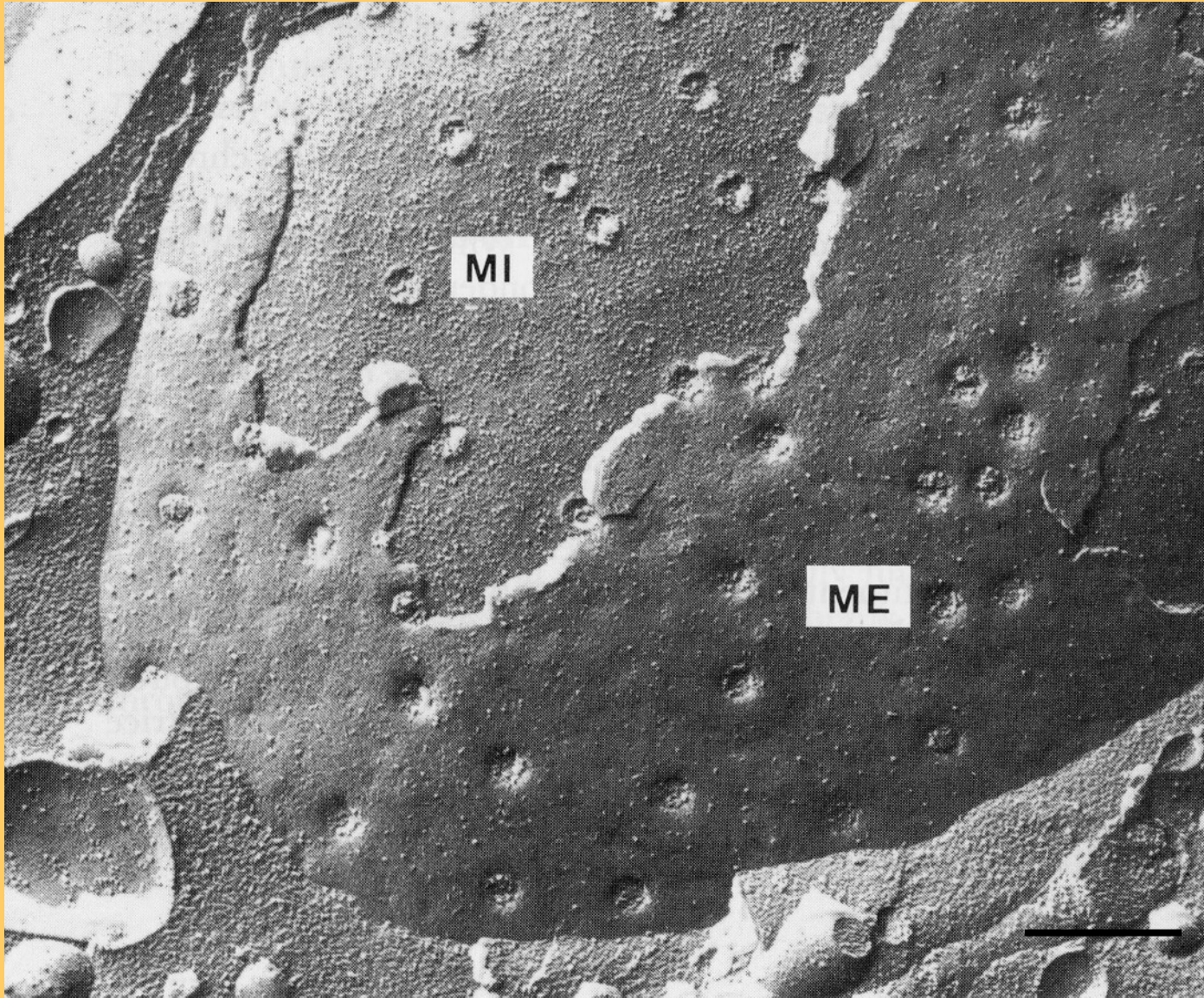






5 μm





MI

ME

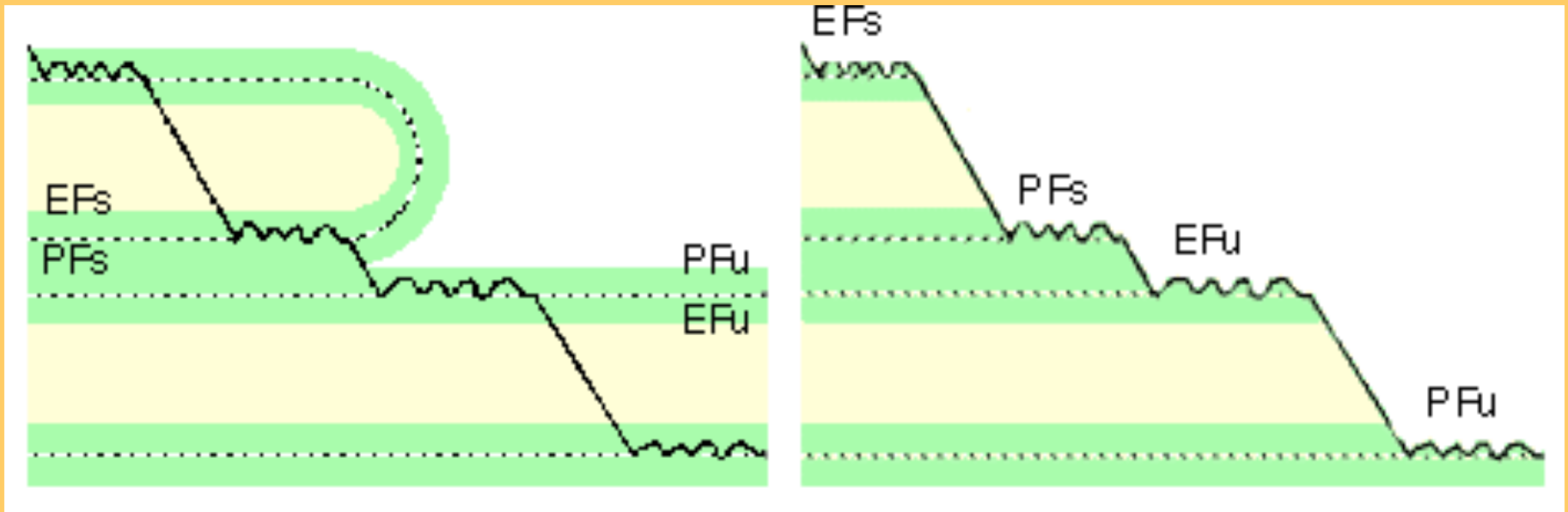


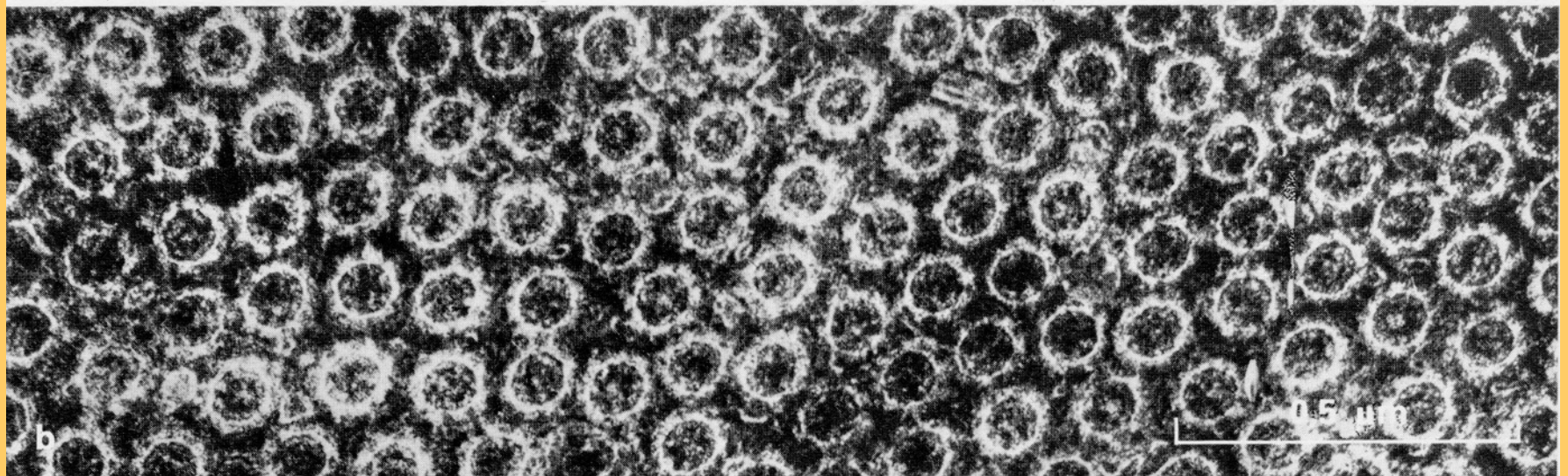
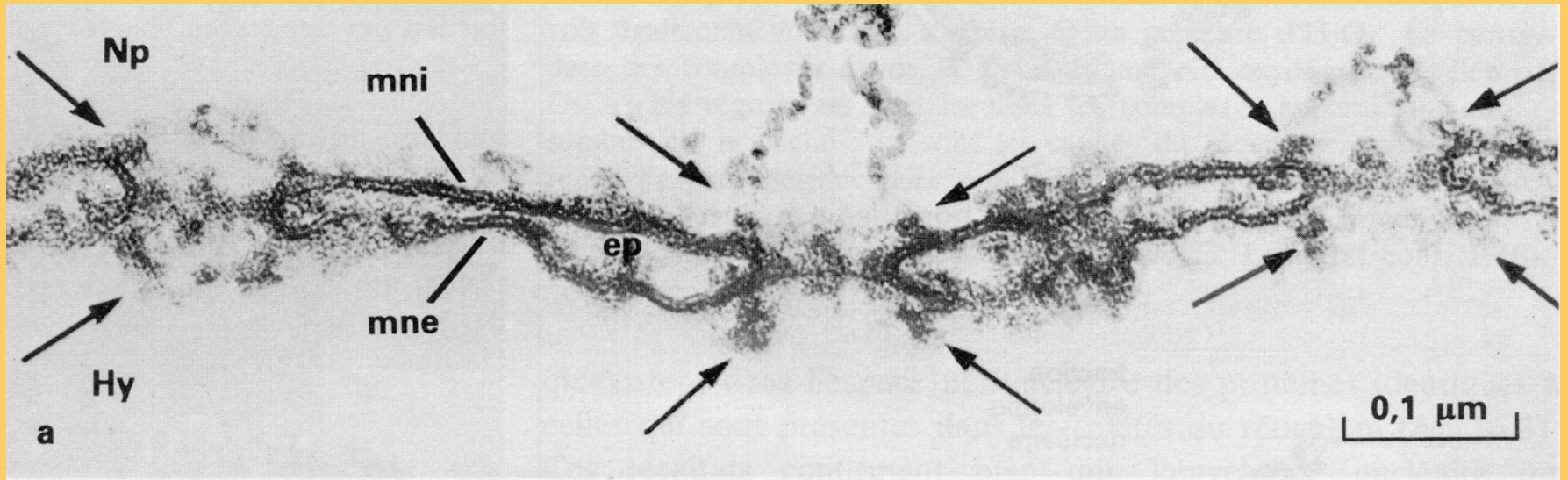
2 μm

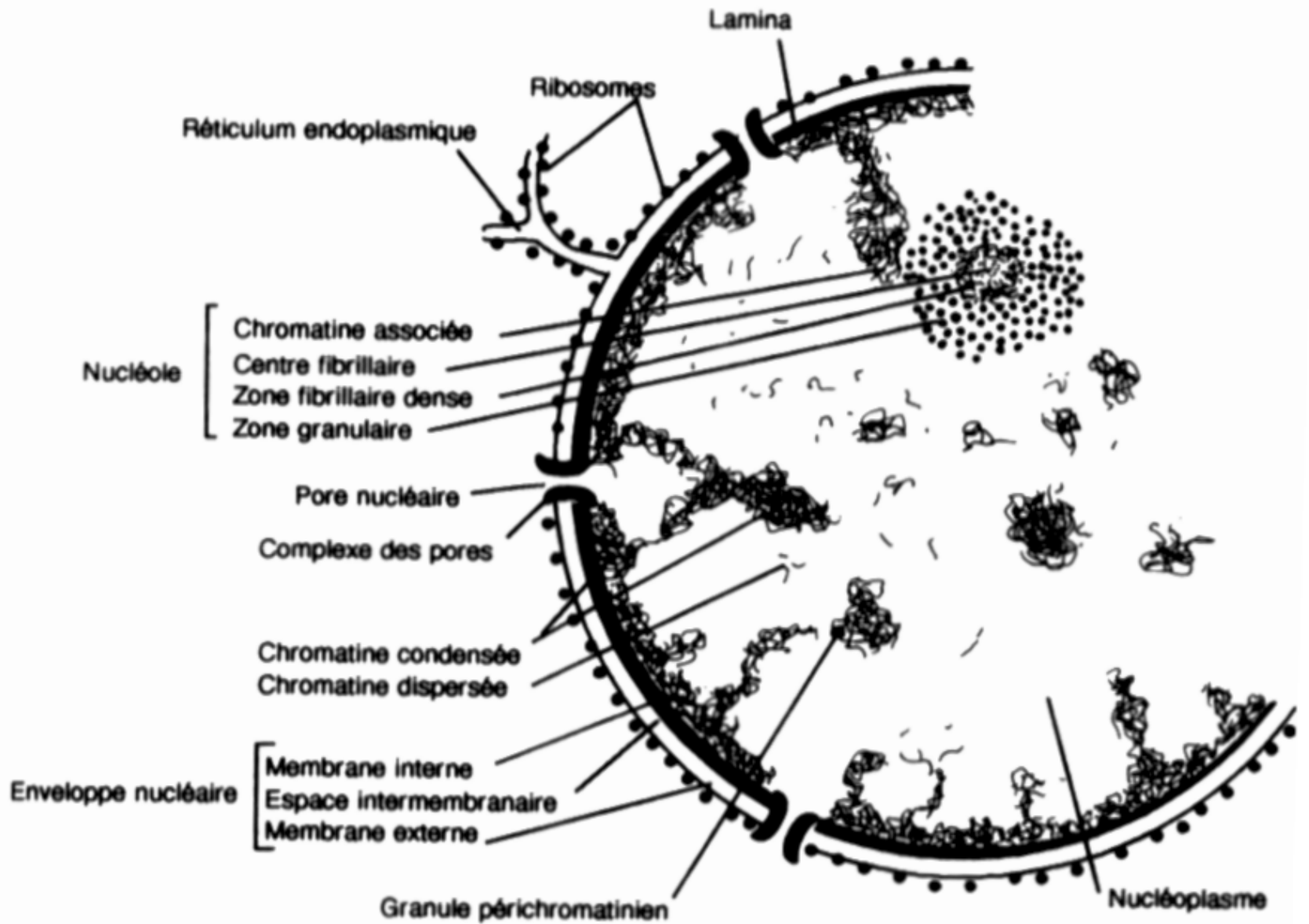
La cryofracture consiste à geler un échantillon dans l'azote liquide (-170°C), puis dans une enceinte sous vide à :

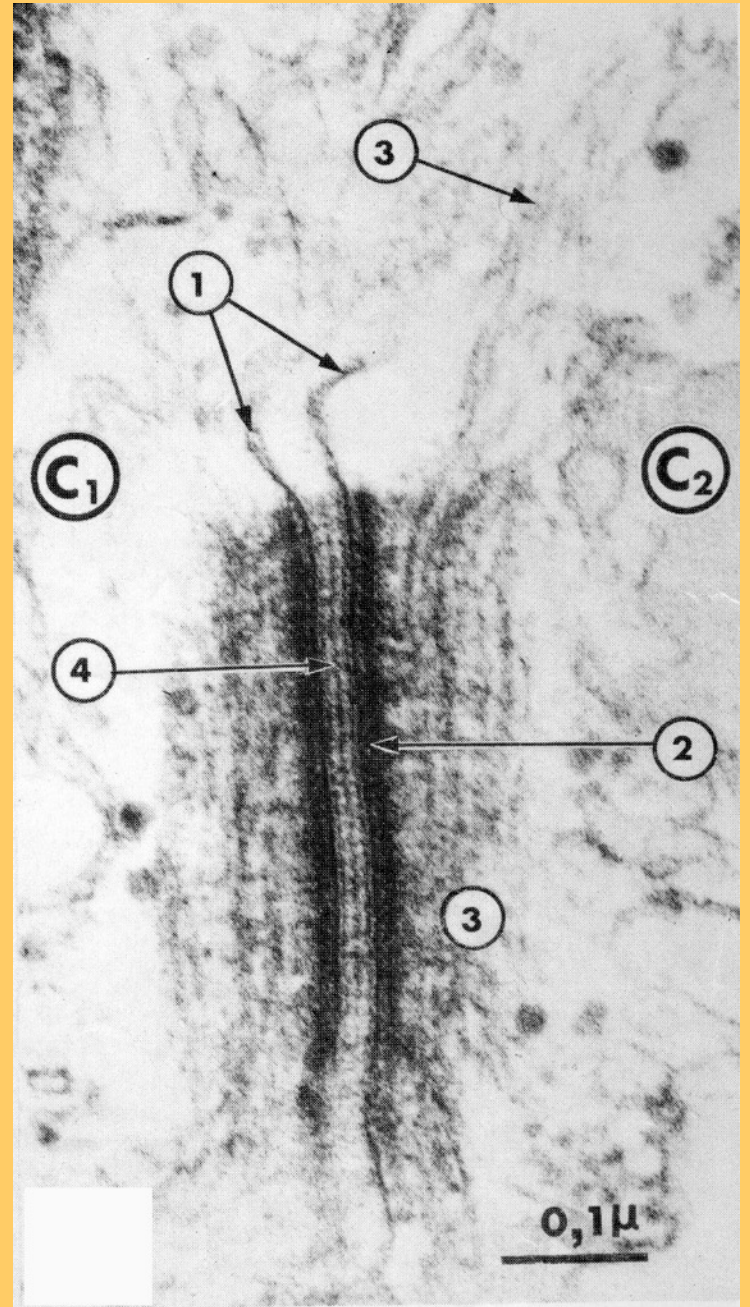
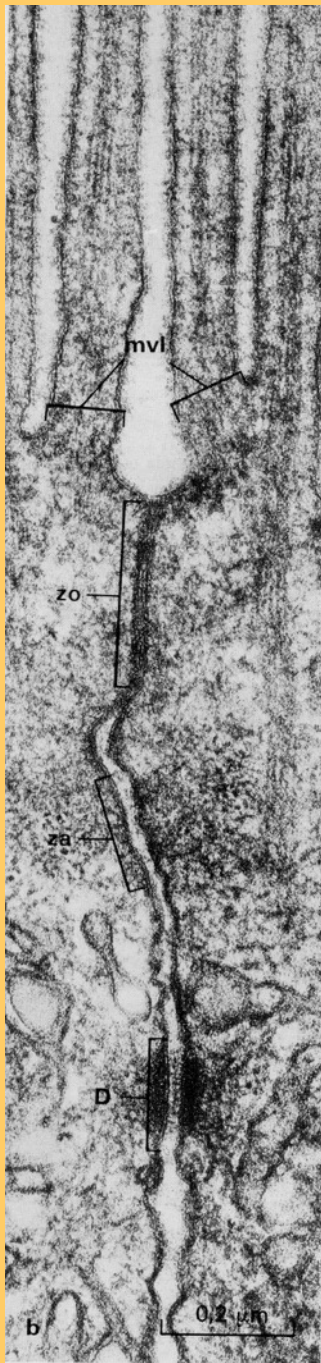
- ✓ casser cet échantillon avec une lame ; la fracture passe par des régions de moindre résistance, c'est à dire au milieu de la double couche lipidique des membranes,
- ✓ Vaporiser avec un angle un métal lourd qui va se déposer de manière dissymétrique (ombrage) selon le relief de la section (un métal lourd est opaque aux électrons),
- ✓ Vaporiser du carbone sur toute la surface. Celui-ci constitue donc un moulage de la surface englobant le dépôt de métal,
- ✓ Réchauffer l'ensemble et nettoyer pour enlever l'échantillon biologique,
- ✓ Observer la réplique (moulage de carbone et ombrage) au microscope électronique à transmission.

Le schéma ci-dessous permet de définir les différents types d'hémimembranes.

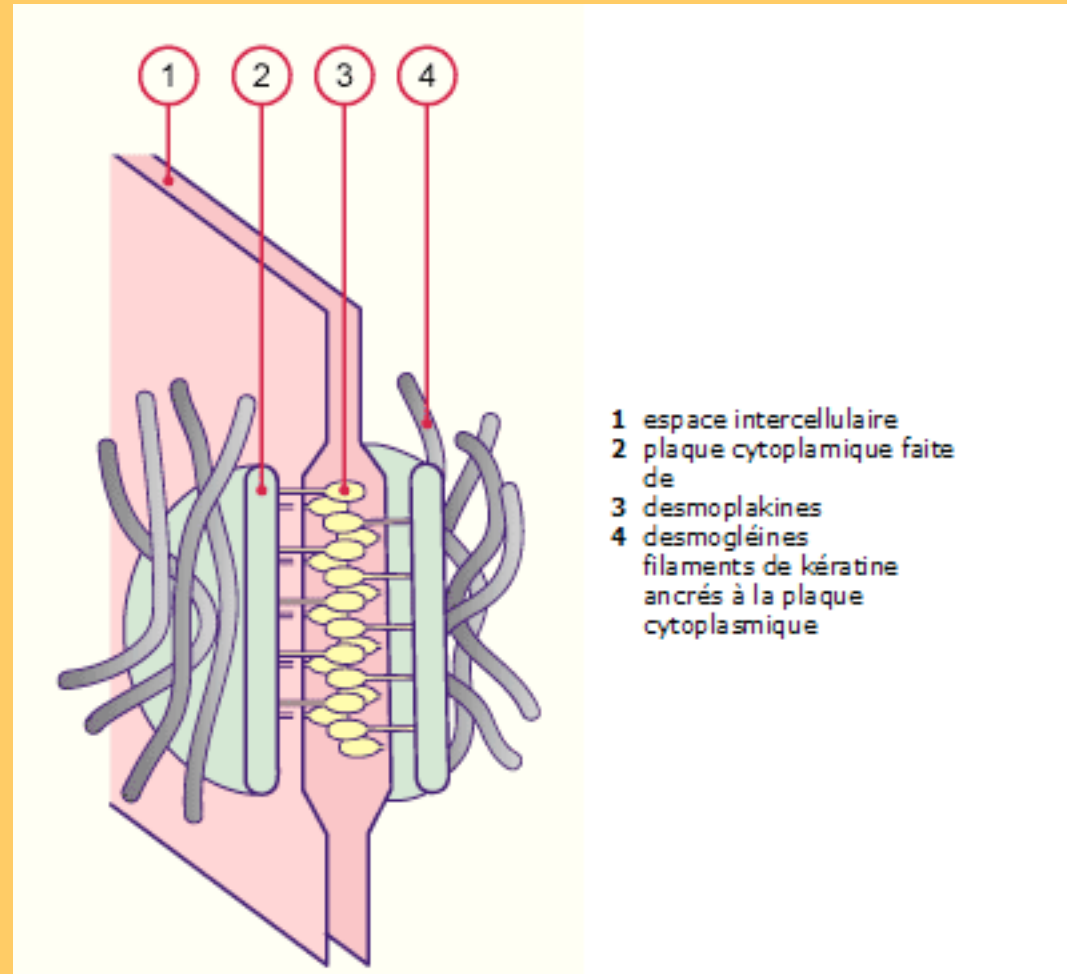
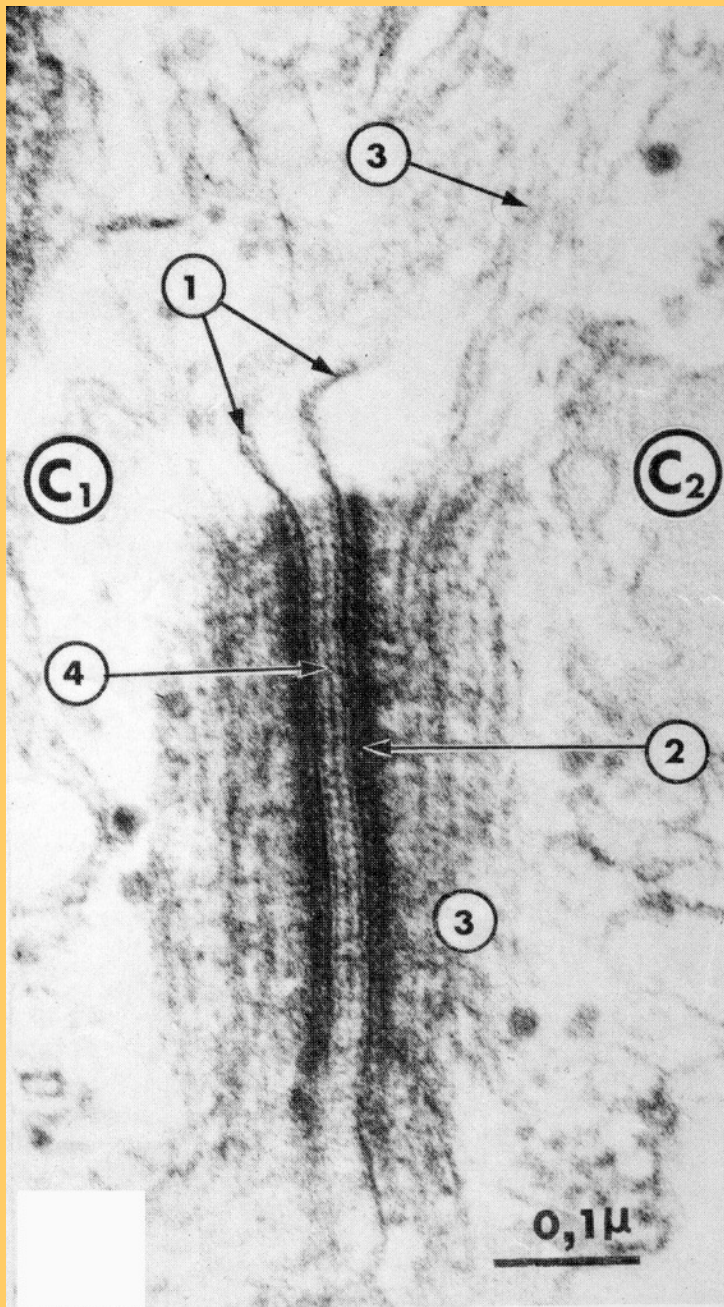






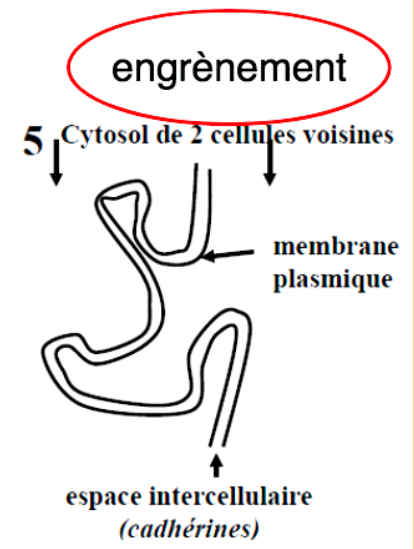
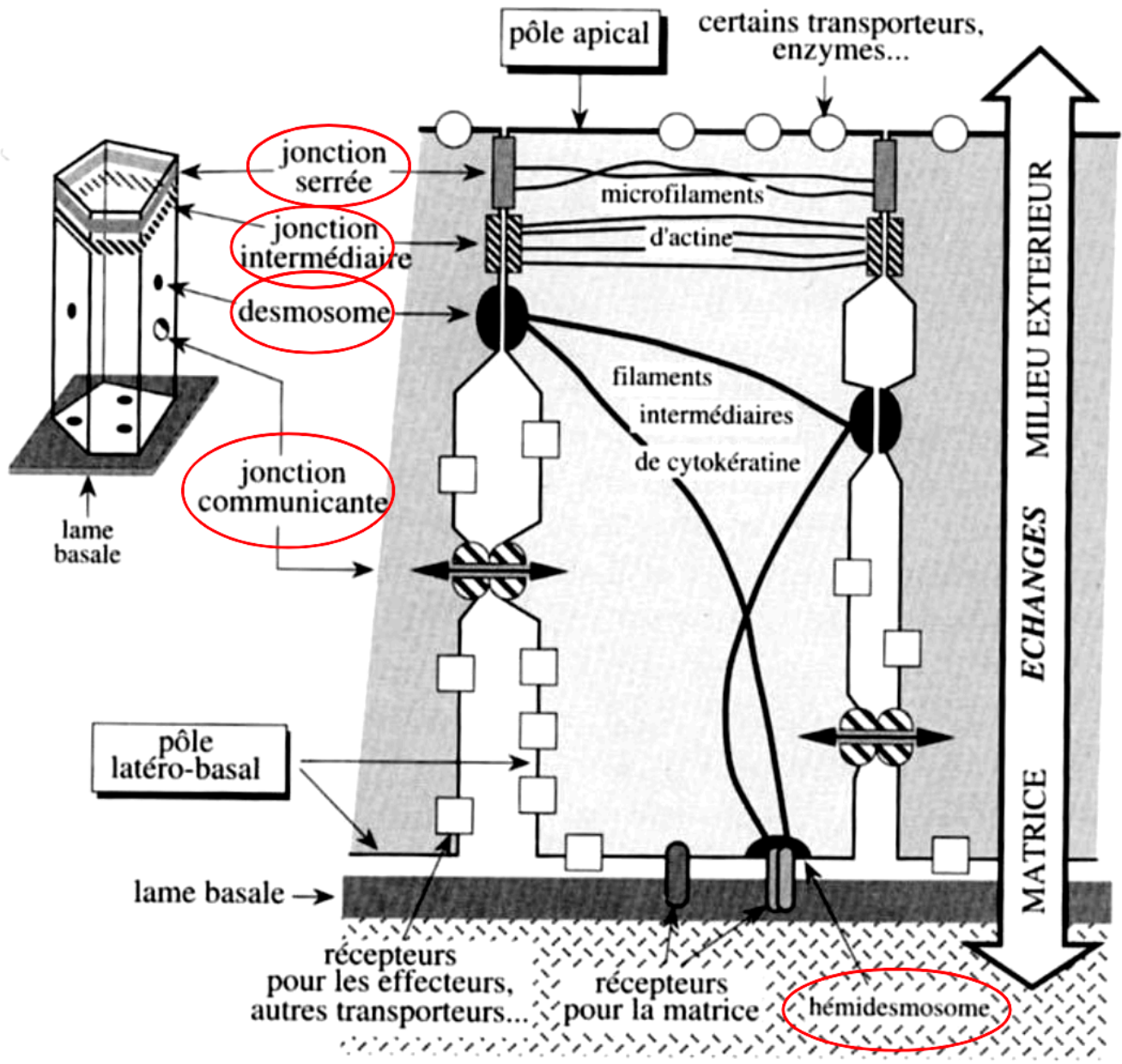


