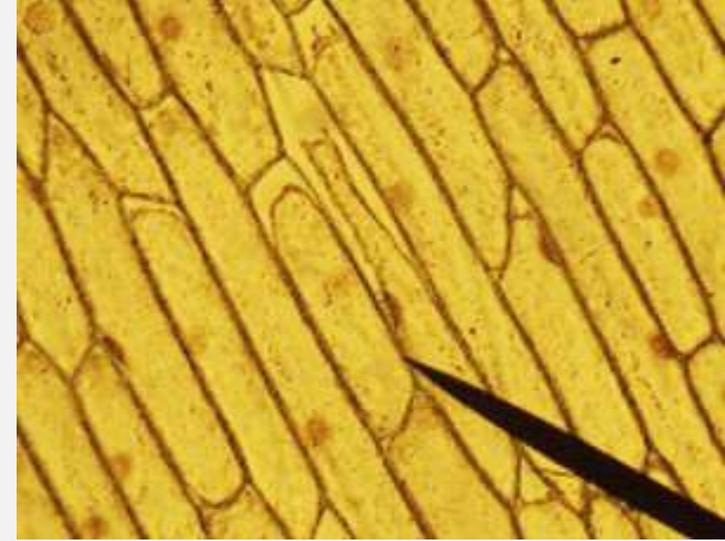