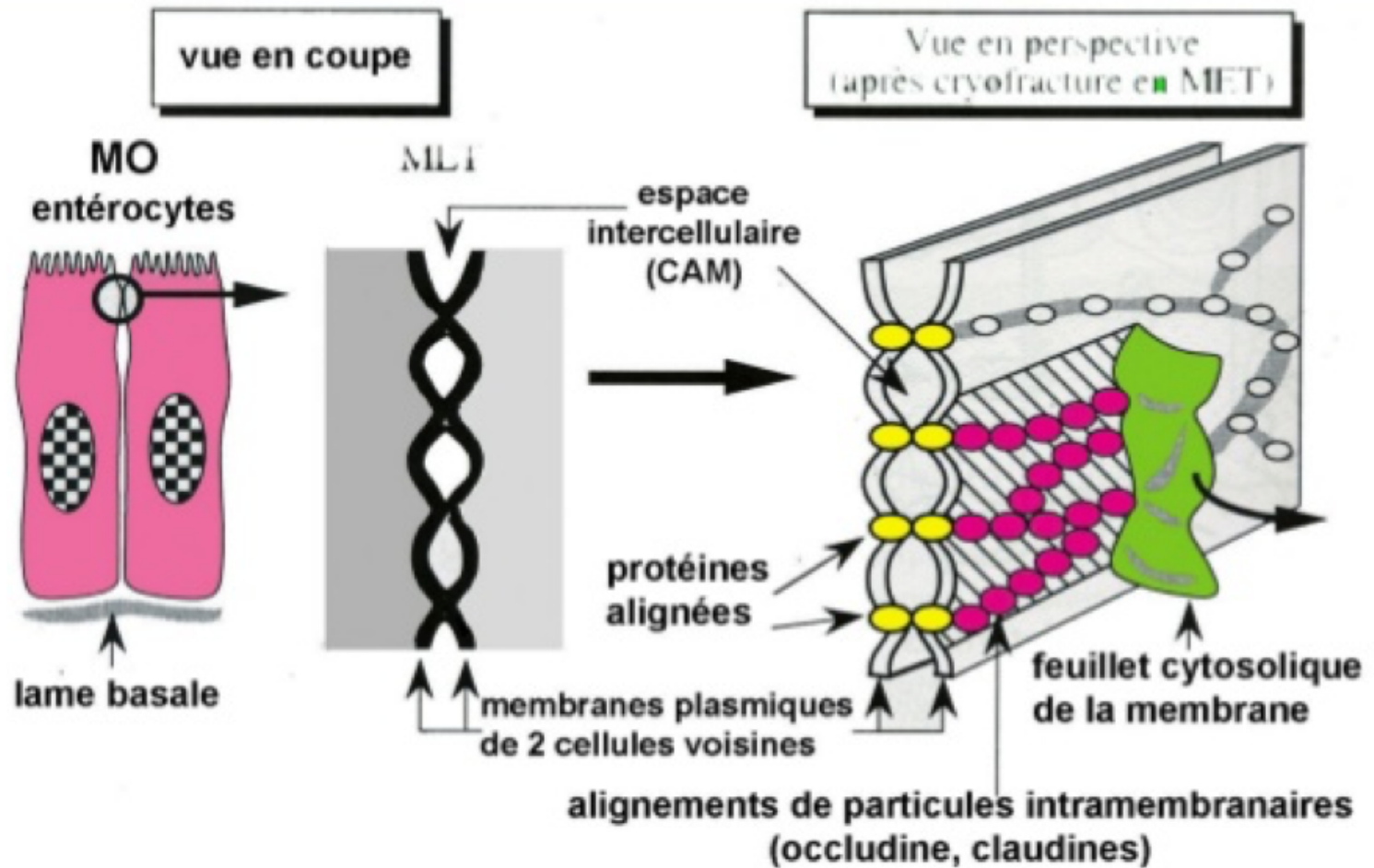
Macula occludens = desmosome
Macula = tâche





Zonula occludens = Tight junction = jonction serrée
Zonula = ceinture





Jonction serrée (= Zonula occludens)



Encart : X 76500

X 36 000

3 μm

Capillaire continu
(au niveau musculaire)

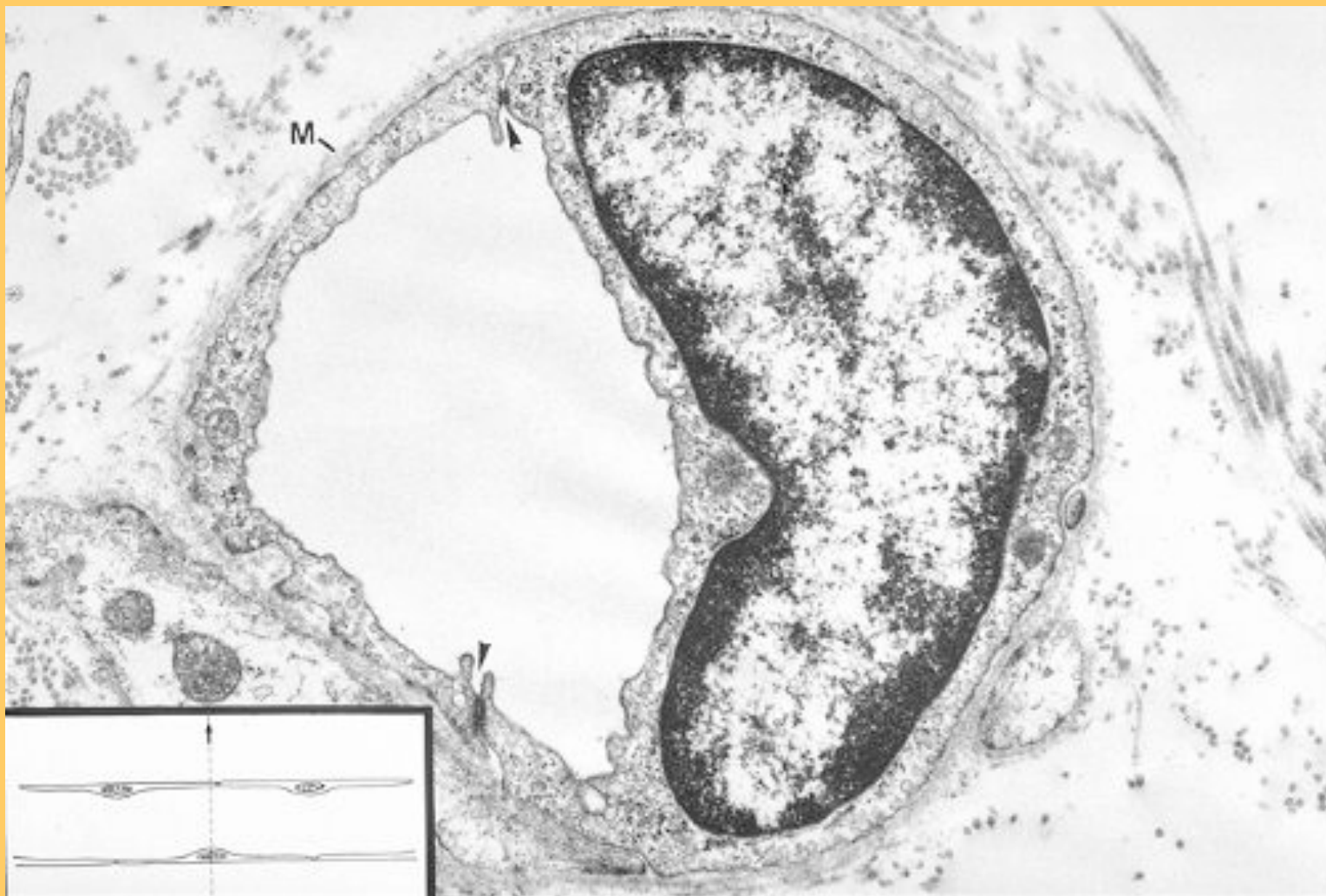
Lumière du
capillaire

Cellule endothéliale
sécrétrice

Appareil de golgi

Lame basale

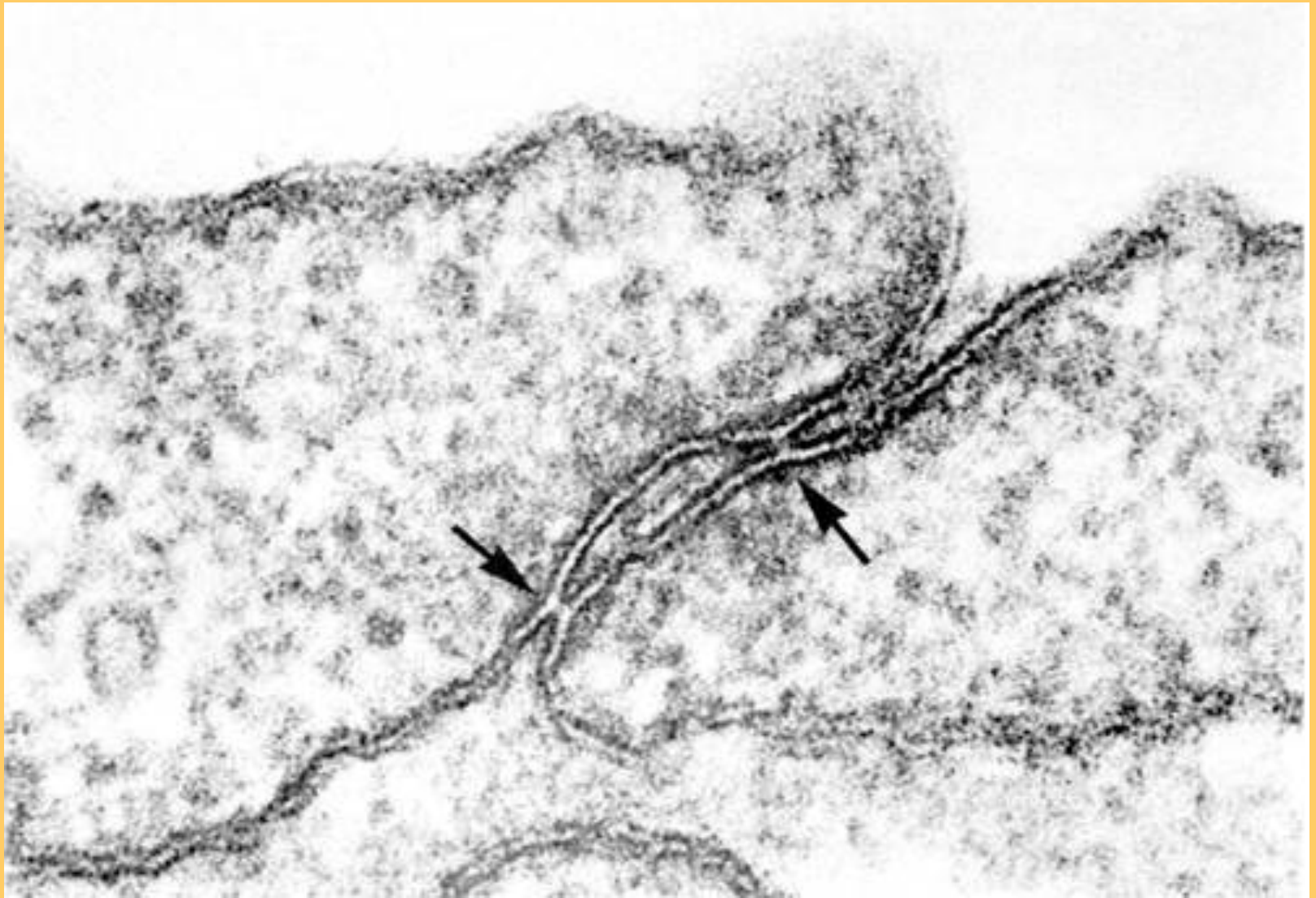




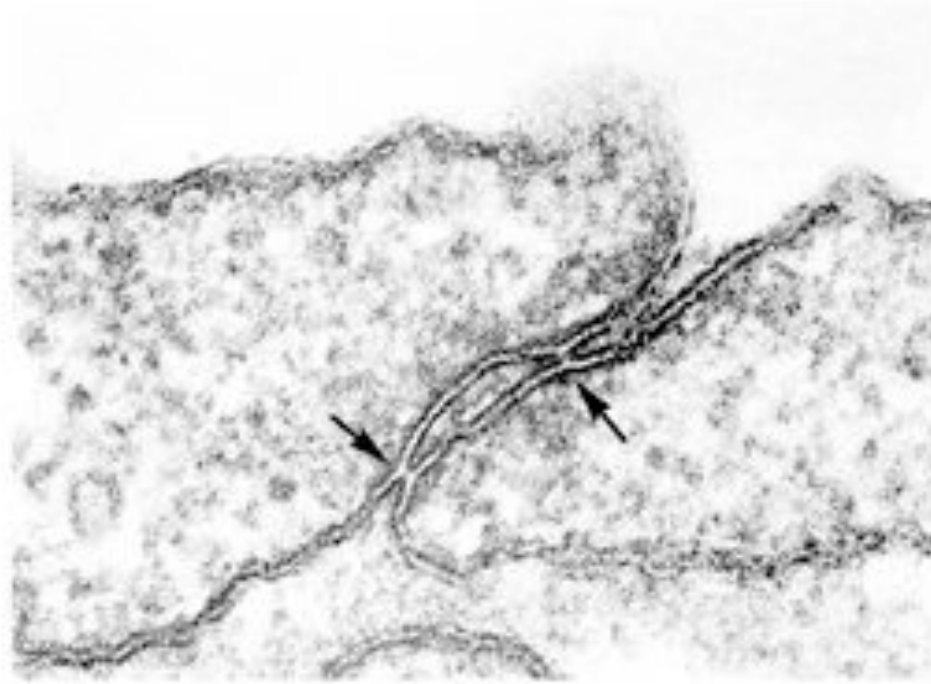
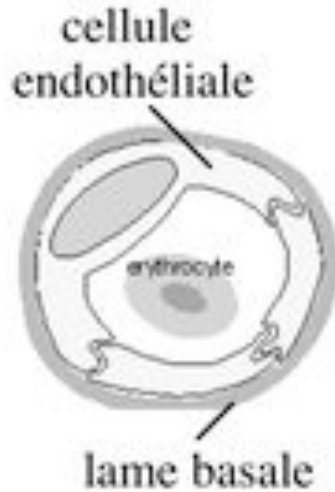
Le cytoplasme contient certes les organites habituels mais surtout de nombreuses petites vésicules.

Les cellules endothéliales sont unies par des jonctions indiquées ici par des flèches. Leur face externe est revêtue d'une membrane basale continue (M). Des jonctions communicantes servent aux échanges entre cellules.





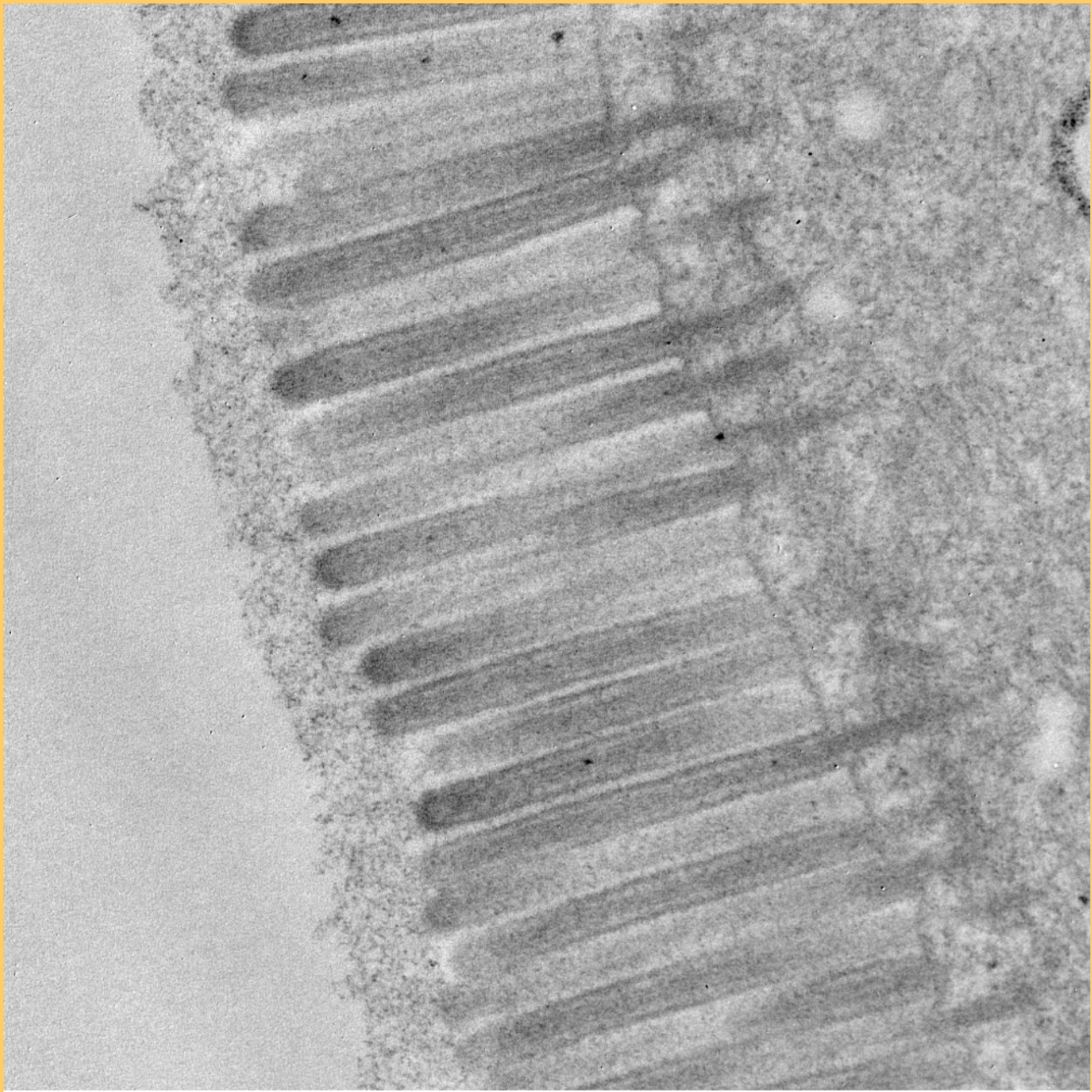
Capillaires continus



Les capillaires continus sont les plus fréquents dans l'organisme. Les cellules endothéliales sont réunies par des jonctions serrées de type macula occludens (et non zonula occludens comme dans les épithéliums). La lame basale est continue

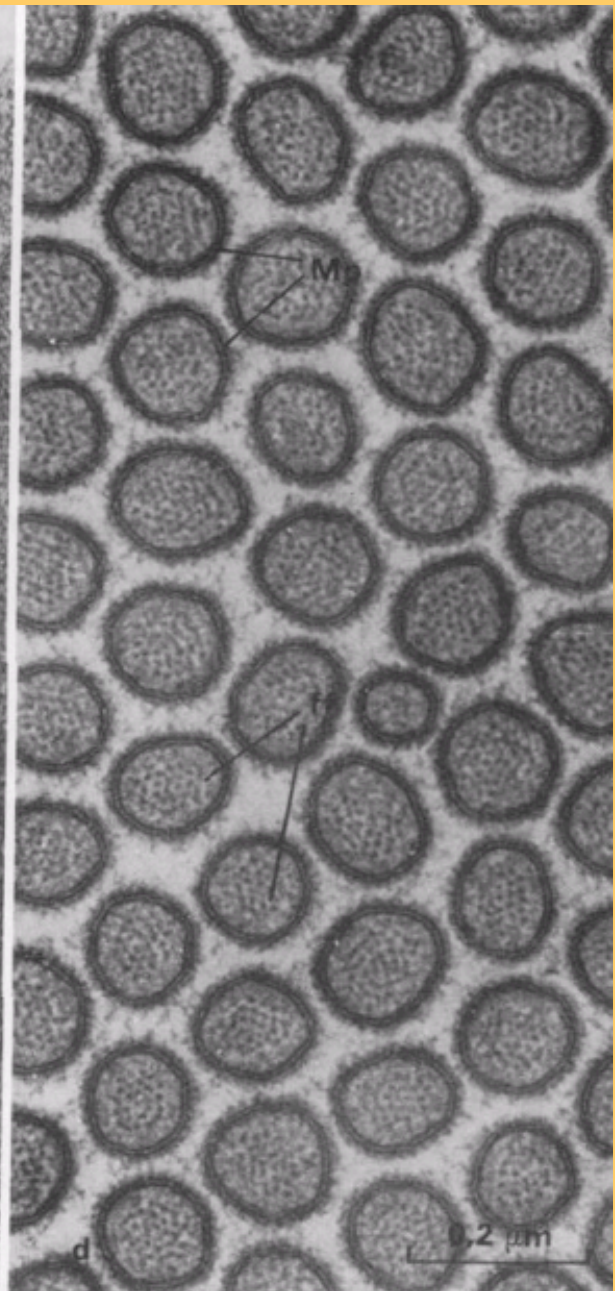
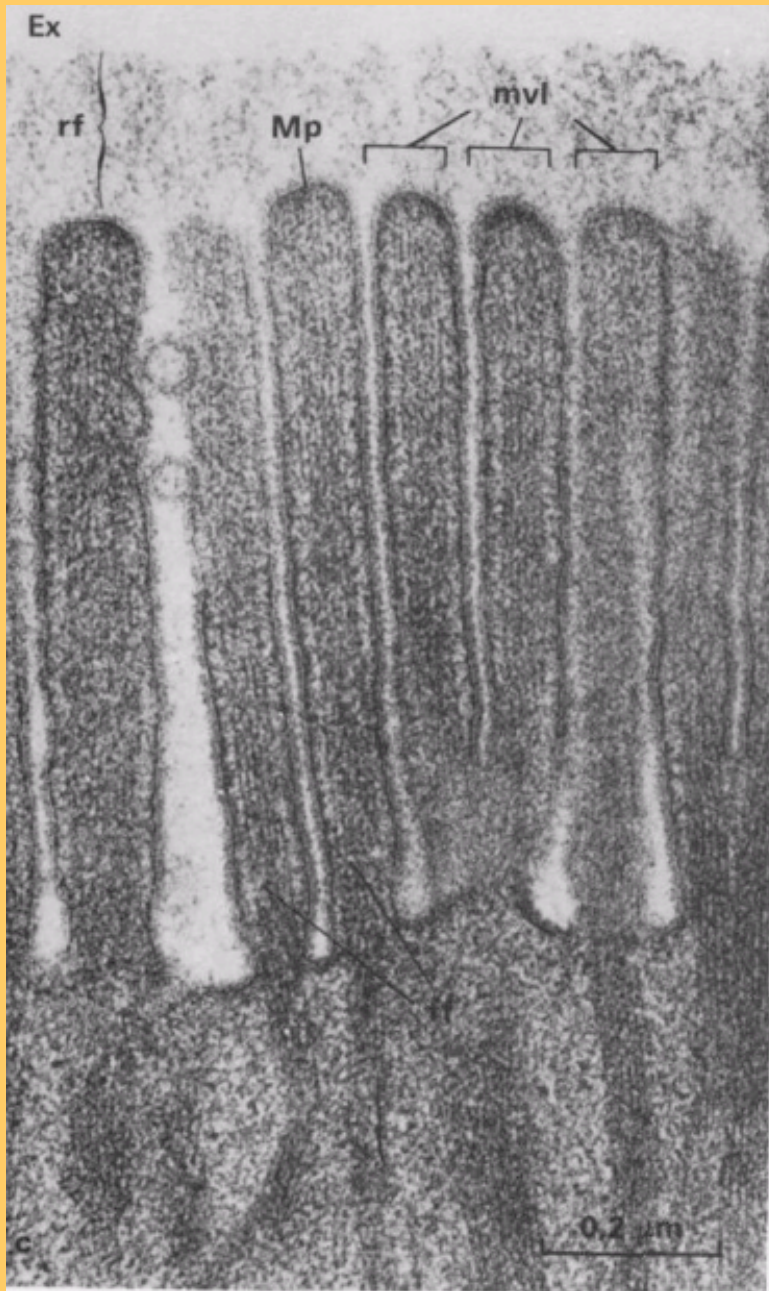


L'endothélium des capillaires est souvent entouré de quelques cellules isolées appelées péricytes et situées en dehors de la membrane basale. Ce sont des cellules allongées possédant un large noyau. Leur cytoplasme est riche en mitochondries et surtout en réticulum endoplasmique rugueux

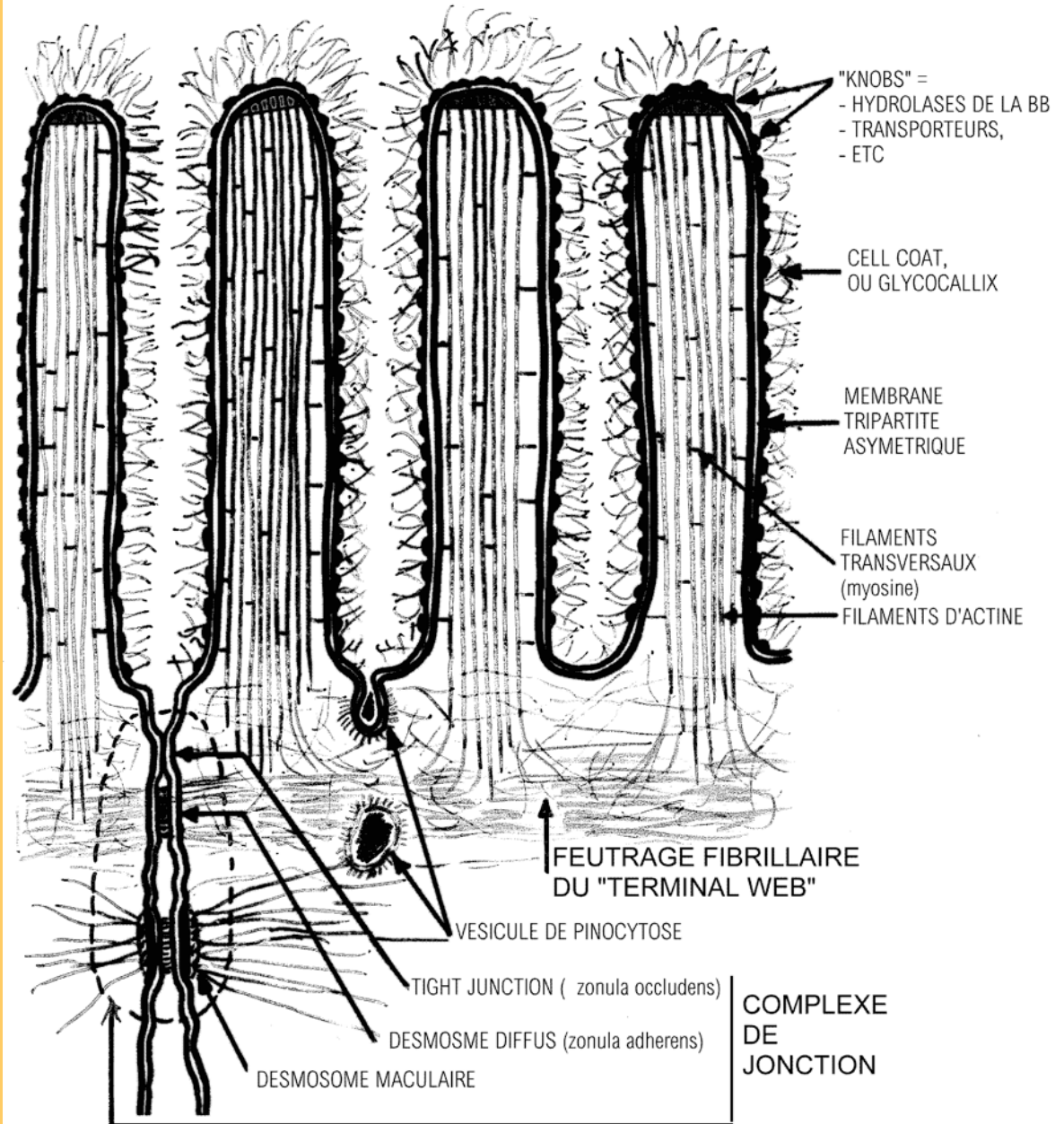
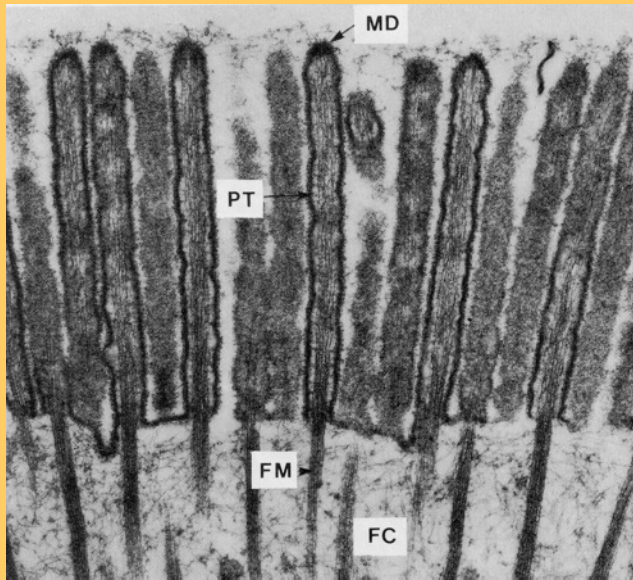


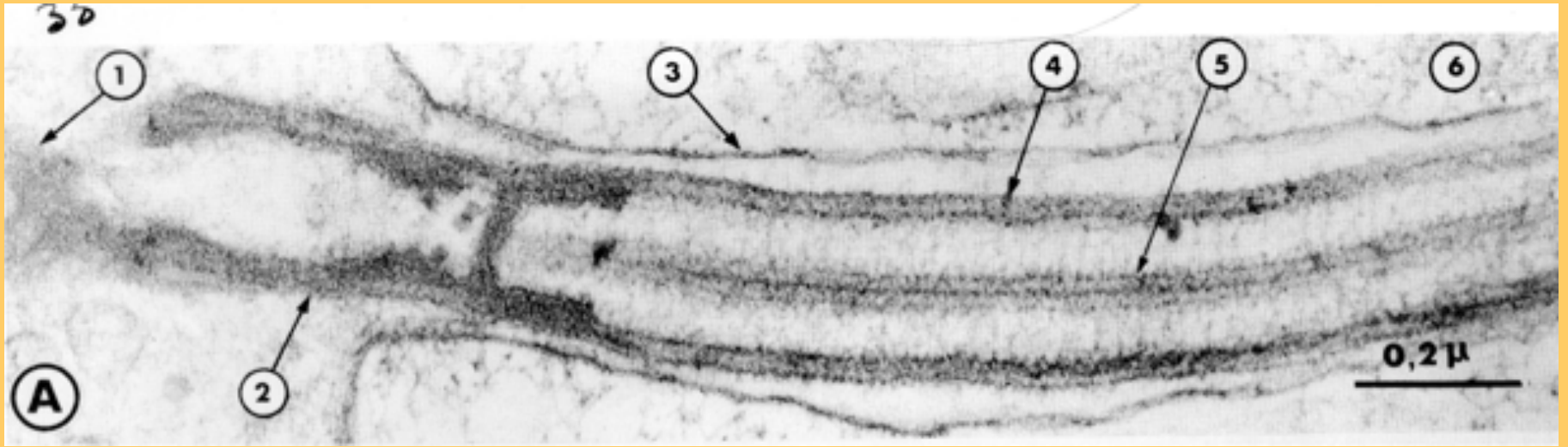
nacer perso.007.tif
intestin

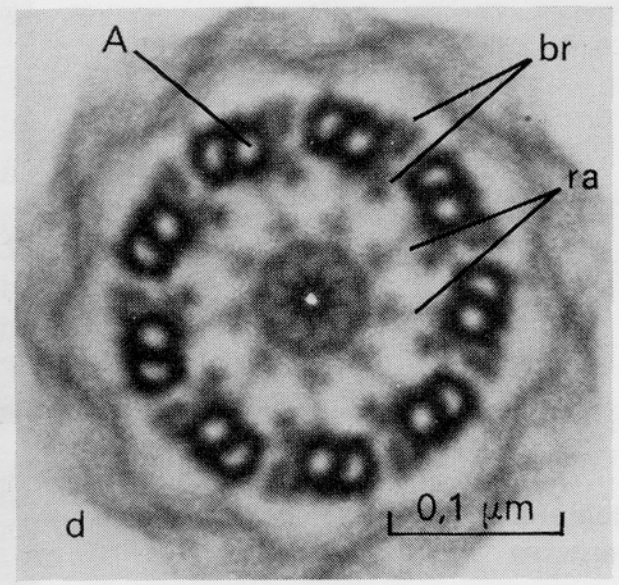
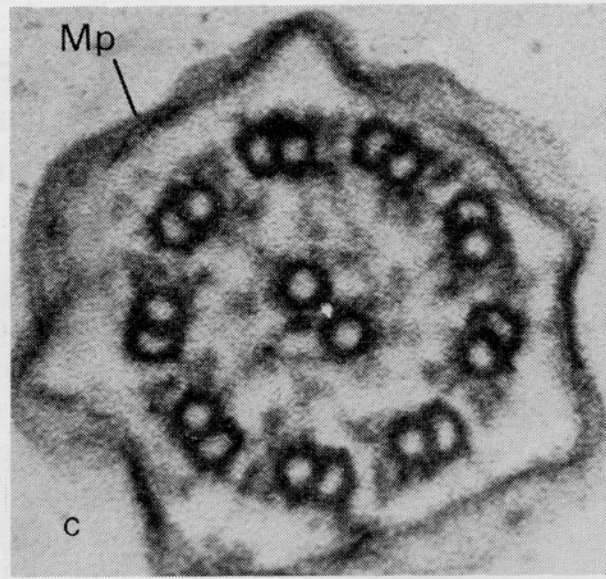
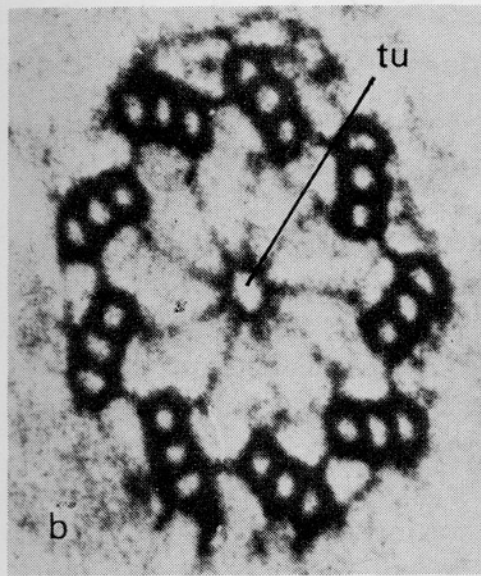
500 nm



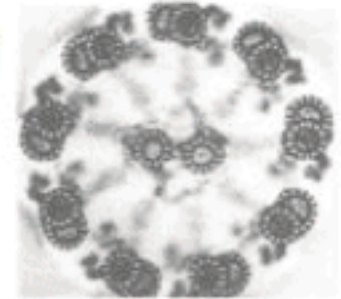
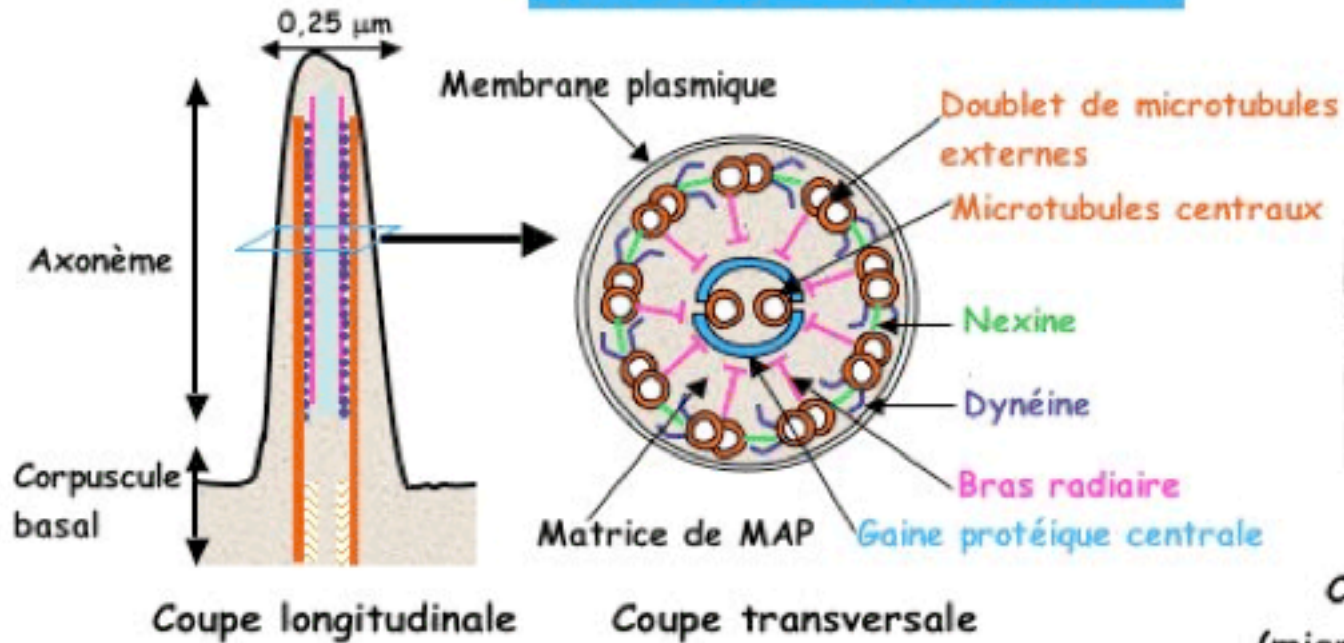
BORDURE EN BROSSE DE L'ENTEROCYTE



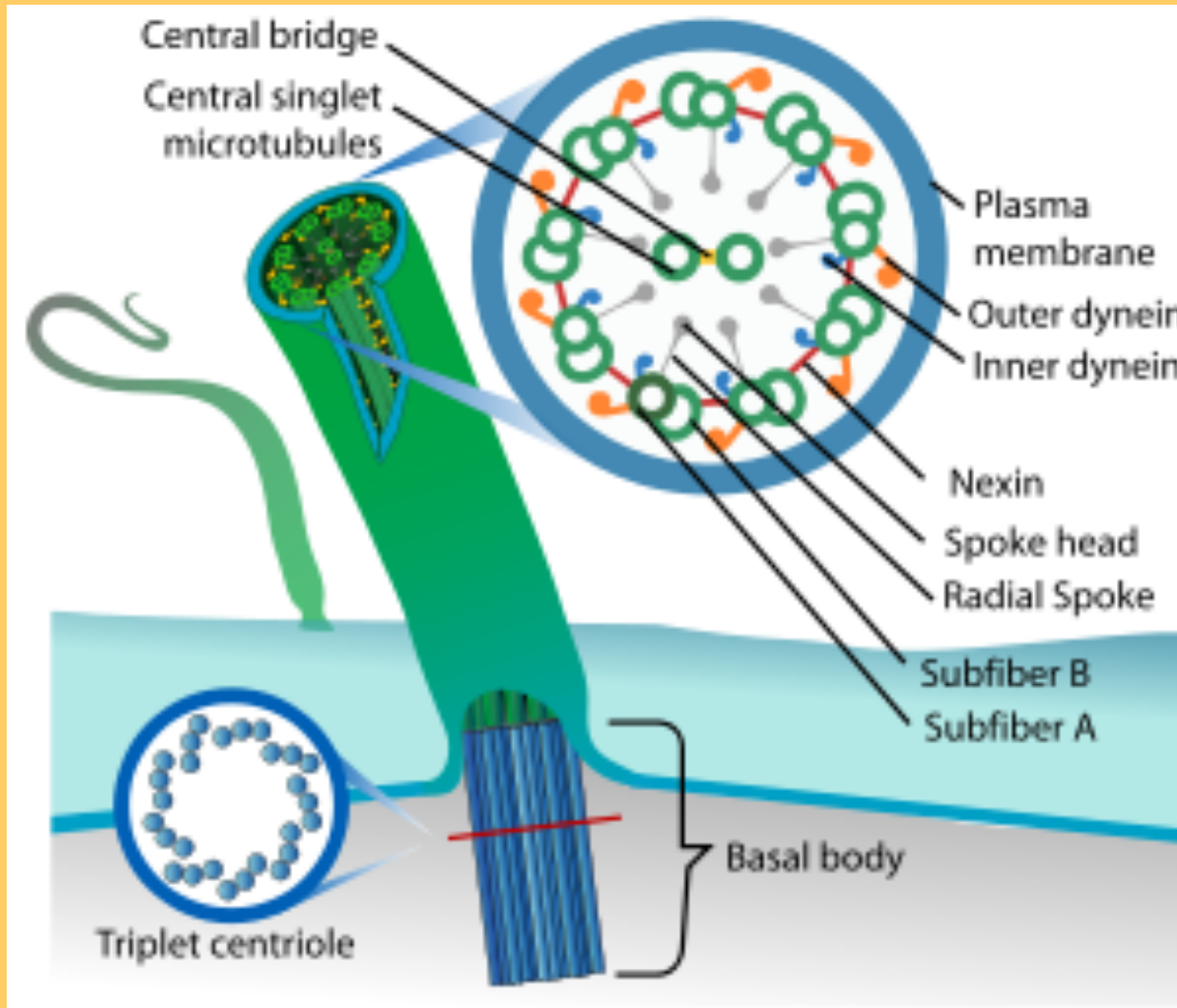




COUPES DE CIL OU FLAGELLE

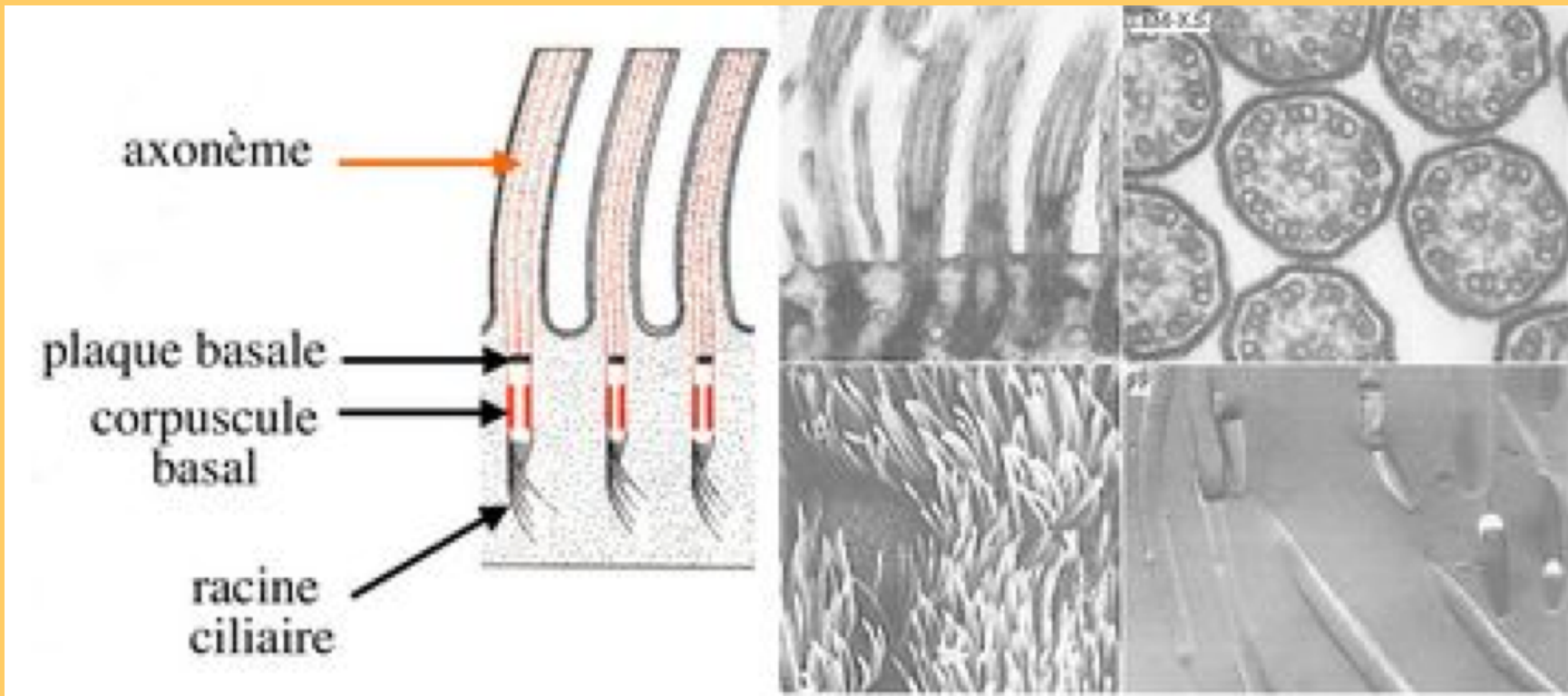


Coupe transversale
(microscopie électronique)

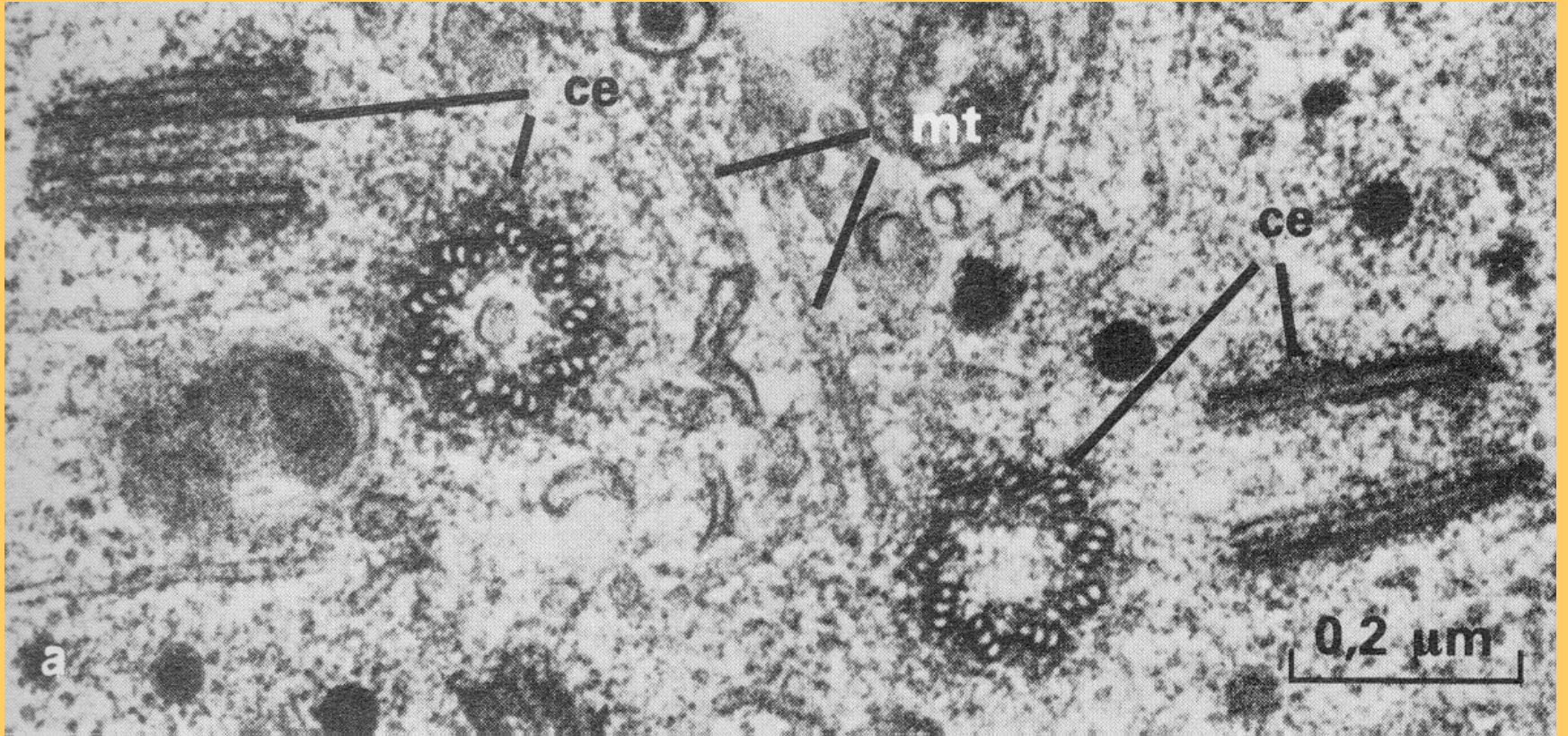


Le flagelle eucaryotique

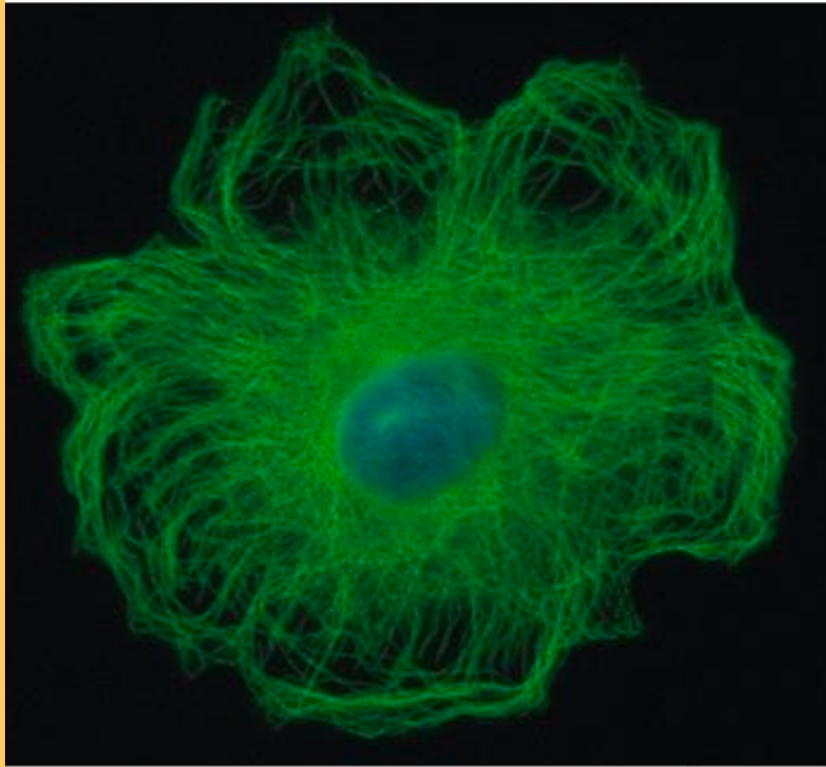
Cils vibratiles: axe contenant des éléments du cytosquelette, l'axonème, et une racine ciliaire, séparée de l'axonème par deux structures: corpuscule basal et la plaque basale.



Axe des cils constitué de microtubules dont l'organisation spatiale est commune aux cils et aux flagelles des spermatozoïdes: 9 doublets périphériques et 1 doublet central. Ces deux singletons sont entourés d'une fine membrane, la membrane centrale, qui est reliée aux doublets périphériques par les fibres rayonnantes encore appelées radial spokes.



Cytosquelette : les microtubules



Localisation des microtubules dans un fibroblaste en culture. Marquage par immunofluorescence (marqueurs verts : tubuline ; marqueurs bleus : ADN).

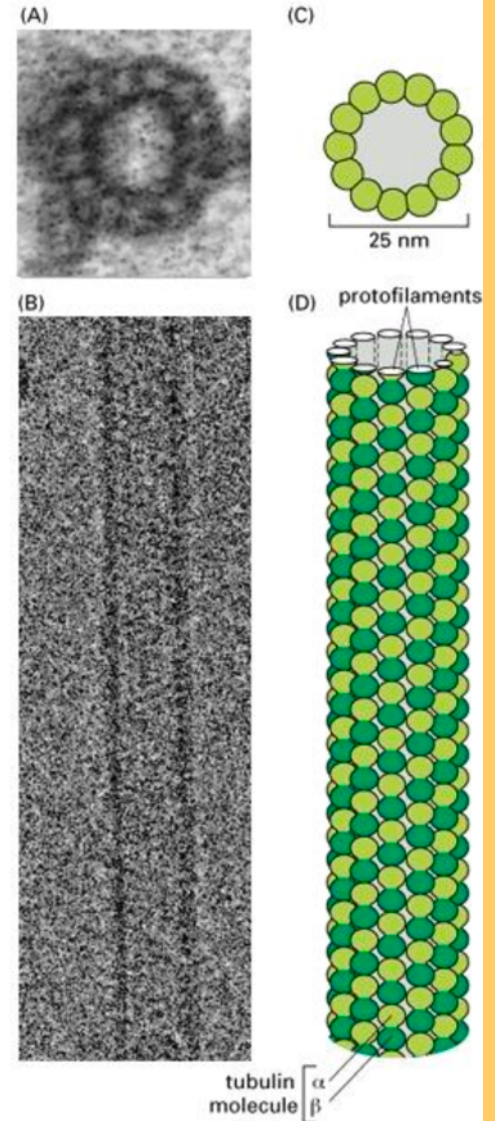
(Molecular Biology of the Cell. 4th edition. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. New York: [Garland Science](#); 2002.)

Microtubules (MET) →

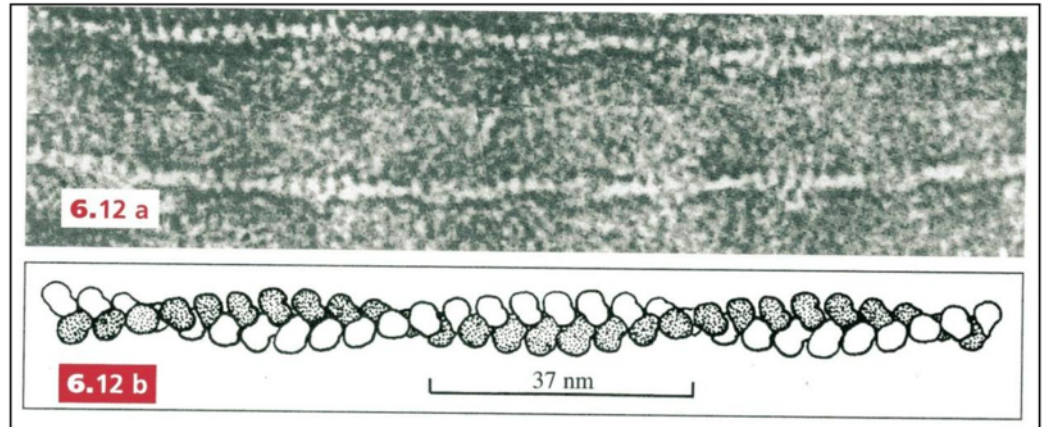
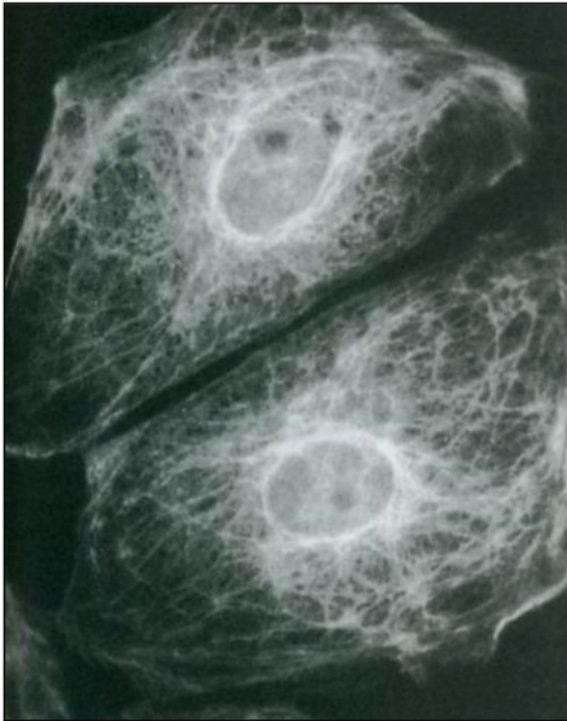
Molecular Biology of the Cell.
3rd edition.

Alberts B, Bray D, Lewis J, et al.

New York: [Garland Science](#); 1994.



Filaments intermédiaires et microfilaments



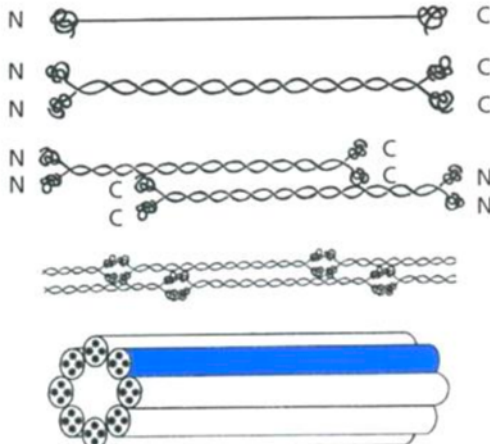
Organisation des filaments d'actine (microfilaments).

Observation en microscopie électronique.

Représentation schématique du filament d'actine.

Certains monomères sont représentés en blanc, d'autres en gris.

(ROLAND JC et Coll., « Atlas de biologie cellulaire », Dunod Ed., 2001).

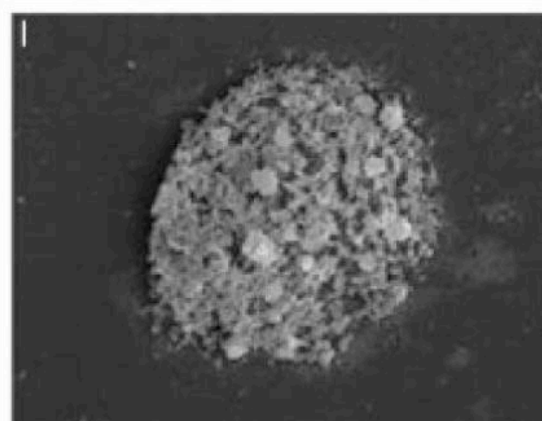
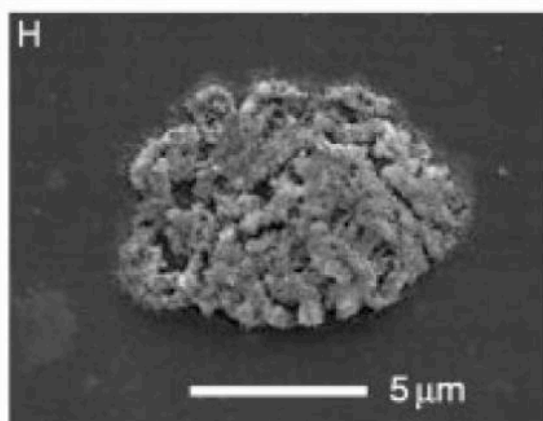
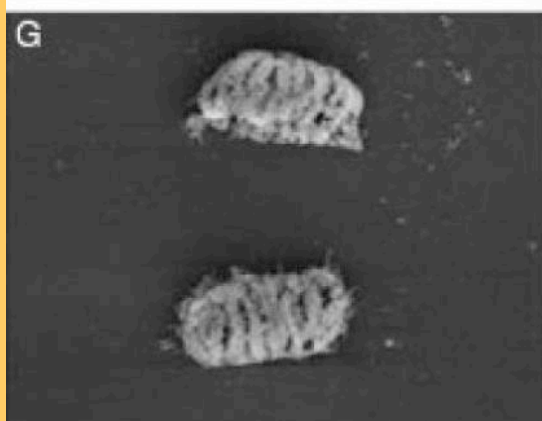
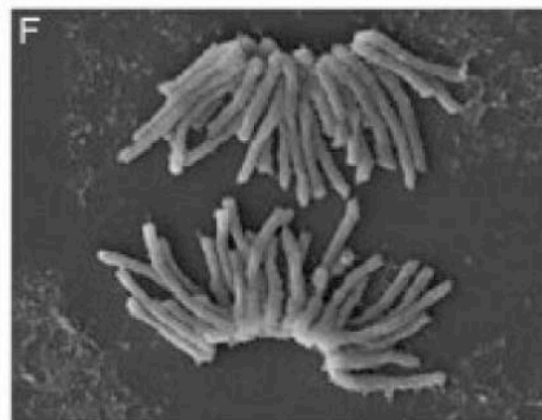
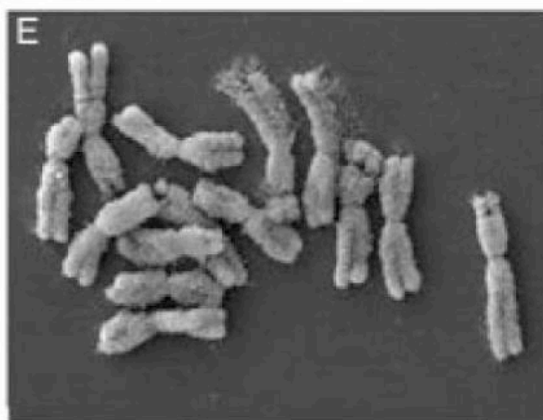
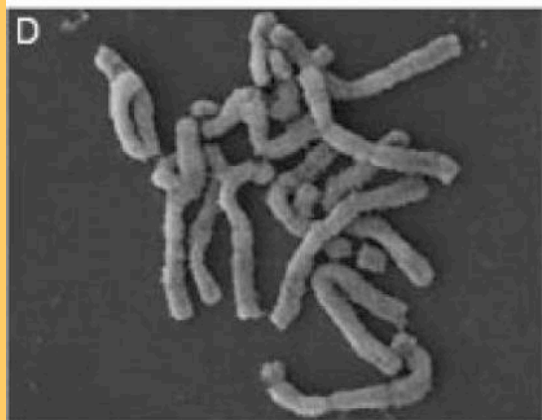
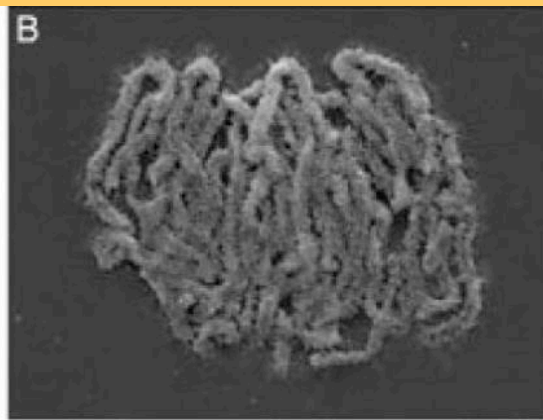
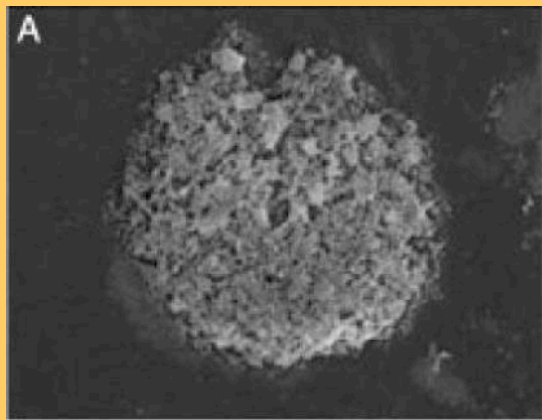


En haut : visualisation par immunofluorescence des filaments intermédiaires de kératine dans des cellules épithéliales (x 1 250).

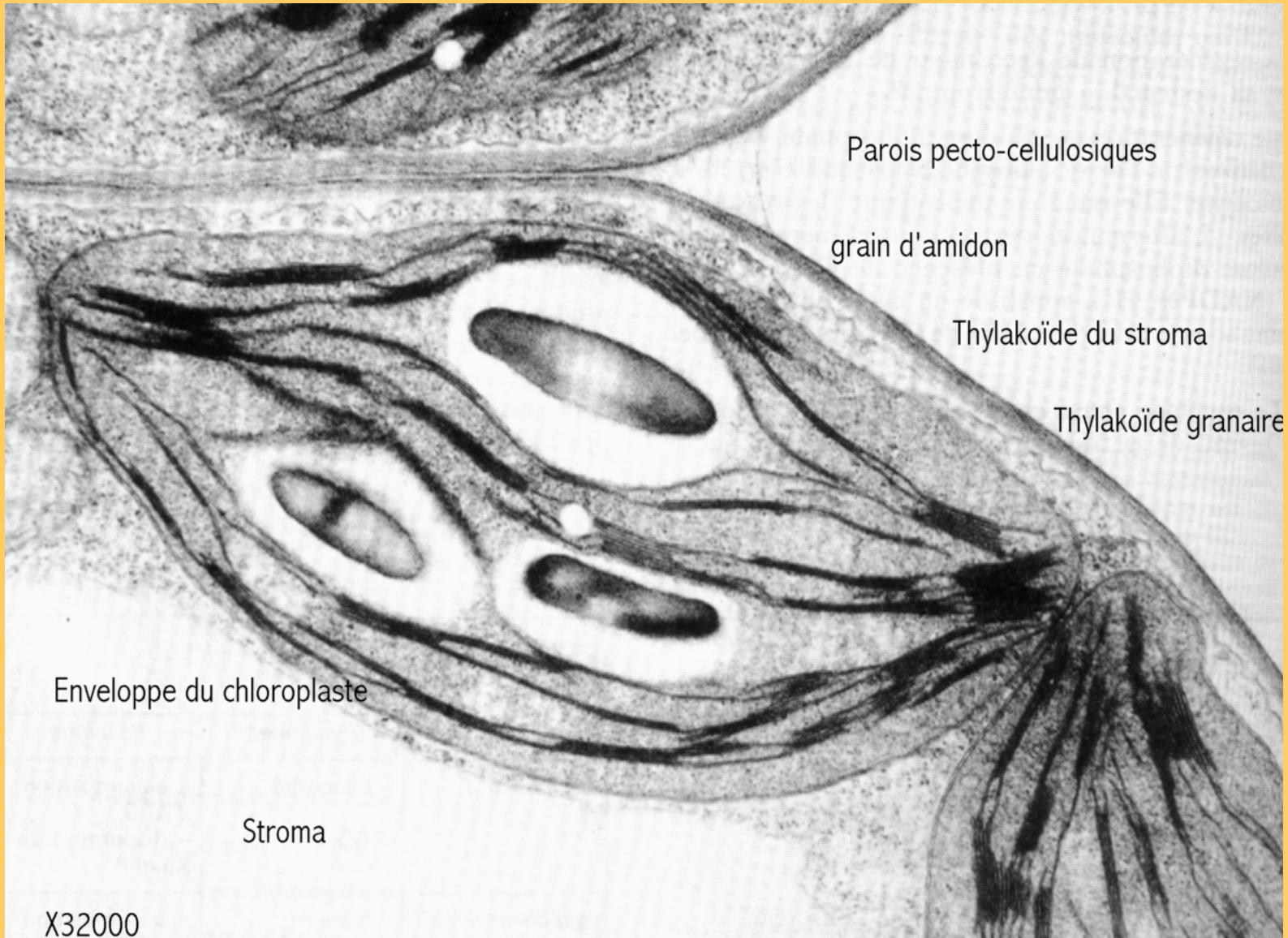
(ROLAND JC et Coll., « Atlas de biologie cellulaire », Dunod Ed., 2001).

En bas : schéma d'organisation simplifiée des filaments intermédiaires.

(PEYCRU P. et coll., « Biologie 1^{ère} année BCPST, Dunod Ed., 2007).







Parois pecto-cellulosiques

grain d'amidon

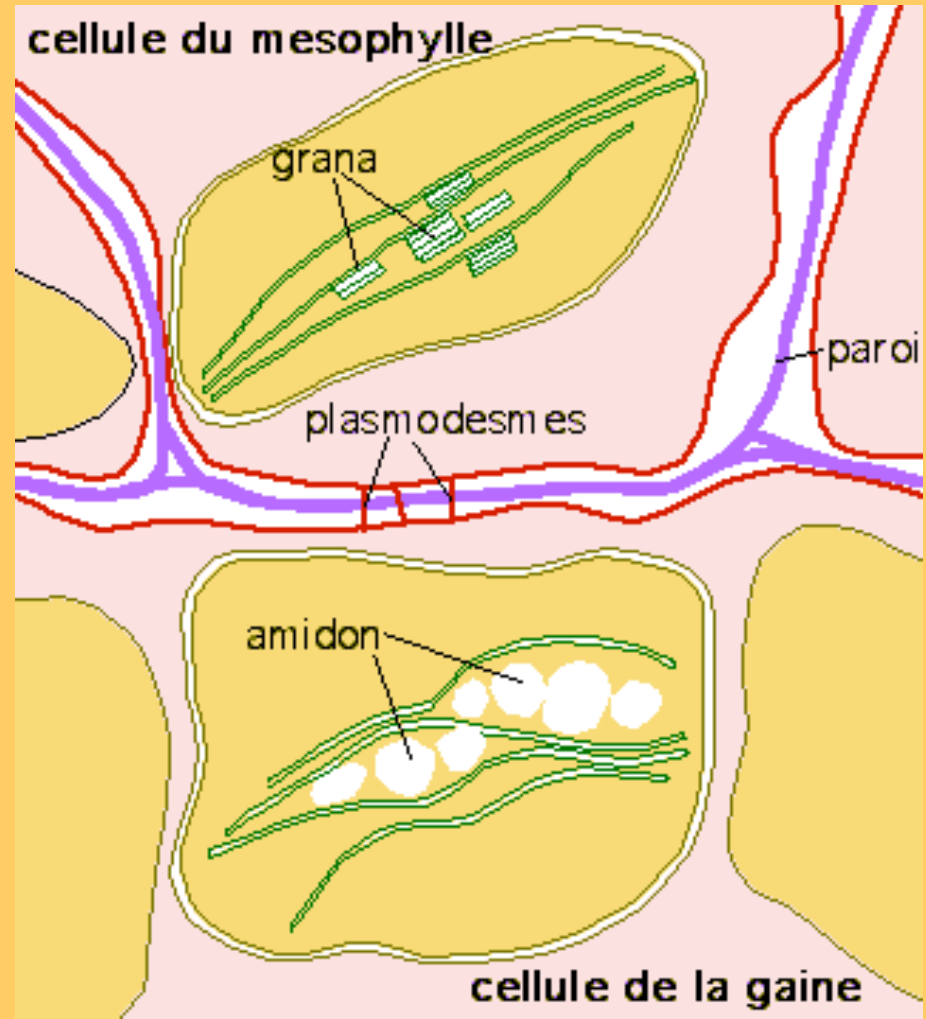
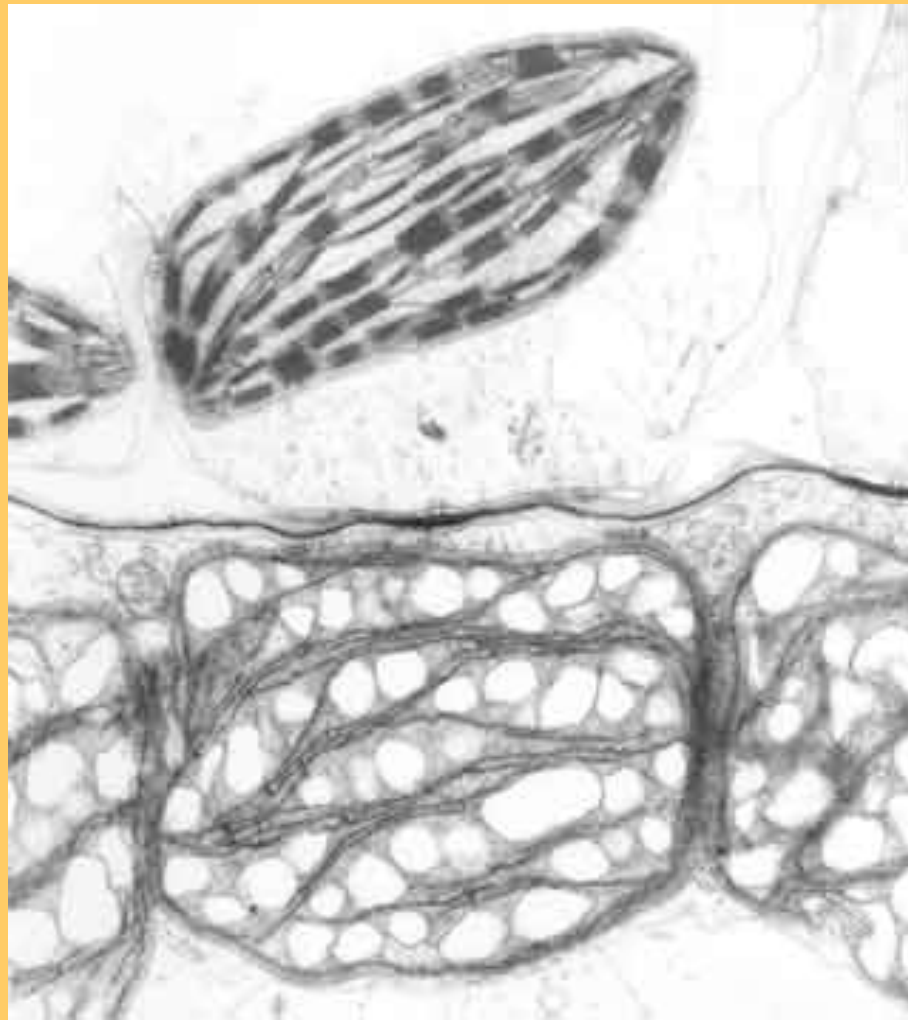
Thylakoïde du stroma

Thylakoïde granaire

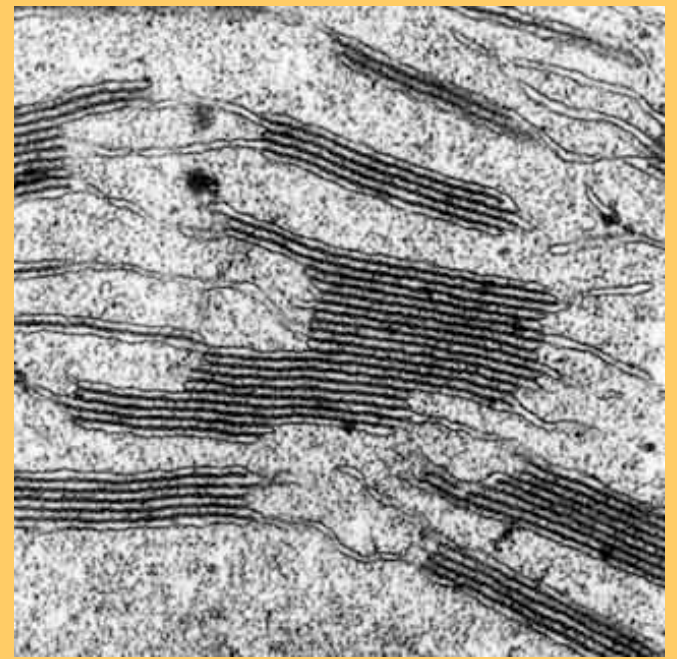
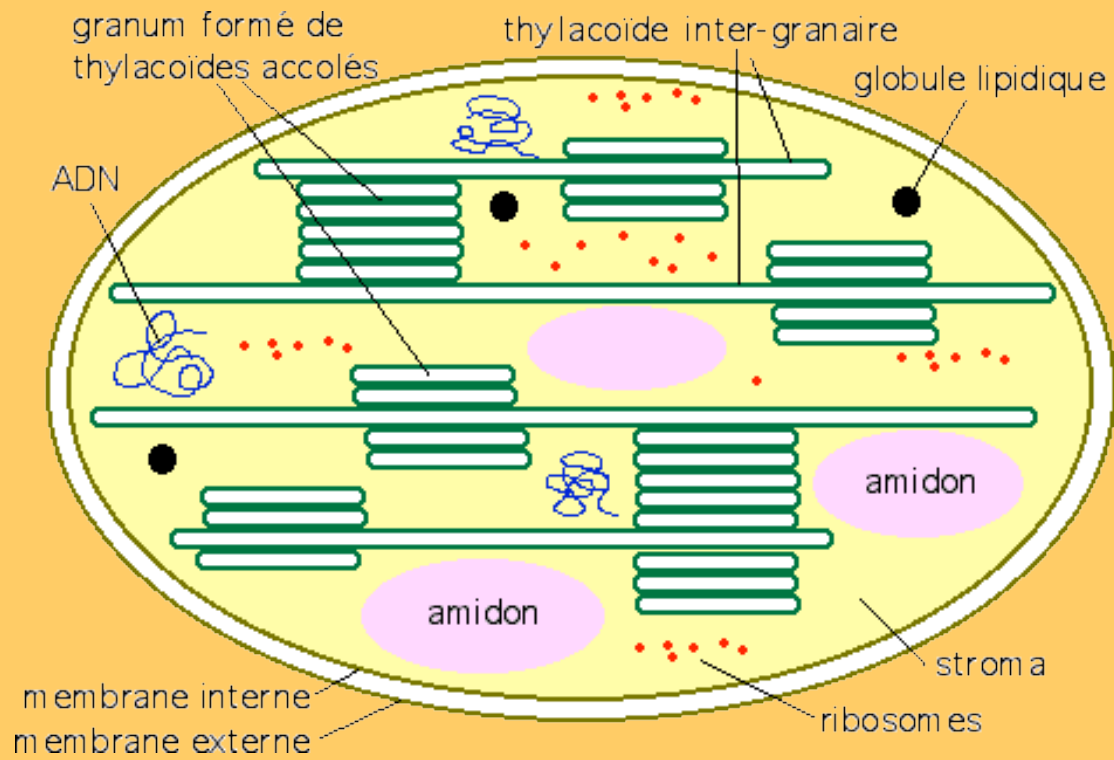
Enveloppe du chloroplaste

Stroma

X32000



Vue générale en microscopie électronique à transmission d'une portion de cellule de la gaine (en bas) et d'une cellule du mésophylle (en haut), et schéma explicatif. Les chloroplastes du mésophylle possèdent des thylacoïdes granaires. Les chloroplastes de la gaine n'ont pas de grana mais synthétisent de l'amidon. (Cliché : Christiane Lichtlé).



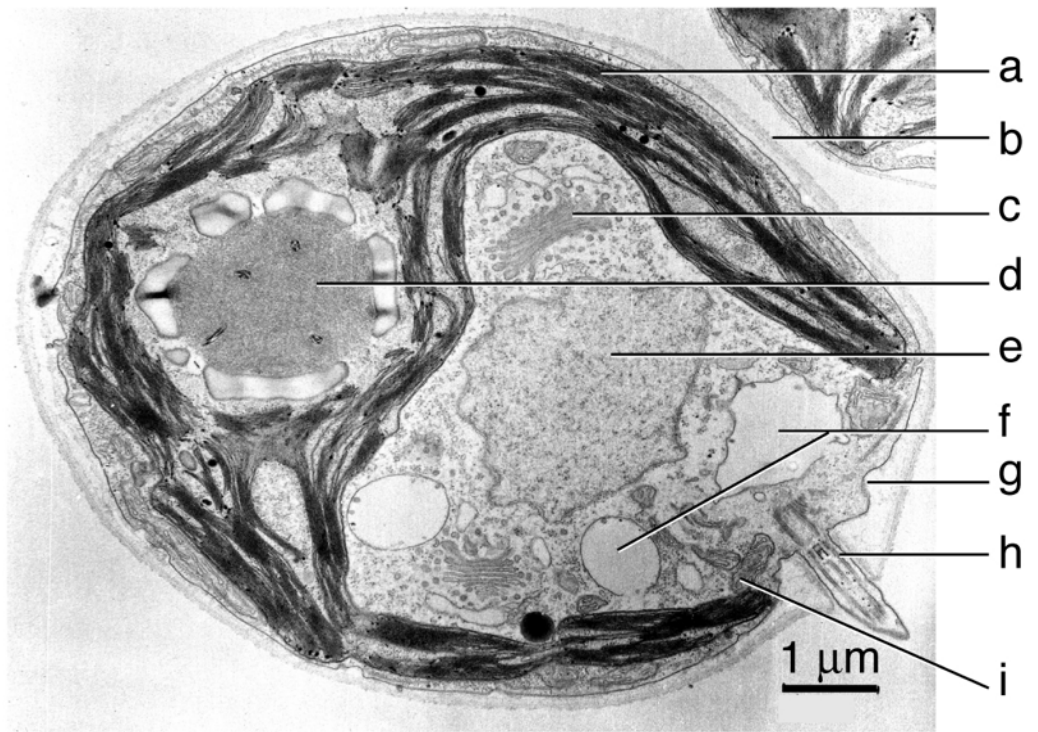
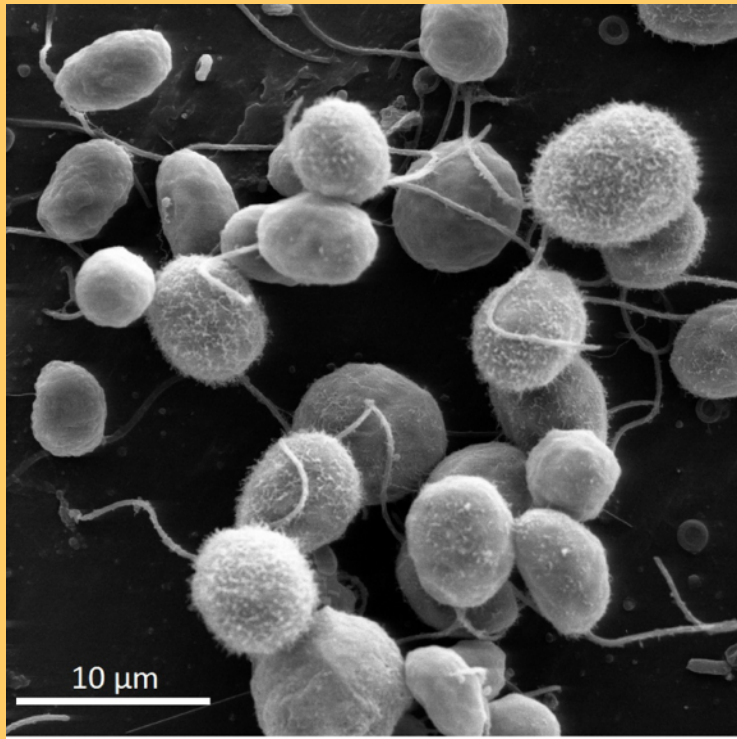


Figure 1 : Morphologie de *C. reinhardtii*.

- A. *C. reinhardtii* observée en microscopie électronique à balayage.
- B. Section fine de *C. reinhardtii* observée au M.E.T

paroi

membrane
plasmique

appareil
de Golgi

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

départ du
flagelle

mitochondrie

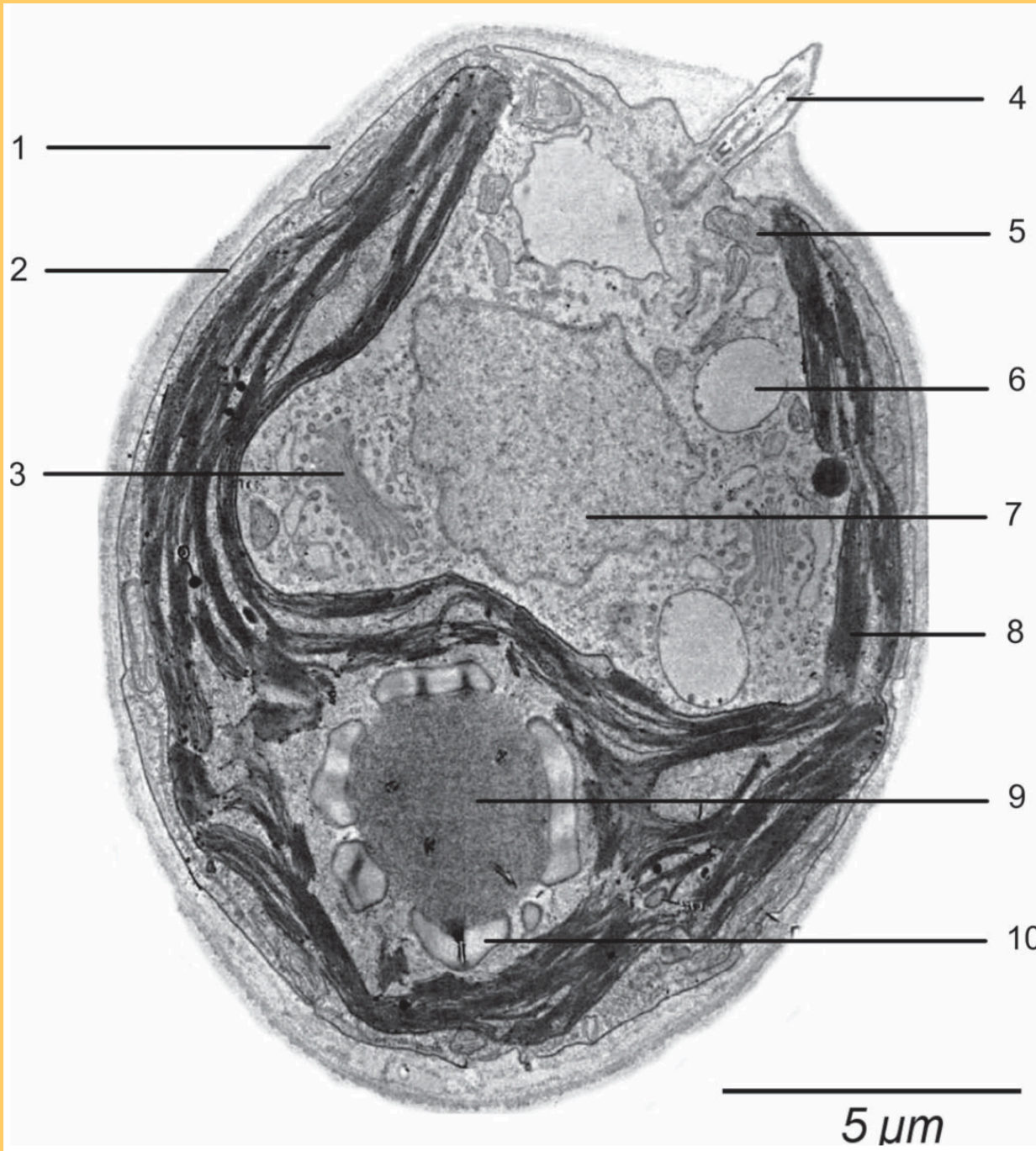
vacuole

noyau

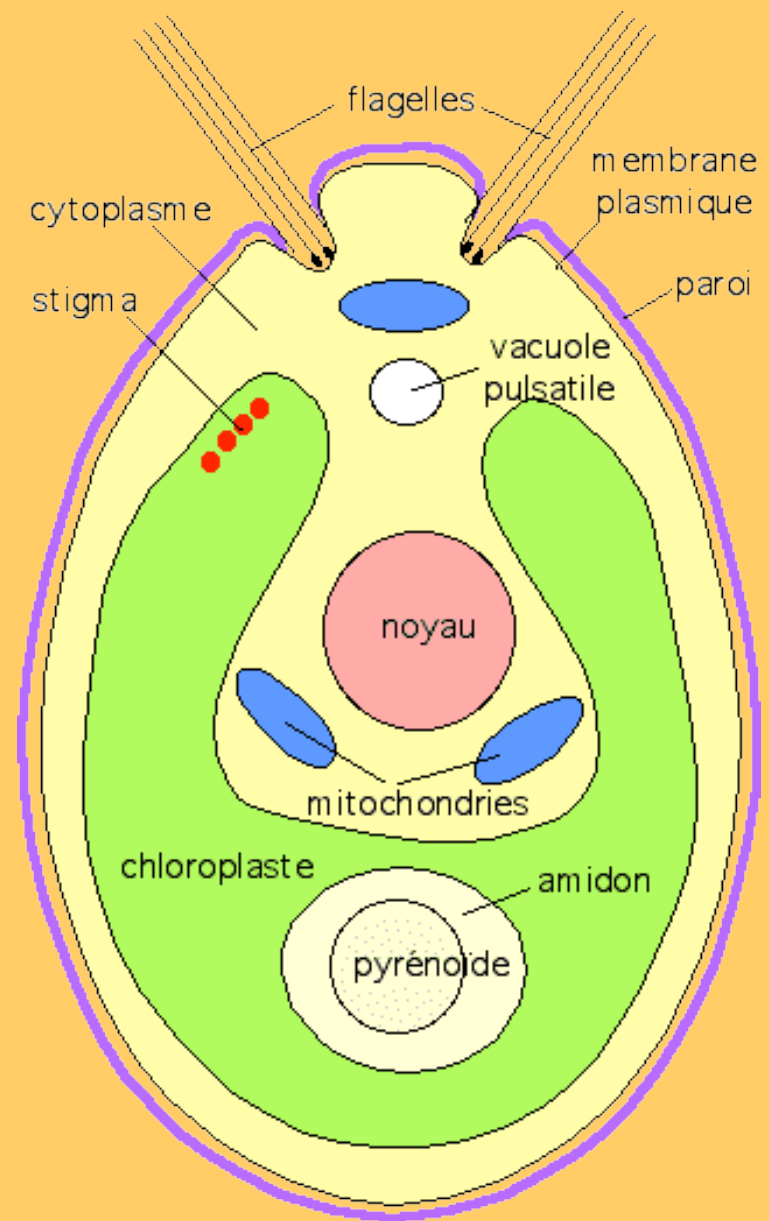
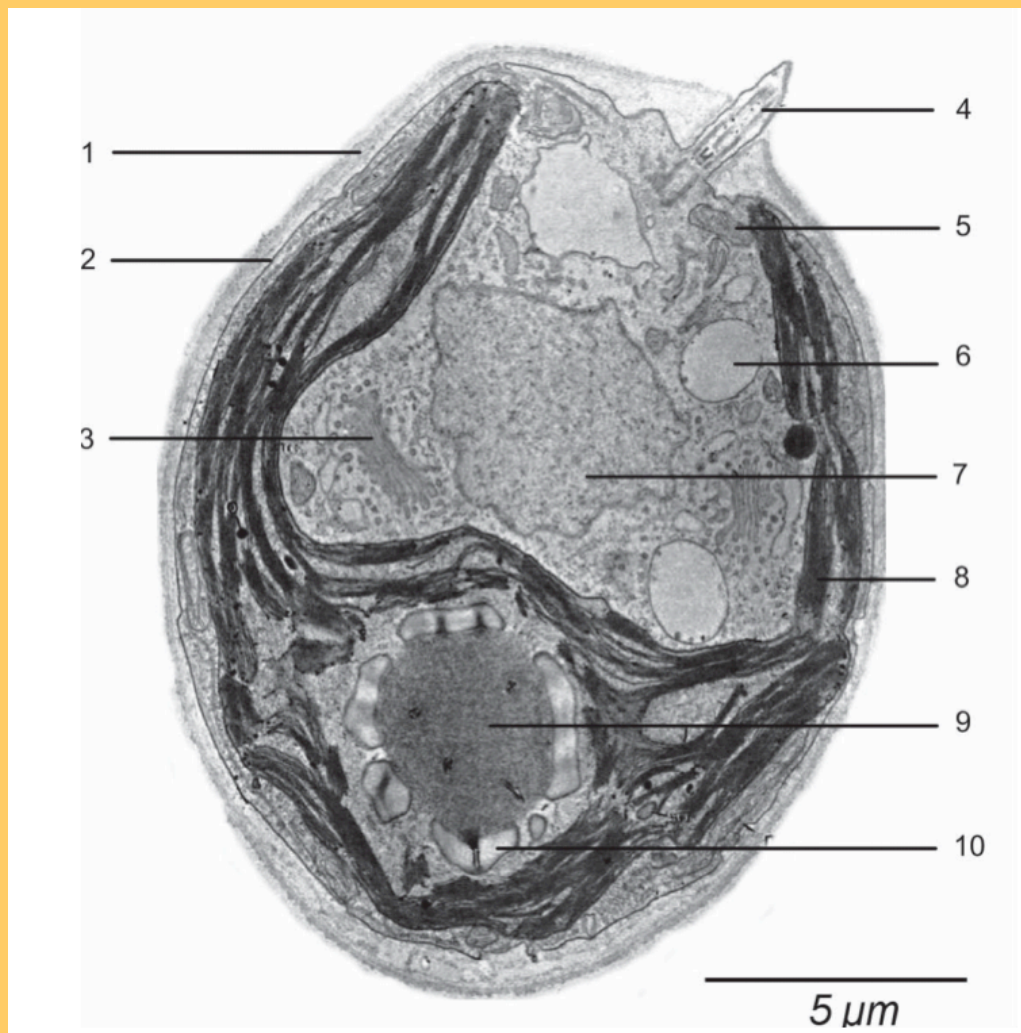
grana du
chloroplaste

pyrénoïde

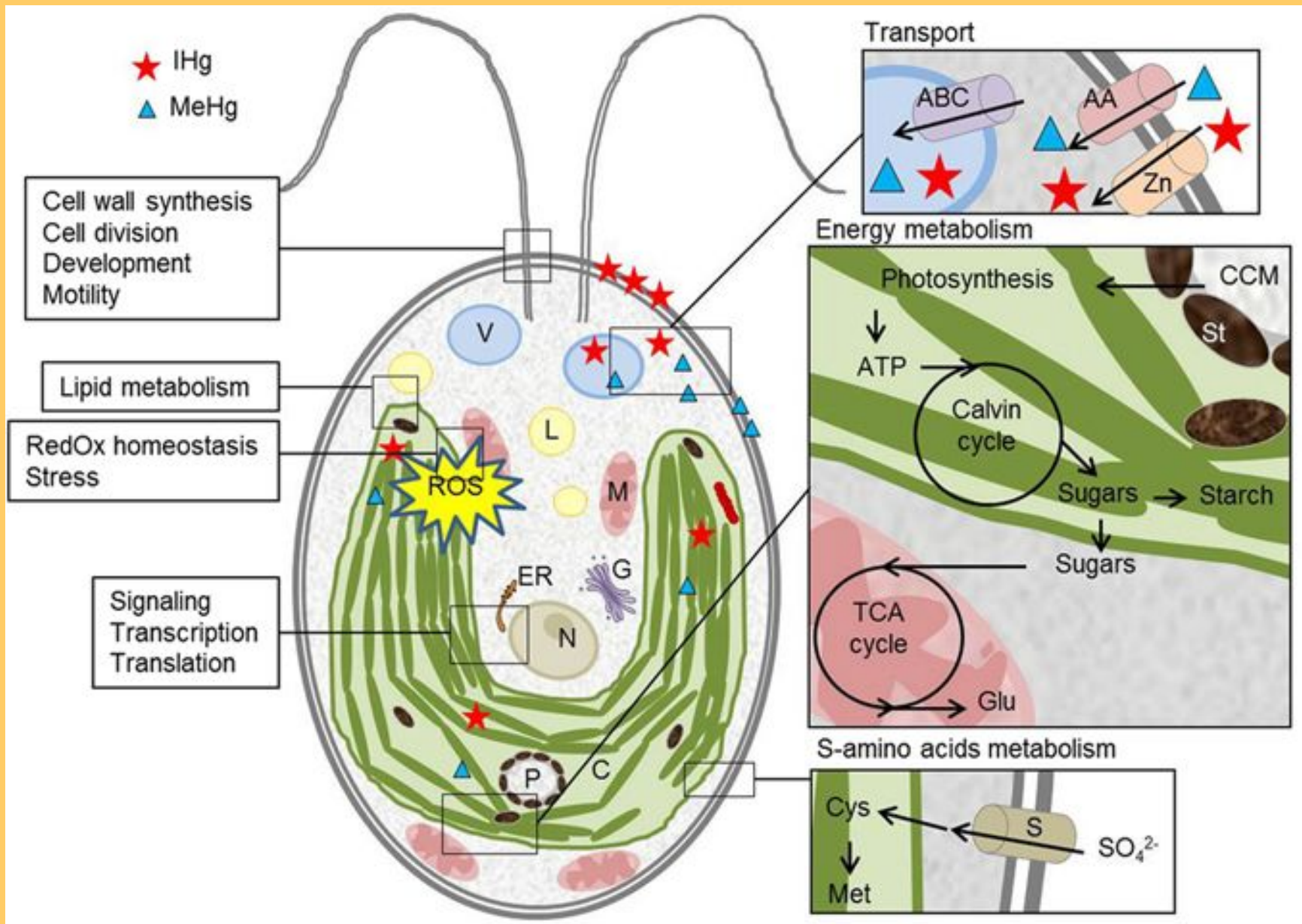
amidon



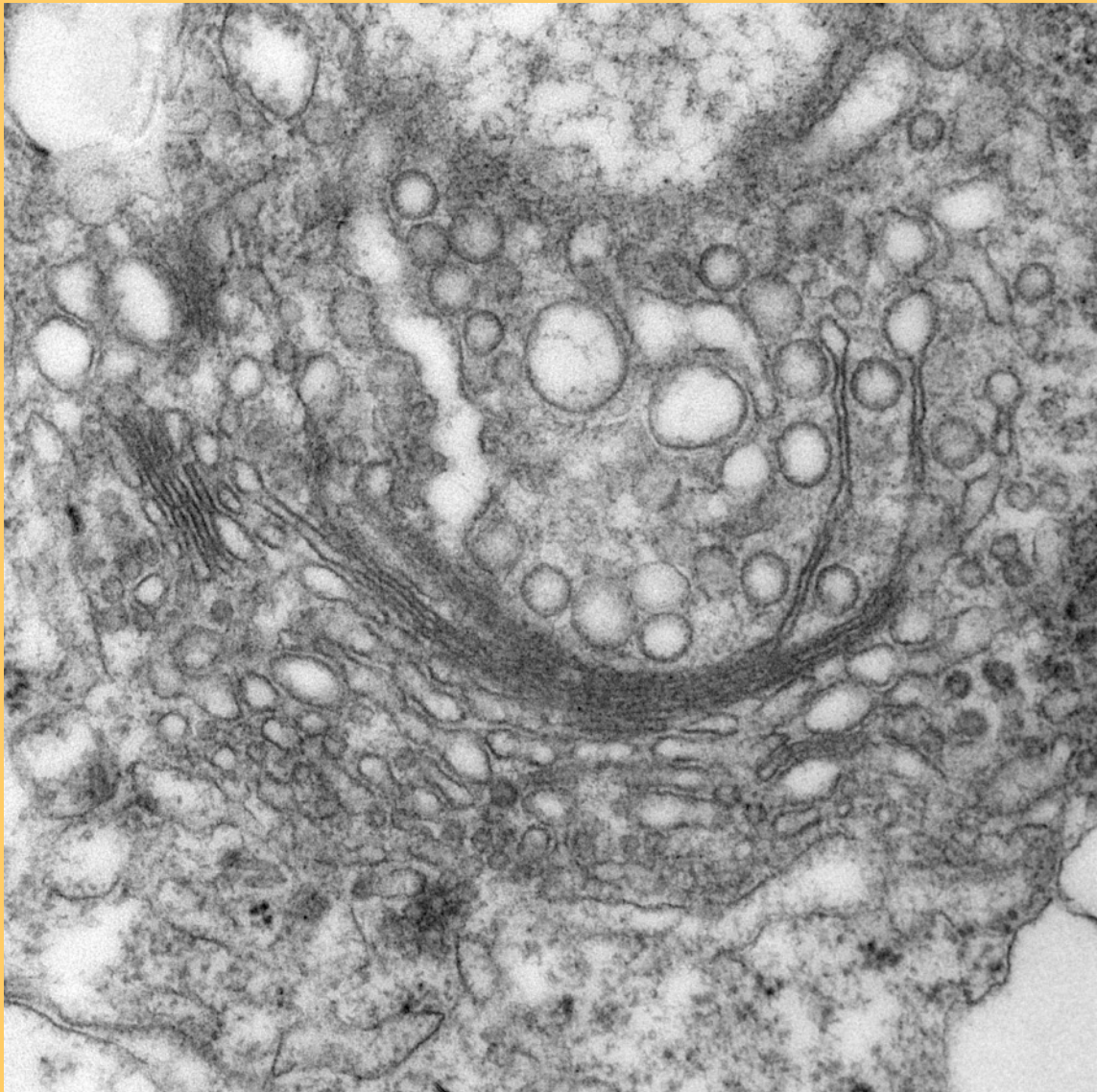
5 μm



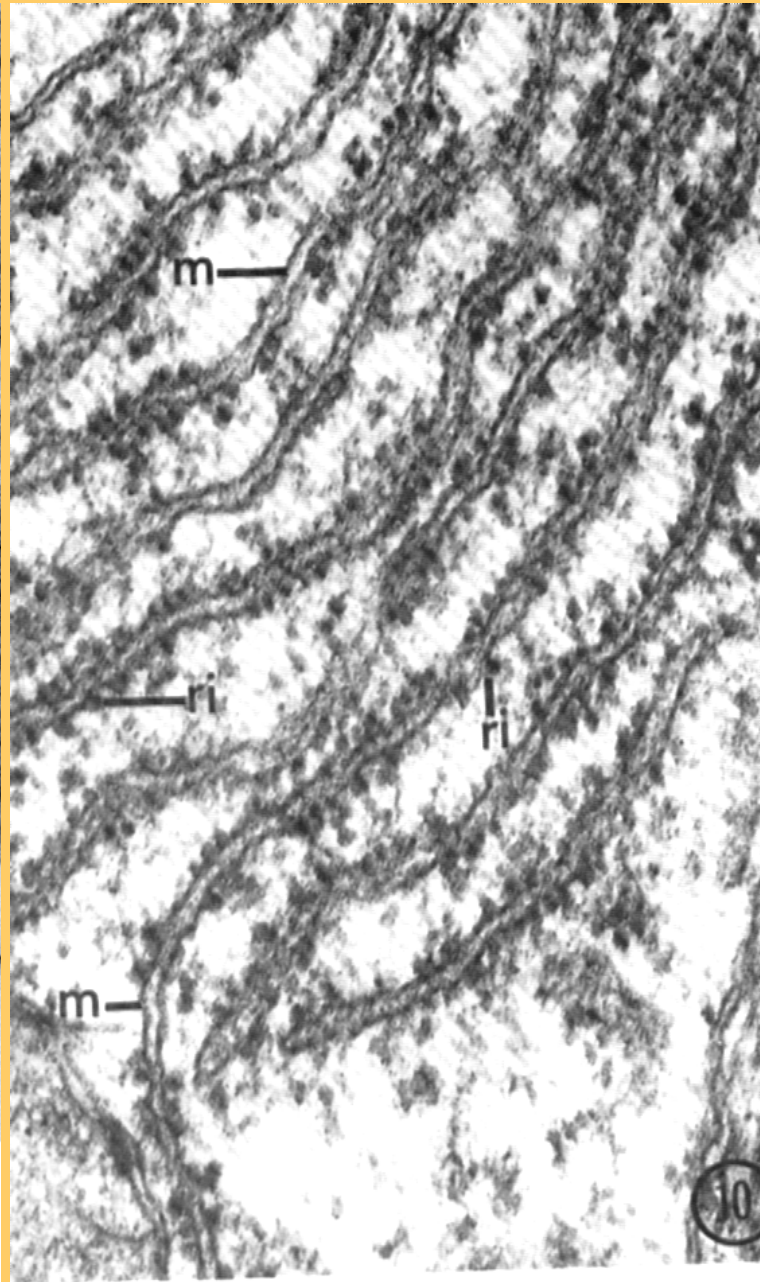
Le Chlamydomonas est une algue verte unicellulaire pourvue de deux flagelles. Il contient un seul chloroplaste en forme de cloche. La structure de ce chloroplaste est proche de celle des végétaux supérieurs (<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia>)



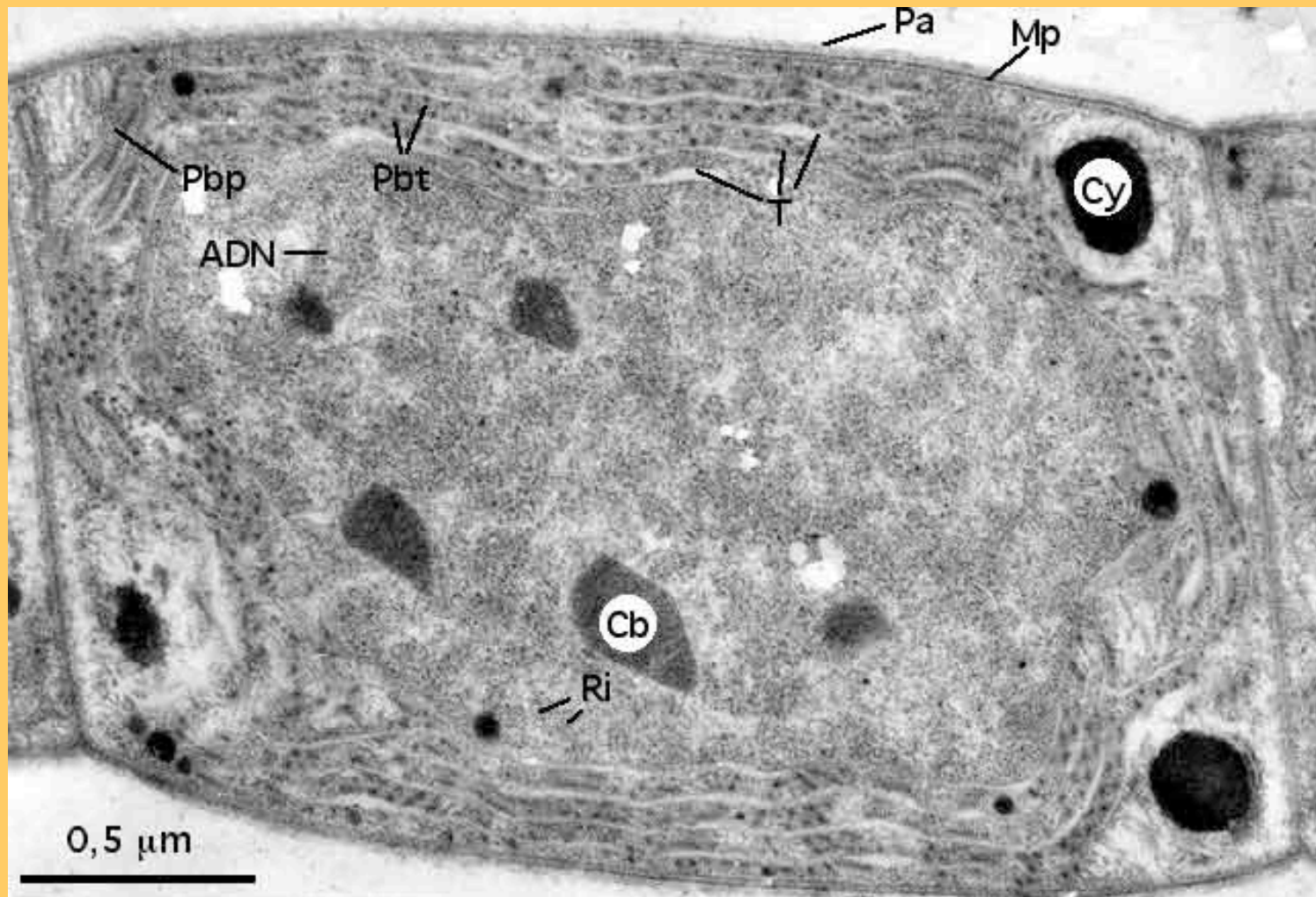
(AA: amino acid transporter; ABC: ABC transporter; C: chloroplast; CCM: carbon concentrating mechanism; Cys: cysteine; L: lipid bodies; ER: endoplasmic reticulum; G: golgi; Glu: glutamate; M: mitochondria; Met: methionine; N: nucleus; P: pyrenoid; S: S transporter; St: starch; V: vacuole; Zn: metal transporter).



nacer60k.tif

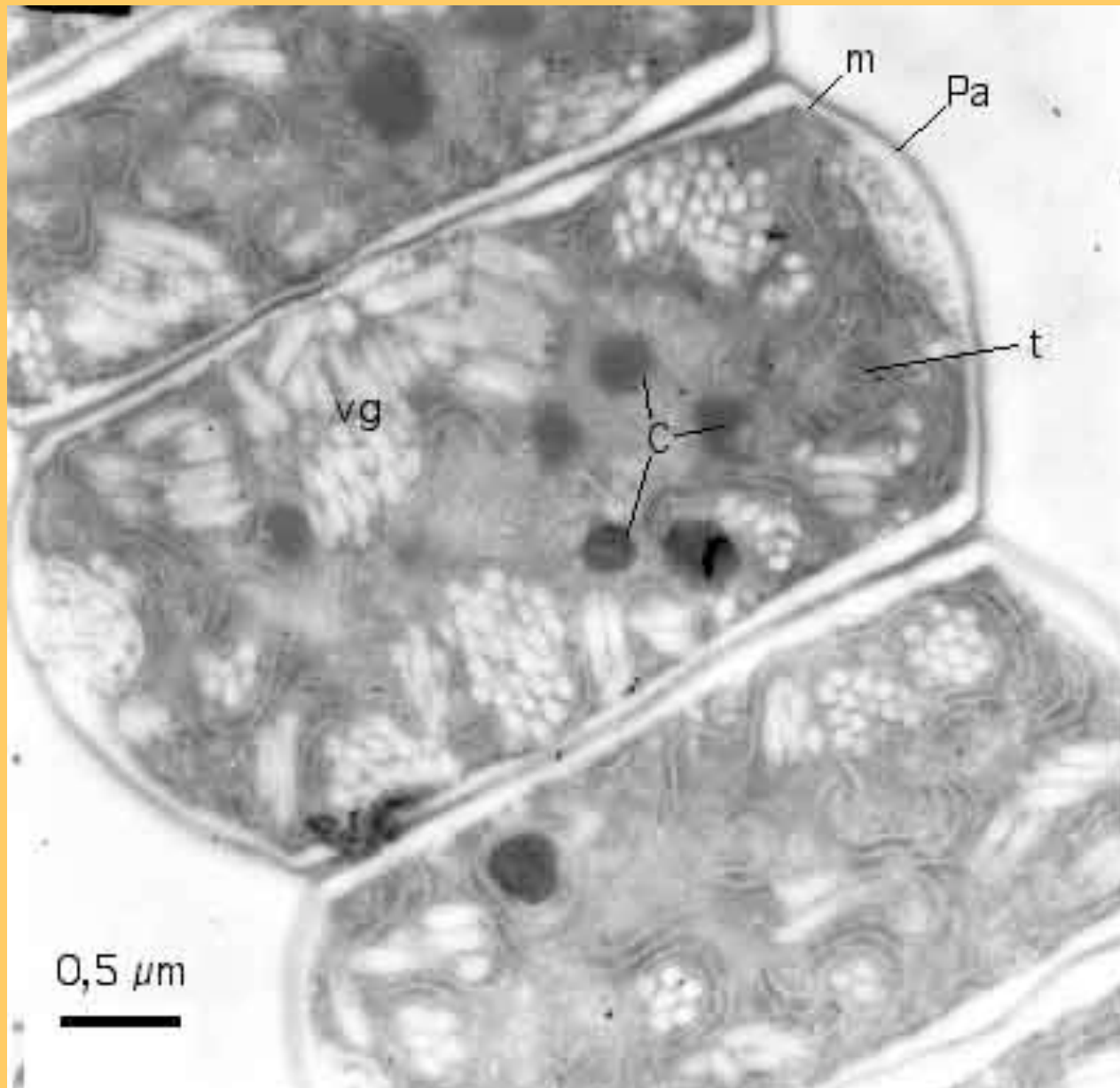


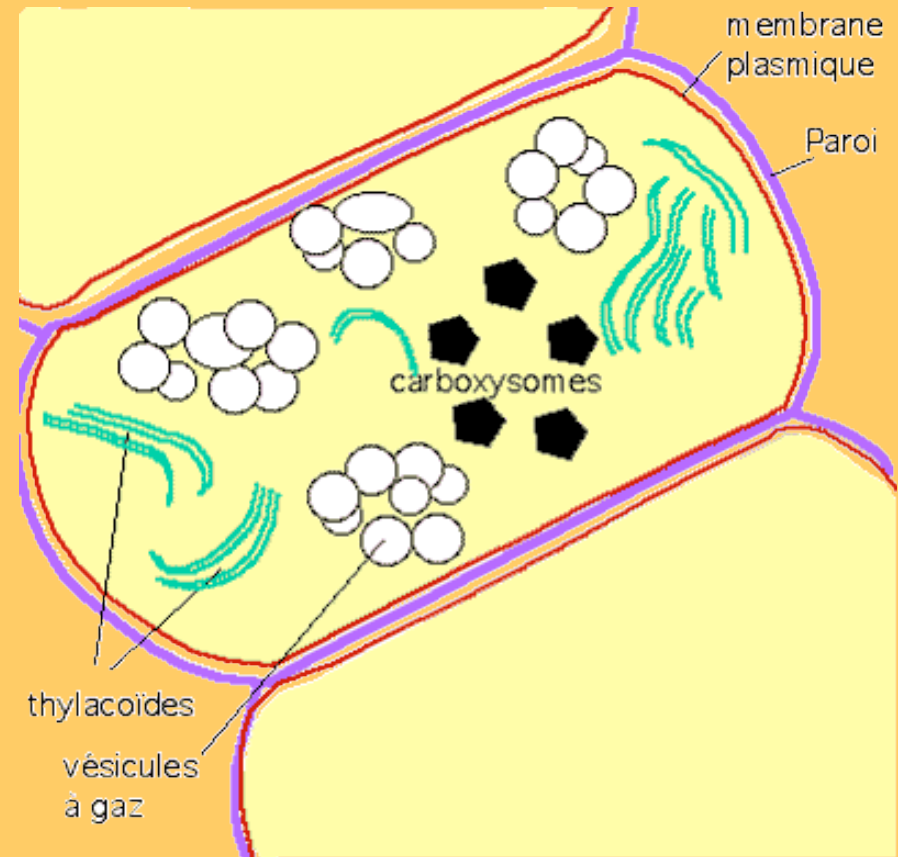
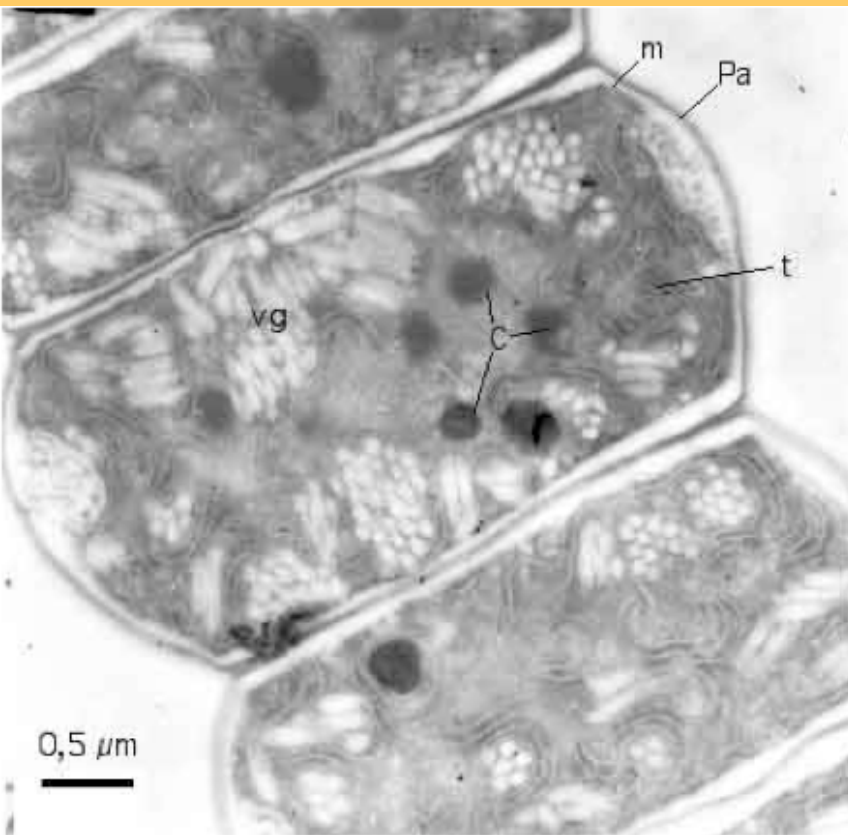
100 nm



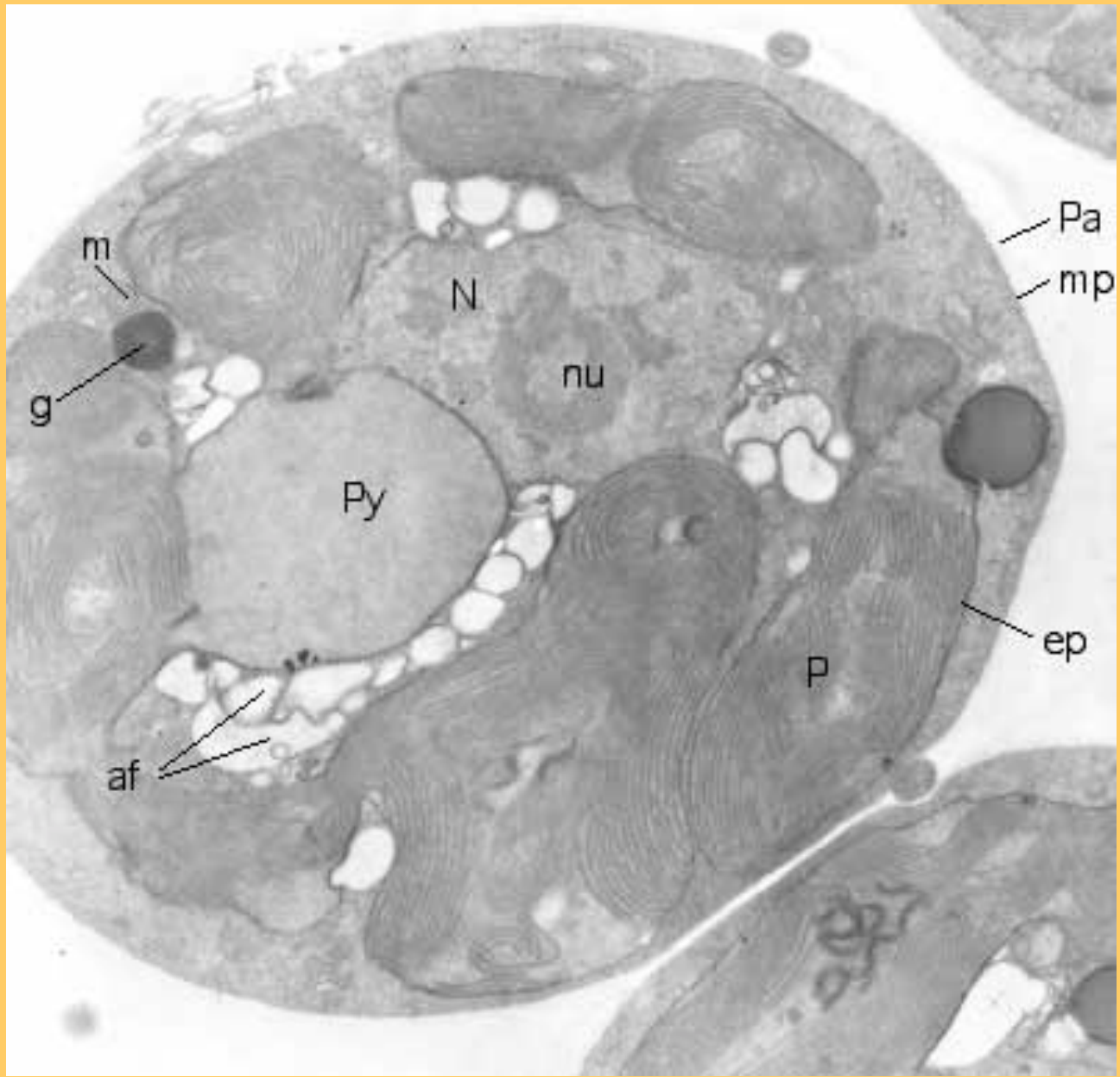
Vue générale d'une cellule d'un filament d'*Oscillatoria* (MET). Les thylacoïdes isolés (T) sont situés à la périphérie de la cellule et portent des phycobilisomes de forme arrondie (Pbt en coupe transversale) ou en bâtonnets (Pbp, en vue de profil). Mp, membrane plasmique ; Pa, paroi, Ri:ribosomes. Il contient aussi des inclusions :

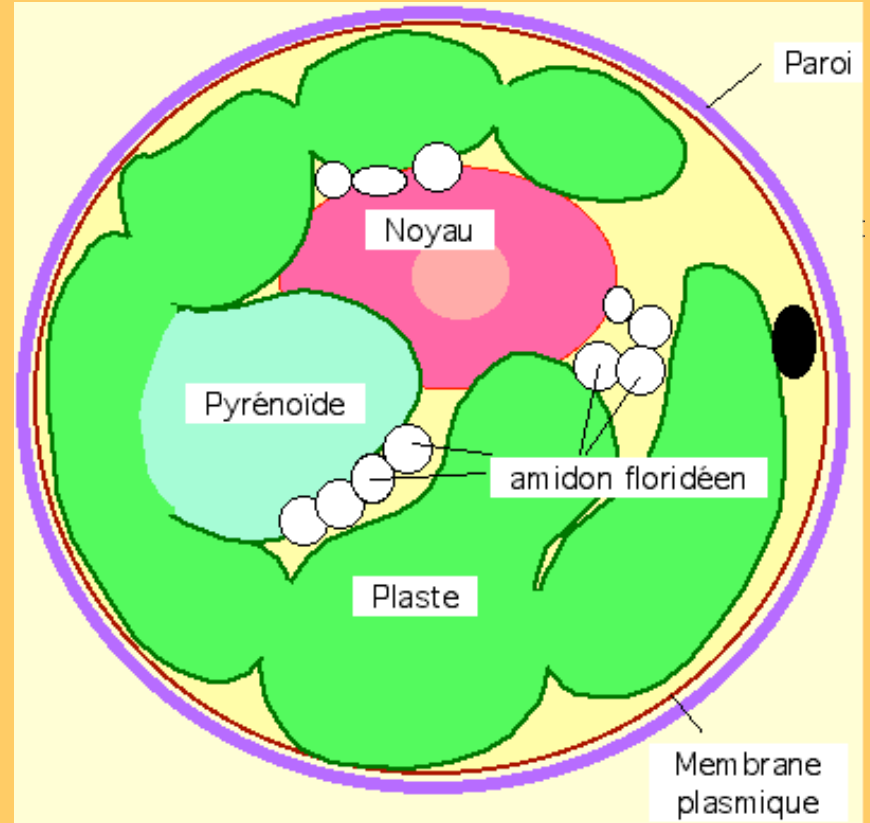
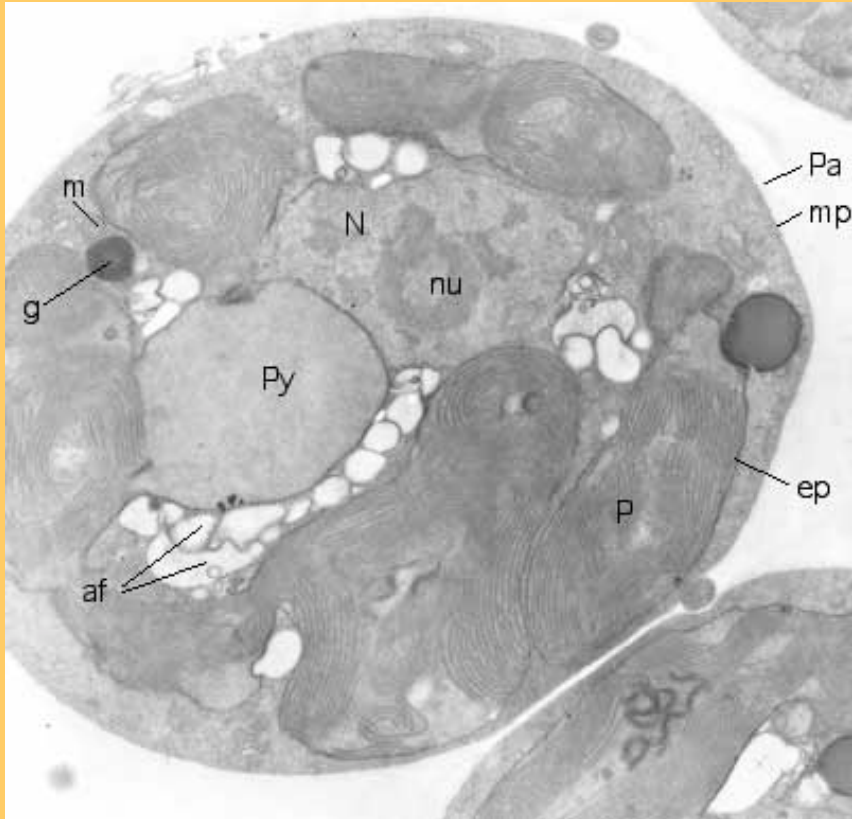
cyanophycine (Cy) polymère de réserves azotées constituées d'aspartate et d'arginine, granules paracrystallins de RuBP-carboxylase ou carboxysomes (Cb) et granules de polyphosphates





Vue générale d'une portion de filament de *Calothrix* au microscope électronique à transmission. C, carboxysomes ; m, membrane plasmique ; Pa, paroi ; t, thylacoïde ; vg,, vésicules gazeuses. (Cliché : Christiane Lichtlé.)





Une algue rouge (Rhodophycées) : Rhodella (www.snv.jussieu.fr/bmedia)

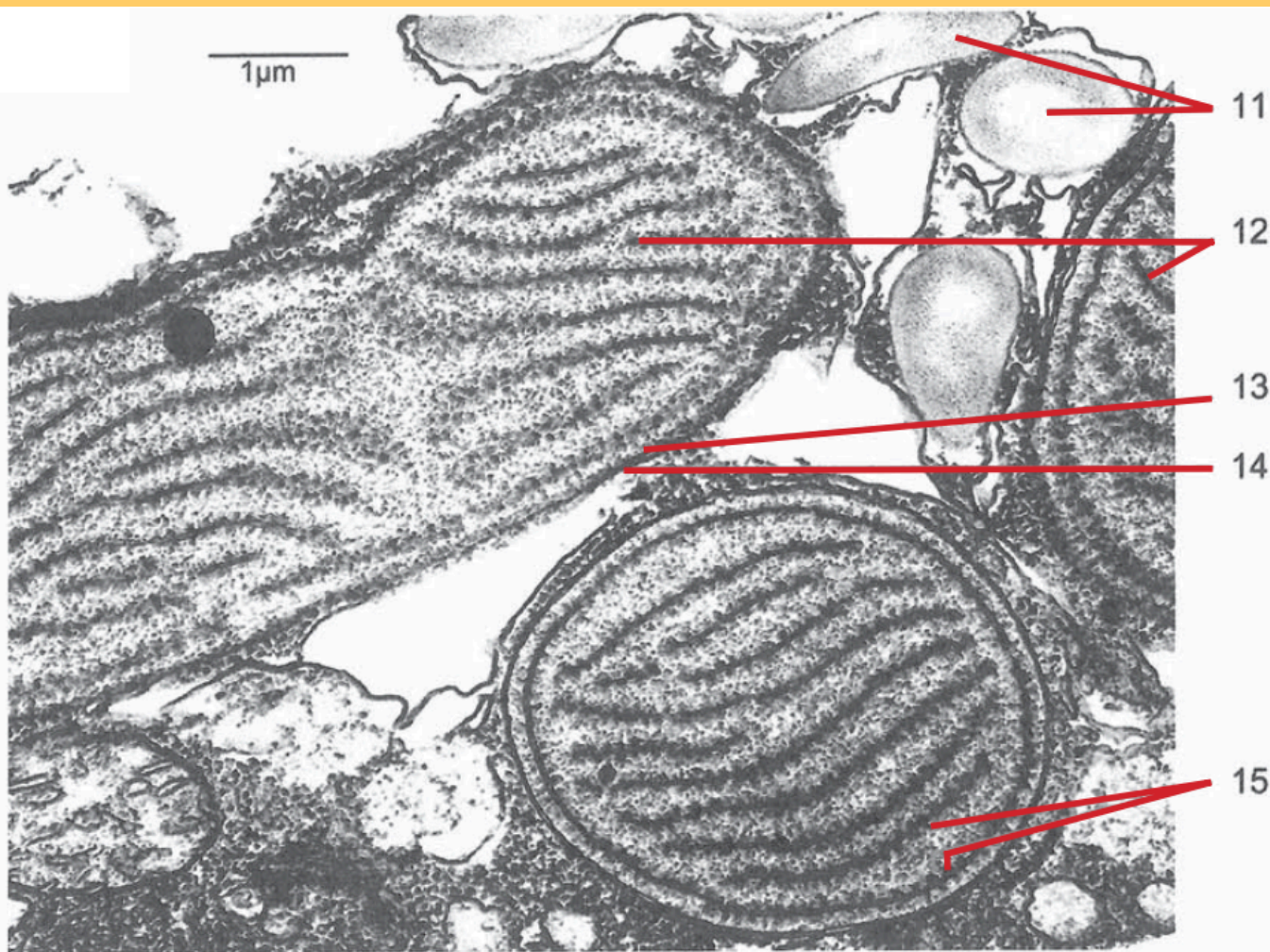
Le Rhodella présente un pyrénnoïde intra plastidial. Cette structure n'existe que chez les Rhodophycées unicellulaires. Les réserves sont constituées d'amidon floridéen à localisation extra plastidiale.

Le chloroplaste est caractérisé par une enveloppe constituée d'une double membrane. Les thylacoïdes sont parallèles entre eux mais jamais accolés.

L'origine des plastes

La comparaison d'organismes photosynthétiques permet de formuler des hypothèses sur l'origine des plastes des cellules eucaryotes.

Légendez les 4 documents A à D



11 : grain d'amidon
extraplastidial

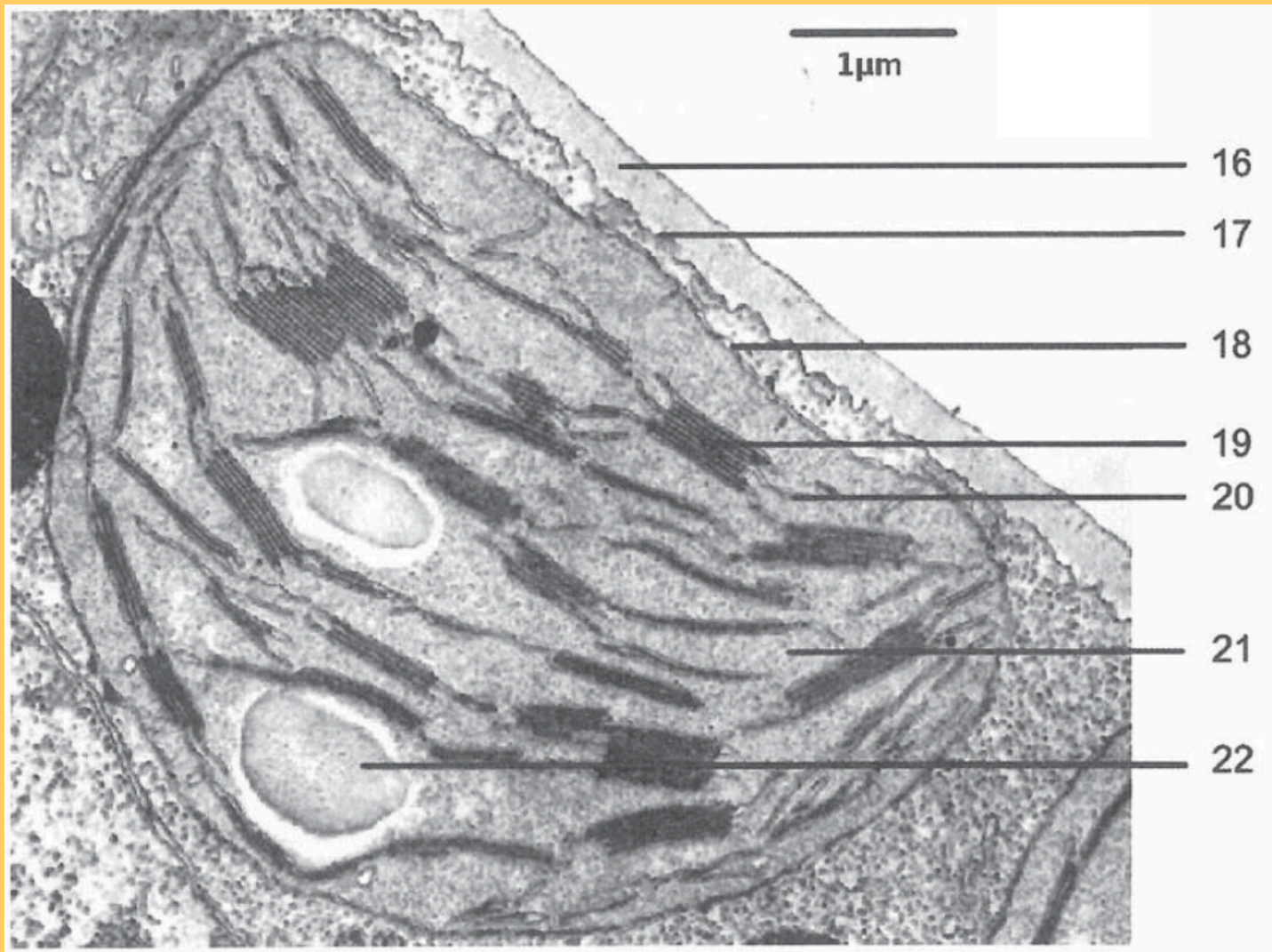
12 = thylacoïdes

13 = membrane
interne du plast;

14= membrane
externe du plaste

15= phycobilisomes

chloroplastes de *Griffithsia sp.* (Rhodophyta, Plantae, Eucaryota) en microscopie électronique.
D'après Curt Pueschel, Department of Biology, SUNY Binghamton, USA.



16: paroi;

17: membrane
plasmique

18: double
membrane
plastidiale

19: thylacoïde
granaire

20: thylacoïde
intergranaire

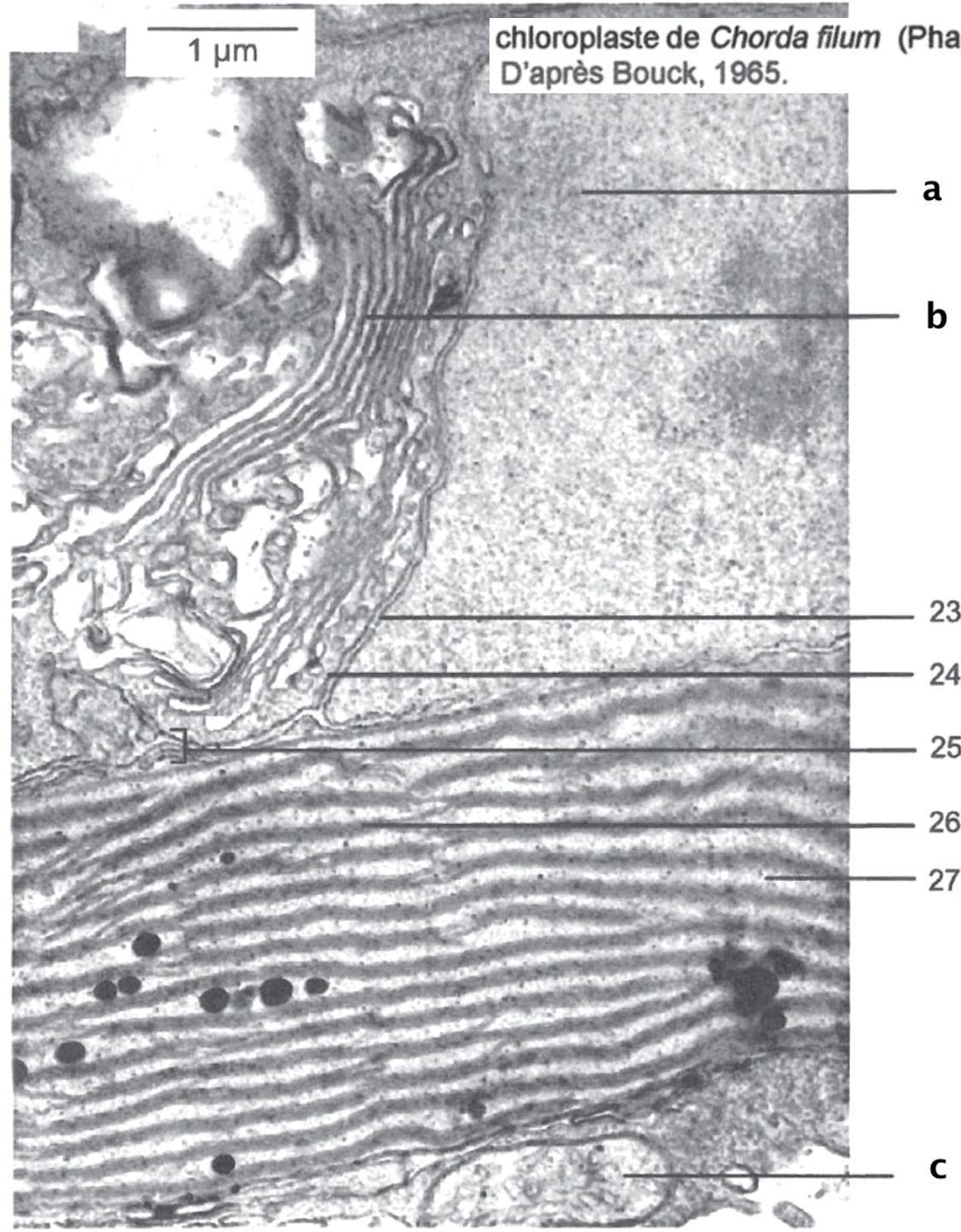
21: stroma

22: grain
d'amidon
intraplastidial

chloroplastes d'épinard, *Spinacia oleacea* (Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), en microscopie électronique. D'après Mike Clayton, Université du Wisconsin, USA.

1 μ m

chloroplaste de *Chorda filum* (Phaeophyceae, Ochrophyta, Heteroconta, Eucaryota)
D'après Bouck, 1965.



a : noyau

b : Appareil de Golgi

23 = membrane nucléaire
interne ;

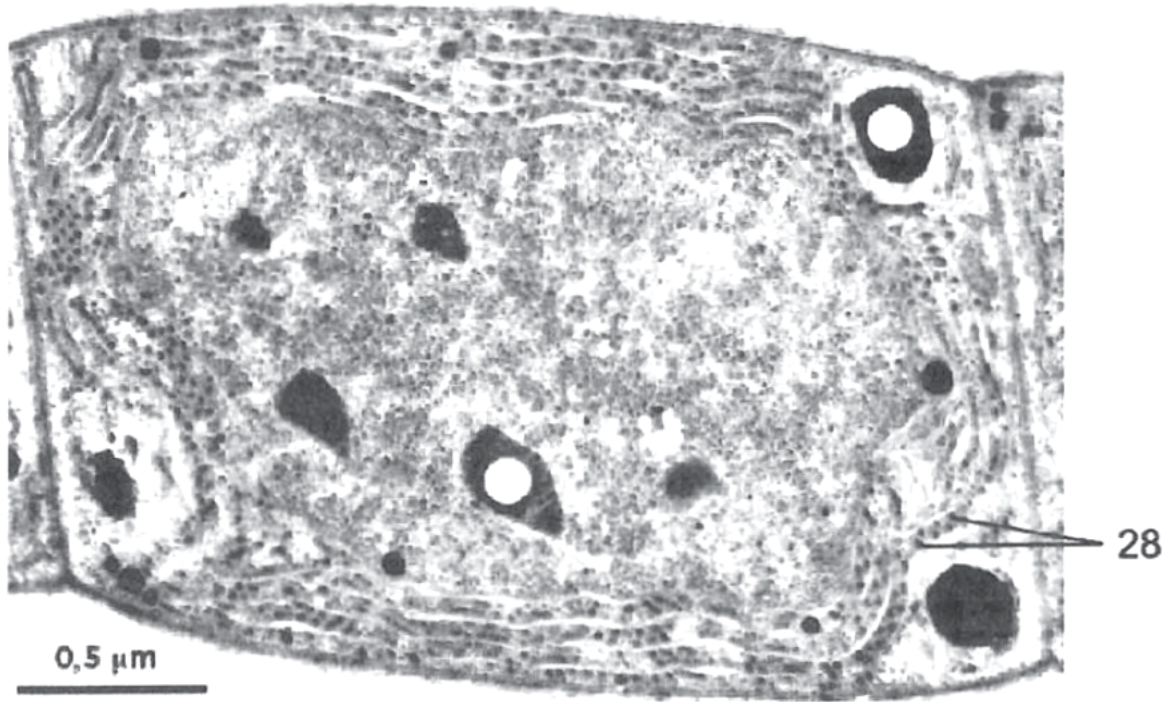
24 = membrane nucléaire
externe ;

25 = quatre membranes
chloroplastiques ;

26 = thylacoïdes ;

27 = stroma ;

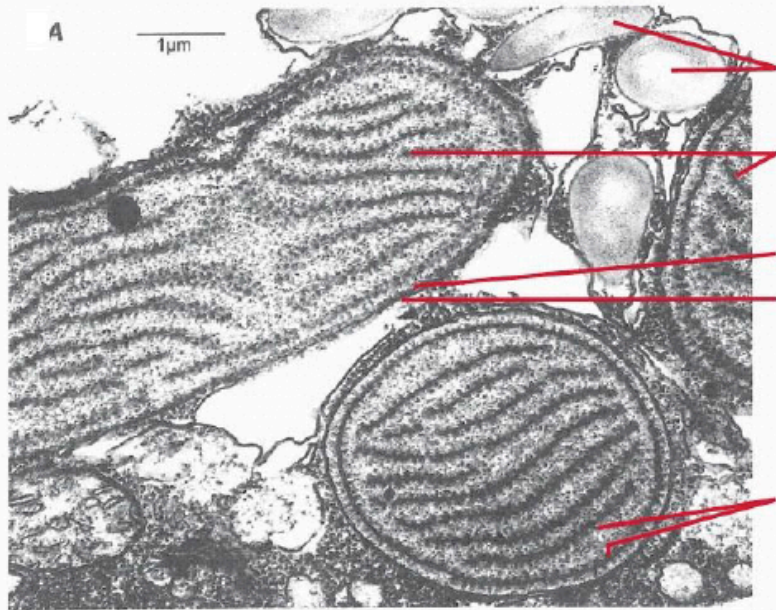
c : Mitochondrie



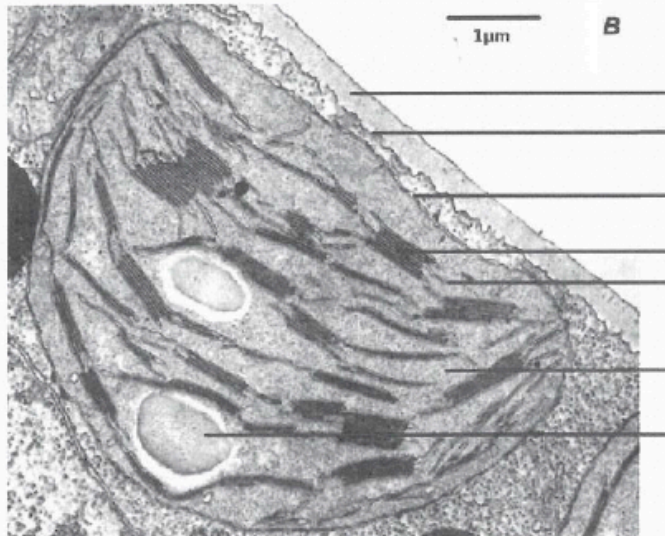
28: phycobilisomes

une cellule d'*Oscillatoria splendida* (Cyanobactéria, Eubacteria) en microscopie électronique.
D'après J.C. Thomas, laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement », ENS, modifié.

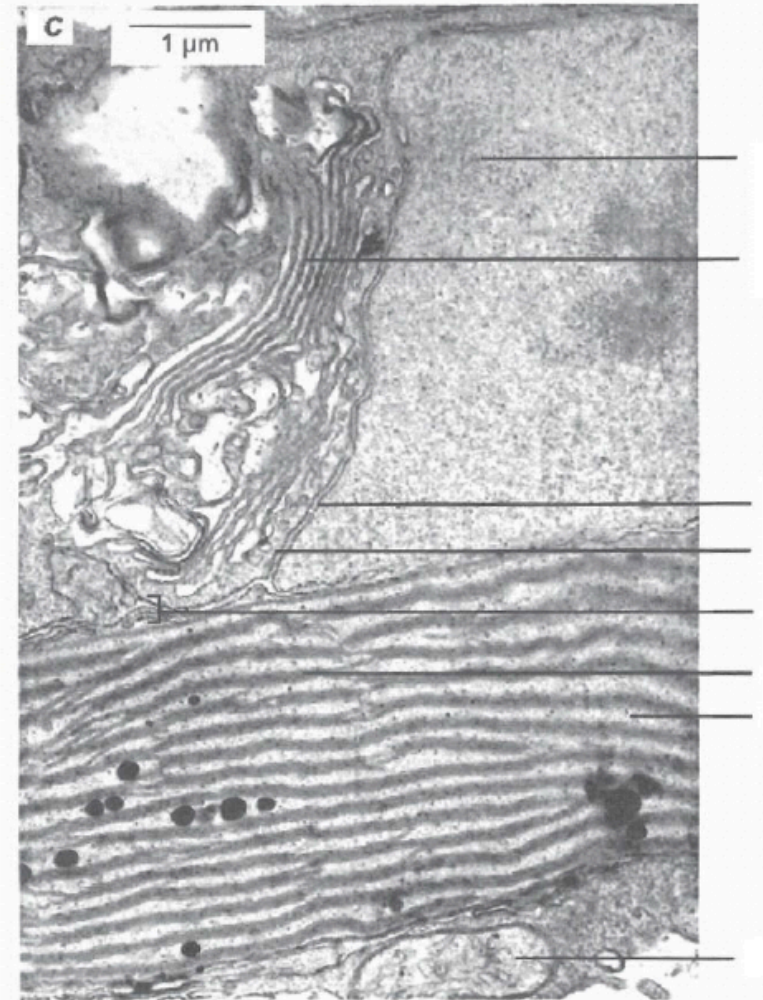
DOCUMENT 1



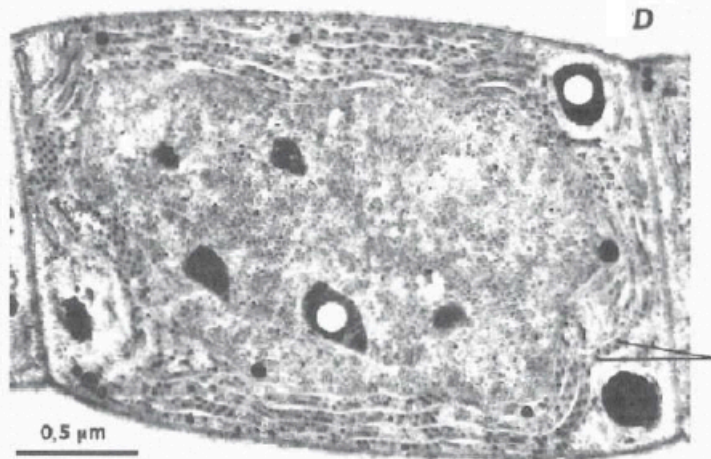
A : chloroplastes de *Griffithsia* sp. (Rhodophyta, Plantae, Eucaryota) en microscopie électronique. D'après Curt Pueschel, Department of Biology, SUNY Binghamton, USA.



B : chloroplastes d'épinard, *Spinacia oleracea* (Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), en microscopie électronique. D'après Mike Clayton, Université du Wisconsin, USA.



C : chloroplaste de *Chorda filum* (Phaeophyceae, Ochrophyta, Heterocontia, Eucaryota) D'après Bouck, 1995.



D : une cellule d'*Oscillatoria splendida* (Cyanobactéria, Eubactéria) en microscopie électronique.
D'après J.C. Thomas, laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement », ENS, modifié.

DOCUMENT 2

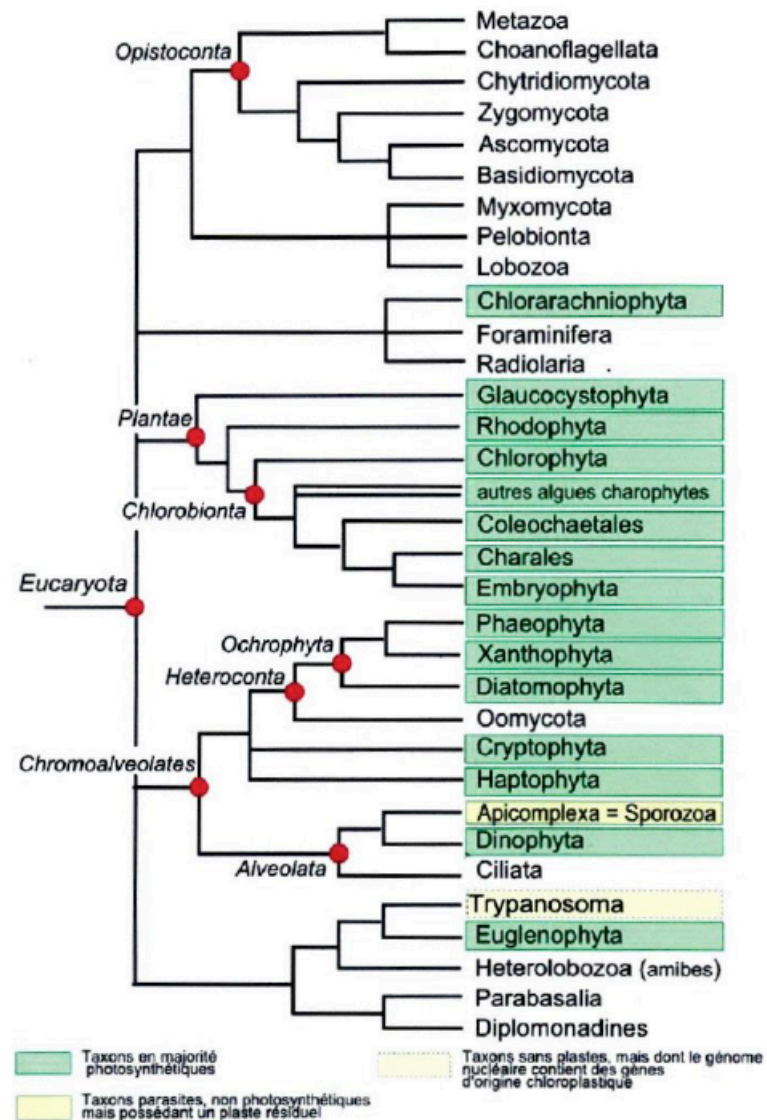
Équipement pigmentaire photosynthétique de quelques Eucaryotes et Eubactéries photosynthétiques.

Taxons	Pigments impliqués dans la photosynthèse
Cyanobacteria	chlorophylle a (un groupe contient en plus de la chlorophylle b) phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Chlorobionta	chlorophylle a chlorophylle b caroténoïdes
Rhodophyta	chlorophylle a phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Fucophyceae	chlorophylle a chlorophylle c caroténoïdes (fucoxanthine)

Remarque : les Fucophyceae appartiennent au taxon des Phaeophyta, Ochrophyta

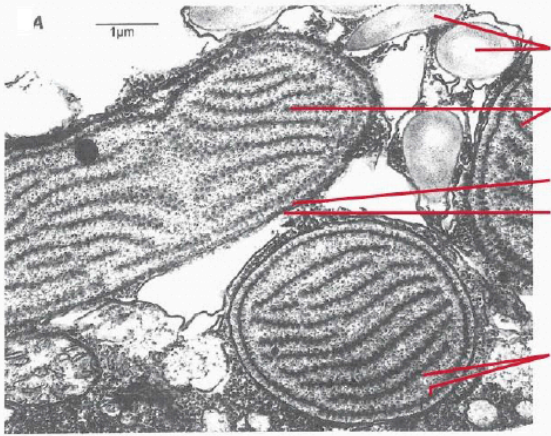
DOCUMENT 3

Phylogénie des Eucaryotes
D'après Leccointre et Le Guyader, 2003, et Keelin, 2004, modifiés

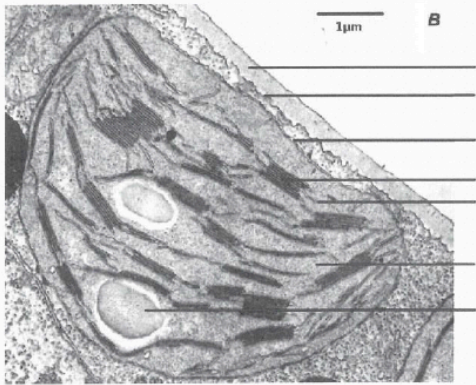


En vous appuyant uniquement sur les informations présentées (ultrastructure des plastes (Documents 1A à 1D) et principaux pigments photoynthétiques (Document 2) et vous appuyant sur la phylogénie des Eucaryotes (Document 3), proposez des hypothèses expliquant l'origine des plastes dans les différentes lignées.

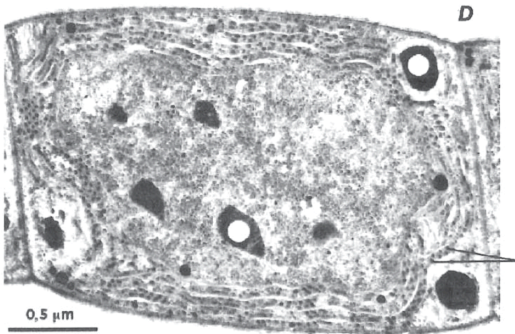
DOCUMENT 1



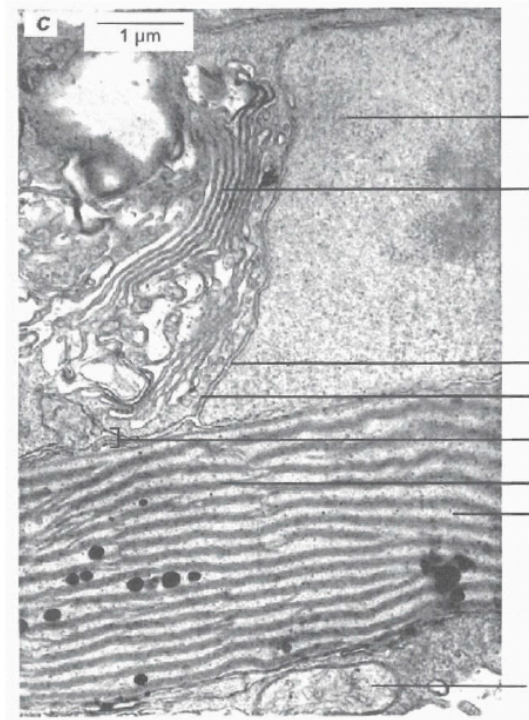
A : chloroplastes de *Griffithsia* sp. (Rhodophyta, Plantae, Eucaryota) en microscopie électronique. D'après Curt Pueschel, Department of Biology, SUNY Binghamton, USA.



B : chloroplastes d'épinard, *Spinacia oleracea* (Angiosperma, Embryophyta, Chlorobionta, Plantae, Eucaryota), en microscopie électronique. D'après Mike Clayton, Université du Wisconsin, USA.



D : une cellule d'*Oscillatoria splendida* (Cyanobactéria, Eubactéria) en microscopie électronique. D'après J.C. Thomas, laboratoire « Organismes Photosynthétiques et Environnement », ENS, modifié.

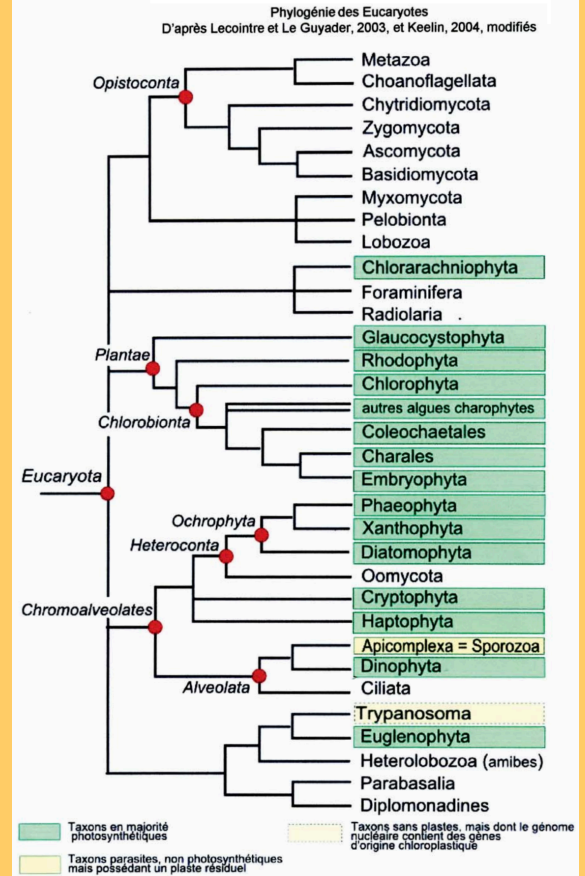


C : chloroplaste de *Chorda filum* (Phaeophyceae, Ochrophyta, Heterocontia, Eucaryota) D'après Bouck, 1985.

Équipement pigmentaire photosynthétique de quelques Eucaryotes et Eubactéries photosynthétiques.

Taxons	Pigments impliqués dans la photosynthèse
Cyanobacteria	chlorophylle a (un groupe contient en plus de la chlorophylle b) phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Chlorobionta	chlorophylle a chlorophylle b caroténoïdes
Rhodophyta	chlorophylle a phycocyanine allophycocyanine phycoérythrine caroténoïdes
Fucophyceae	chlorophylle a chlorophylle c caroténoïdes (fucoxanthine)

Remarque : les Fucophyceae appartiennent au taxon des Phaeophyta, Ochrophyta



Comparaison des structures

Les documents présentent l'ultrastructure des chloroplastes de trois organismes photosynthétiques (algue rouge, angiosperme et algue brune) ainsi que celle d'une cellule « entière », une cyanobactérie. Éléments de comparaison :

- nombre de membranes autour du plaste,
- aspect des thylacoïdes,
- emplacement de l'amidon,
- présence de phycobilisomes, taille...)

La comparaison de l'équipement pigmentaire montre que tous ces organites photosynthétiques ainsi que la cellule cyanobactérienne possèdent de la chlorophylle a et des caroténoïdes.

Chorda phylum, algue brune, possède un caroténoïde particulier, la fucoxanthine, que l'on ne retrouve pas ailleurs.

Les chlorophylles, en dehors de la chl a, sont également diverses : seuls les Chlorobiontes possèdent de la chl. b ; les algues brunes de la chl. c.

Le plaste des algues rouges et la cellule cyanobactérienne possèdent le même arrangement des thylacoïdes portant des phycobillisomes, associés aux mêmes pigments.

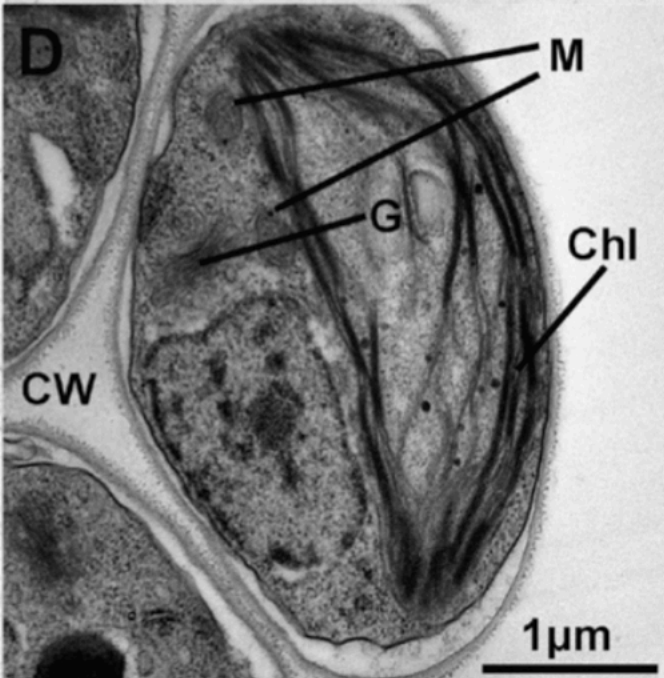
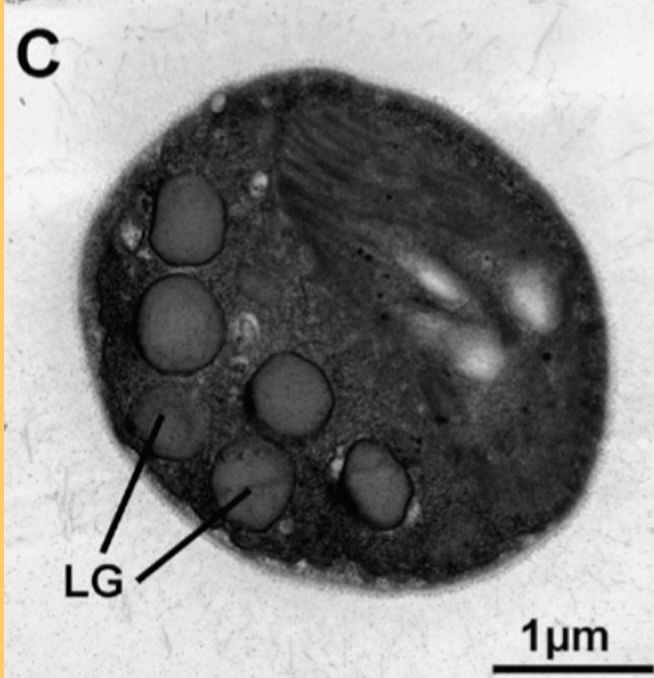
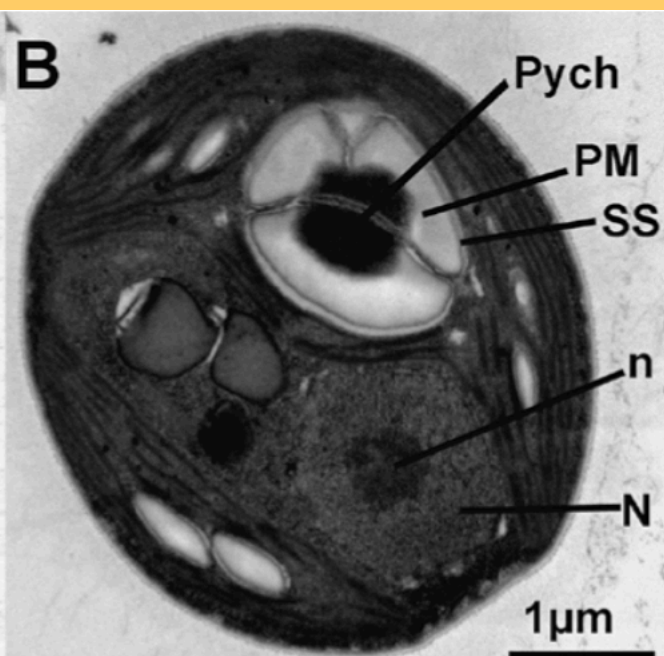
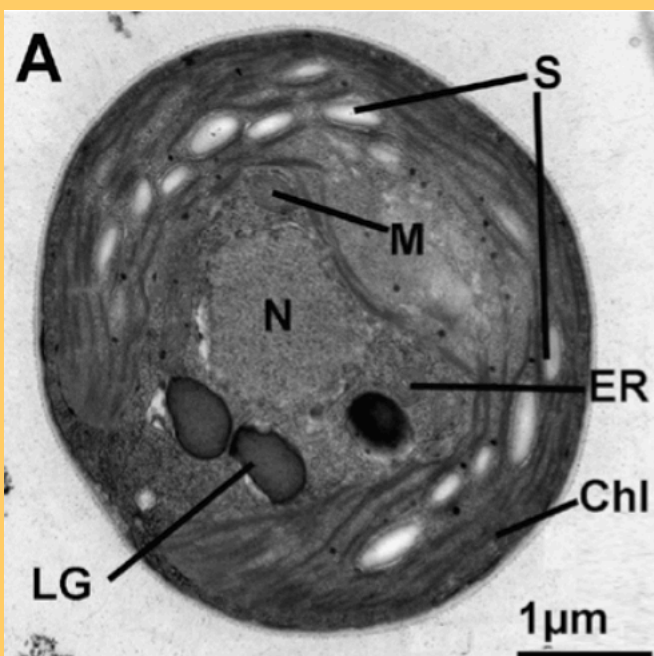
Conclusion: diversité structurale et biochimique des plastes eucaryotes, malgré le partage de caractères (présence de chlorophylle a, de thylacoïdes). L'hypothèse d'un lien entre ces plastes et les Cyanobactéries peut être envisagée.

Hypothèses sur l'origine des plastes dans les grandes lignées photosynthétiques fondées sur l'ultrastructure des plastes et sur la phylogénie des eucaryotes.

Principe: On s'appuie sur l'arbre des Eucaryotes proposé par l'énoncé.

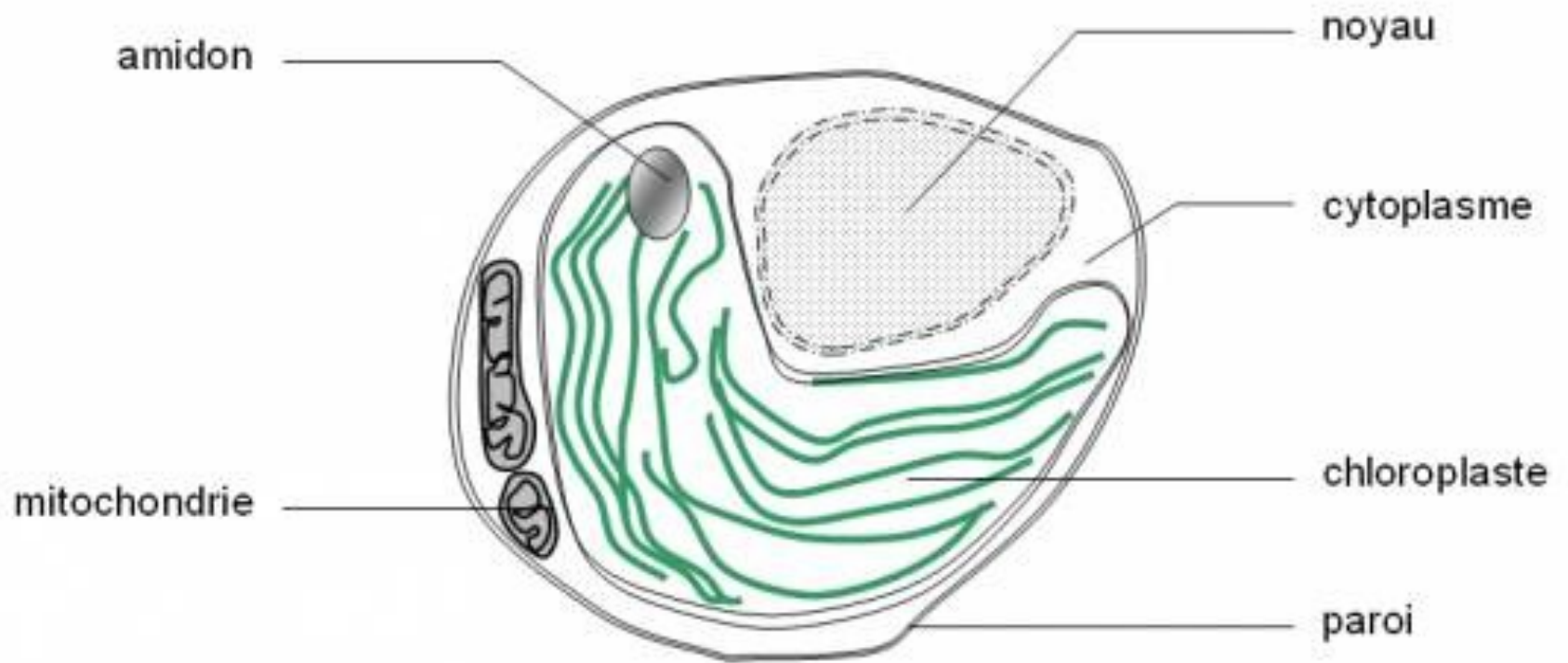
Démarche: On replace les taxons dans la phylogénie :

- Les Eucaryotes photosynthétiques sont répartis au sein de nombreuses lignées ; ils ne forment pas un groupe monophylétique (cependant on pouvait noter que l'arbre des Eucaryotes n'est pas encore résolu à la racine). La photosynthèse est intimement liée à la possession de chloroplastes fonctionnels, contenant de la chlorophylle et des pigments accessoires.
- En dehors des Plantae dont la monophylie est avérée, la photosynthèse (donc l'acquisition des plastes) apparaît dans plusieurs groupes, au sein d'organismes hétérotrophes. On peut donc émettre l'hypothèse de la diversité de l'origine de la photosynthèse, avec pertes possibles (certains taxons ont du perdre leur capacité à effectuer la photosynthèse, en perdant leurs chloroplastes -Trypanosomes- ou la capacité à effectuer la photosynthèse, bien que conservant un plaste résiduel -Apicomplexés-)

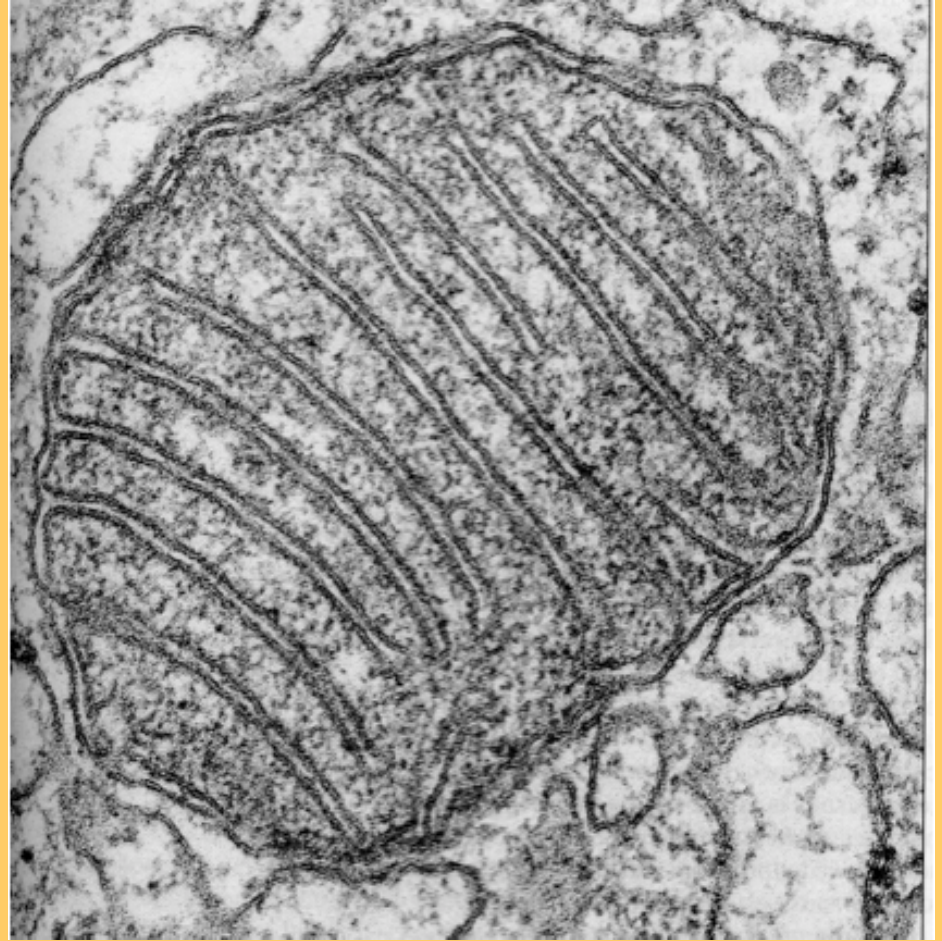
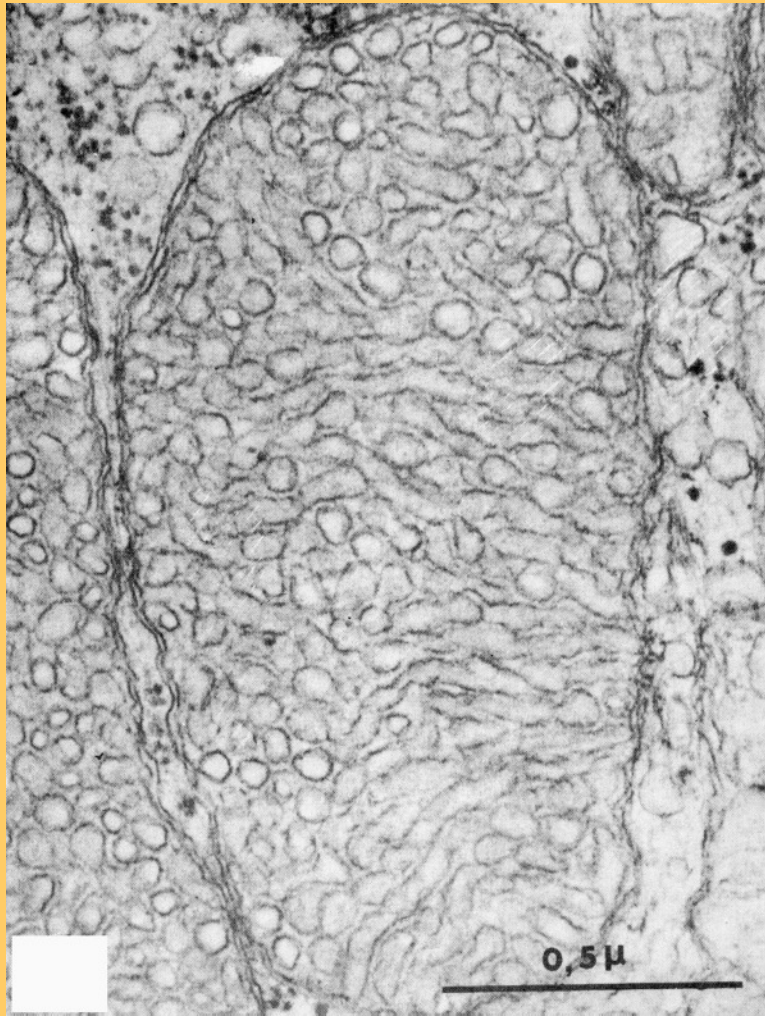


Électronographie d'une chlorelle cultivée selon différentes conditions.

S : grain d'amidon, **M** : mitochondrie, **N** : noyau,
ER : réticulum endoplasmique
Chl : thylacoïde stromatique du chloroplaste
LG : globule lipide, **P** : pyrenoïde,
SS-gaine d'amidon, **n**: nucléole,
CW : paroi cellulaire
G : appareil de Golgi



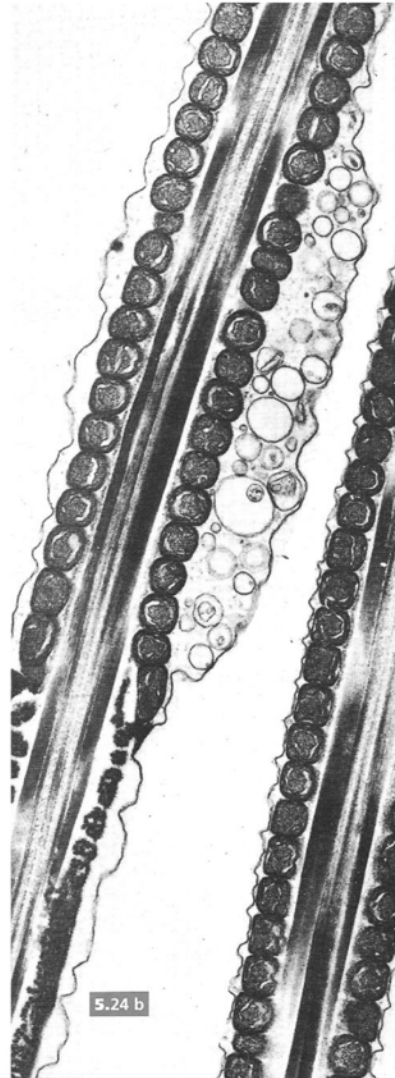
chlorelle (algue verte unicellulaire)
diamètre cellulaire d'environ 5 μm



Mitochondries



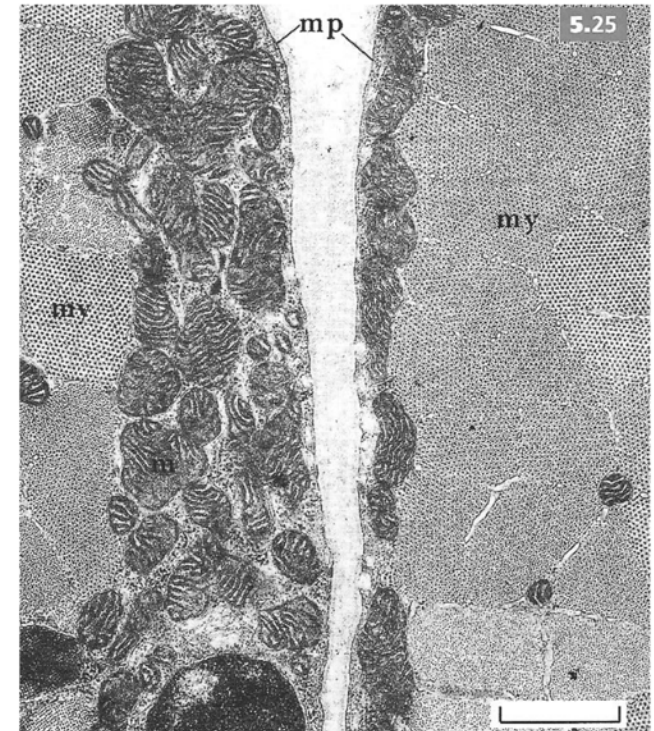
Mitochondries à crêtes parallèles. Cellule conjonctive. Ovaire de Hamster (x 70 000).



Mitochondries : associations fonctionnelles.

A gauche : flagelle de spermatozoïde.

A droite : fibres musculaires en CT. (MET)

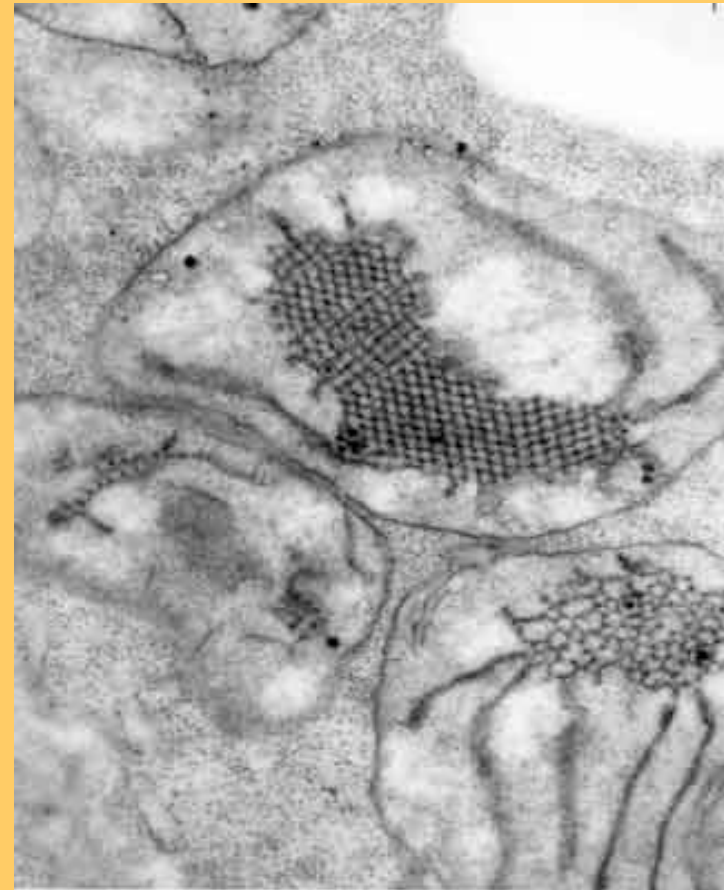
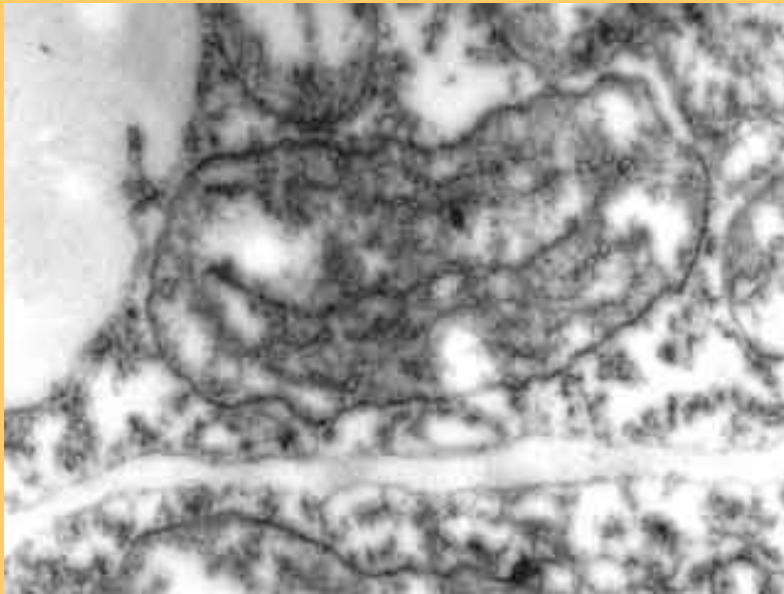


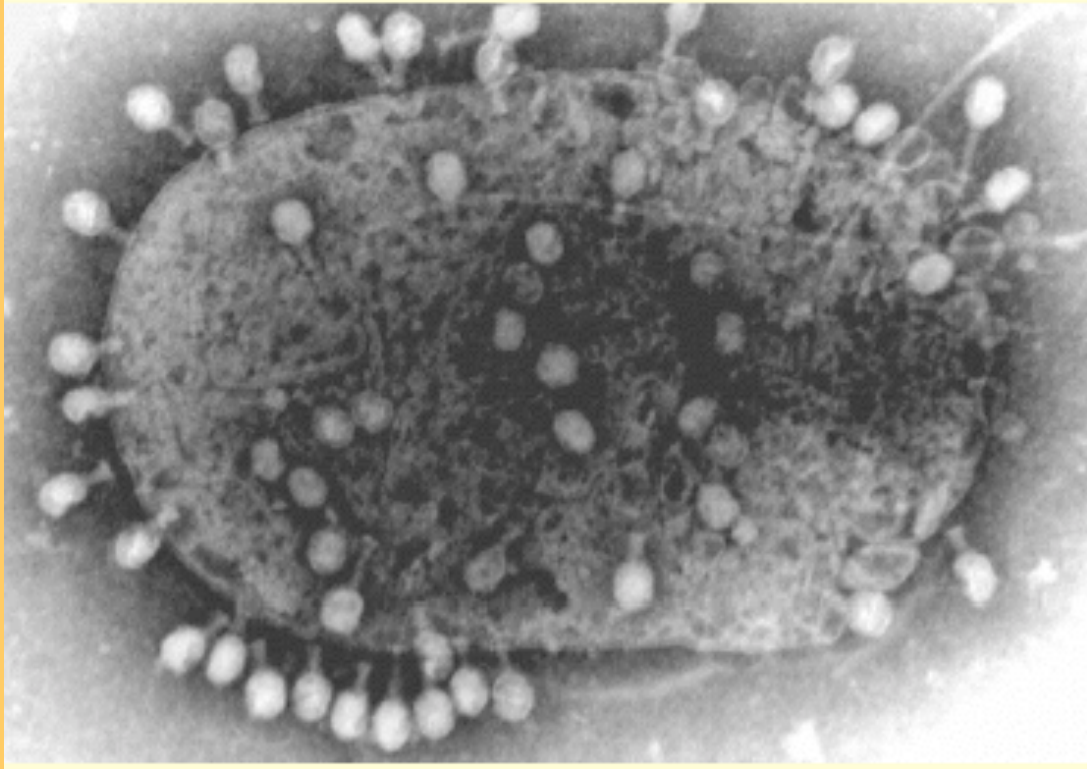


Proplastés de jeunes feuilles de maïs :
aucun thylacoïde, uniquement qqs vésicules émises
à partir de la mb int de l'enveloppe

Proplastés plus âgés : début de différenciation.
Les vésicules issues de la membrane interne de
l'enveloppe s'associent progressivement en
thylacoïdes parallèles entre eux.

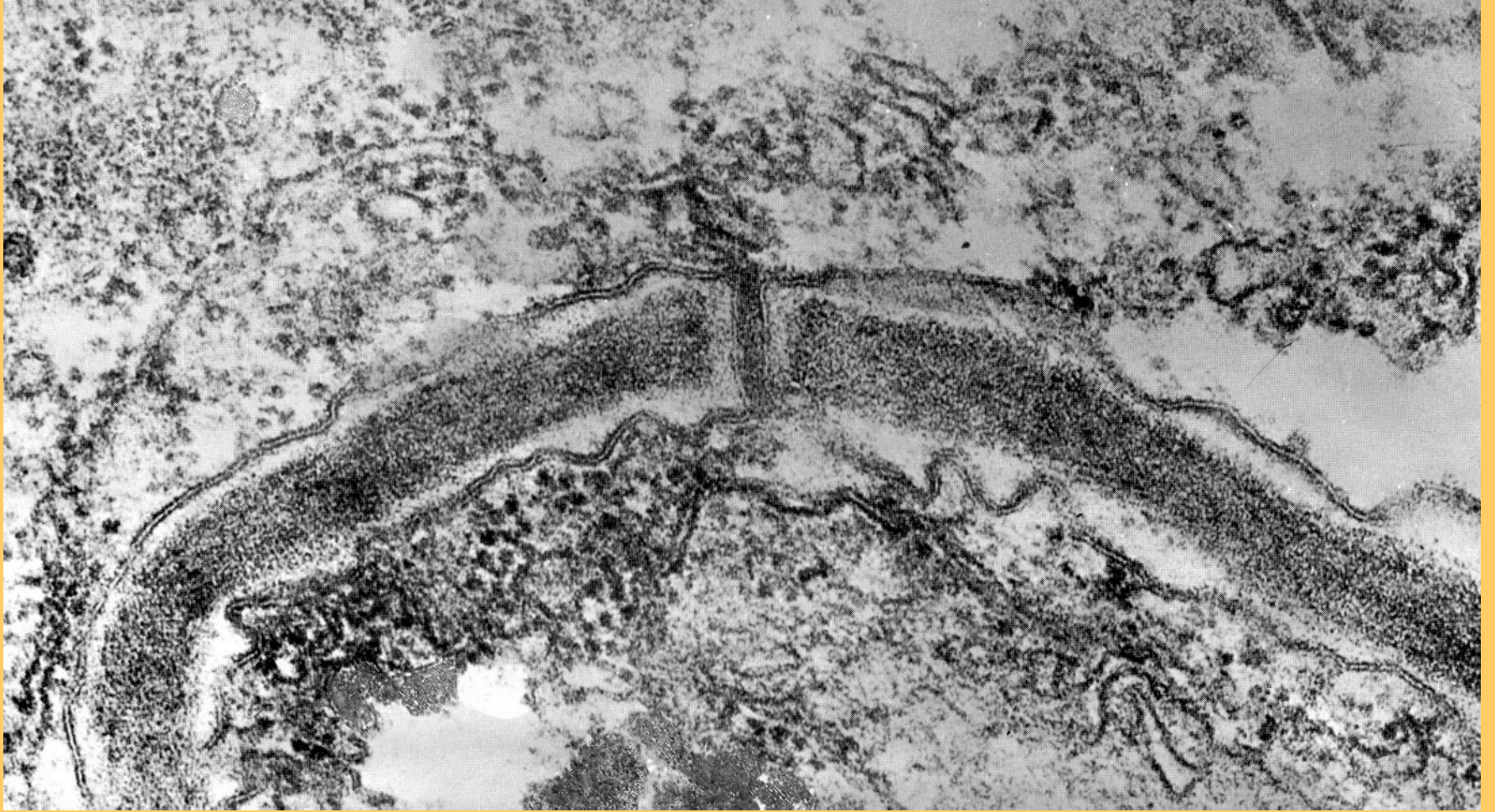
Etioplastés de germinations étioilées



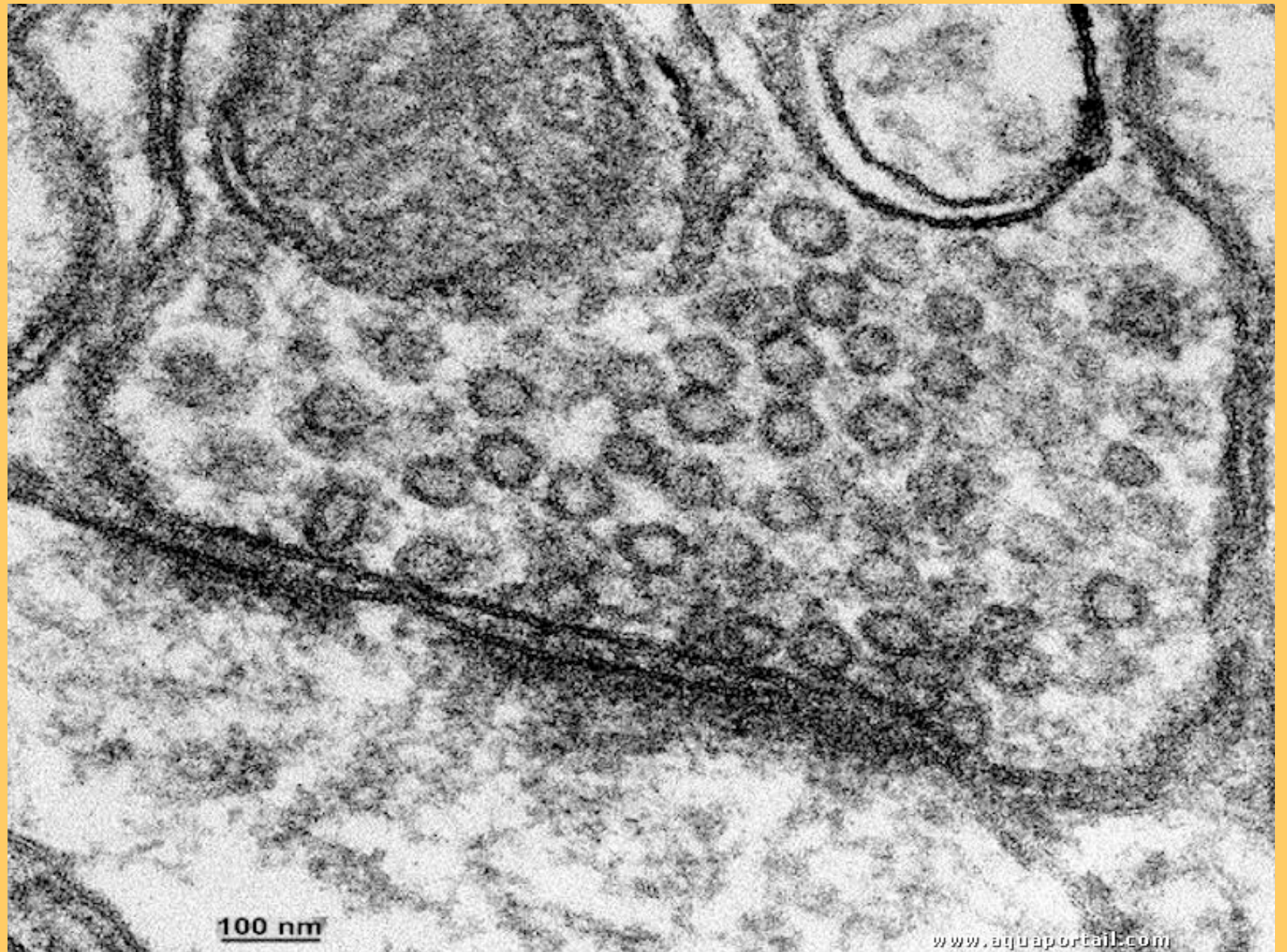


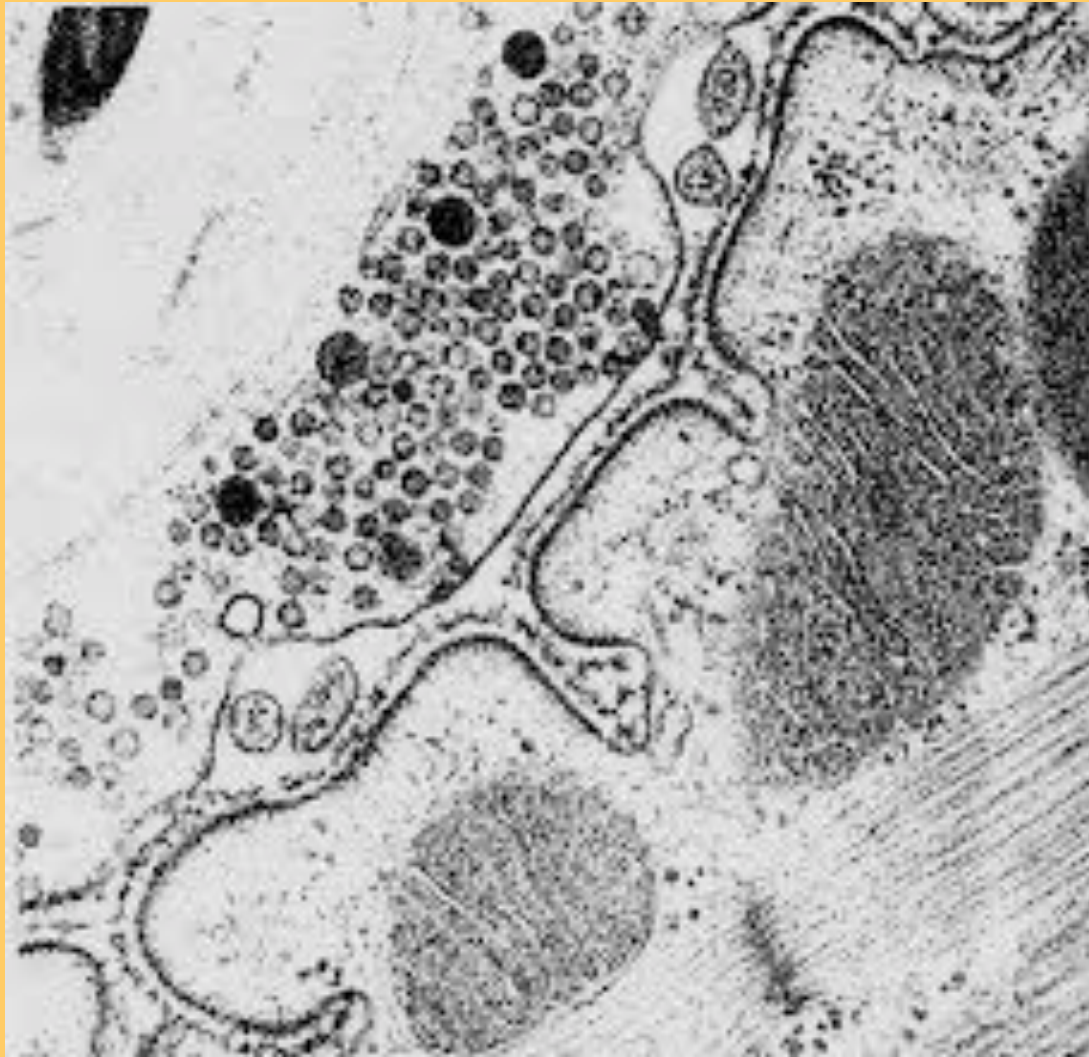
0,5 μm



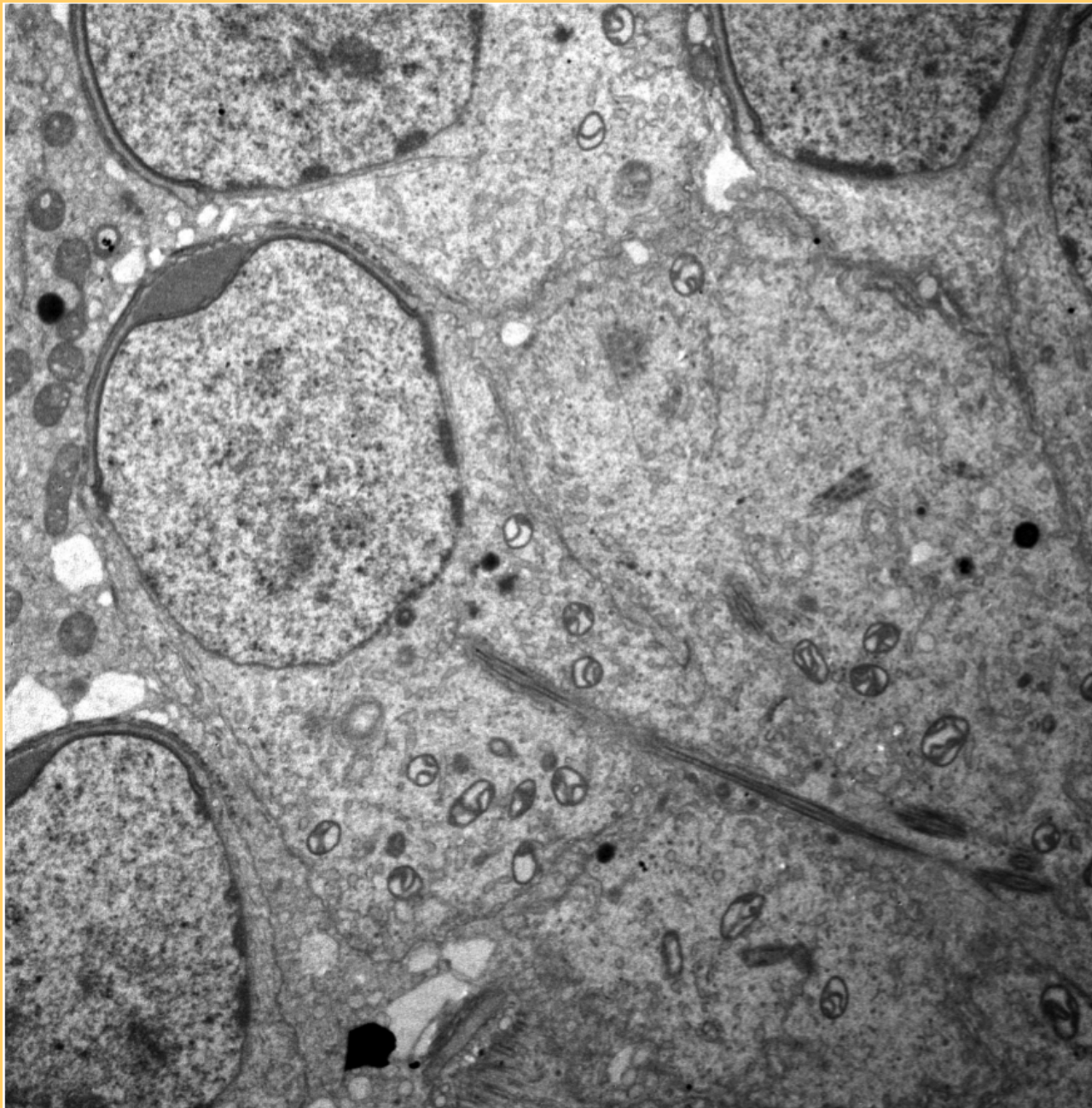


—
3 μm





—
200 nm



2 microns

Direct Mag = 7500x

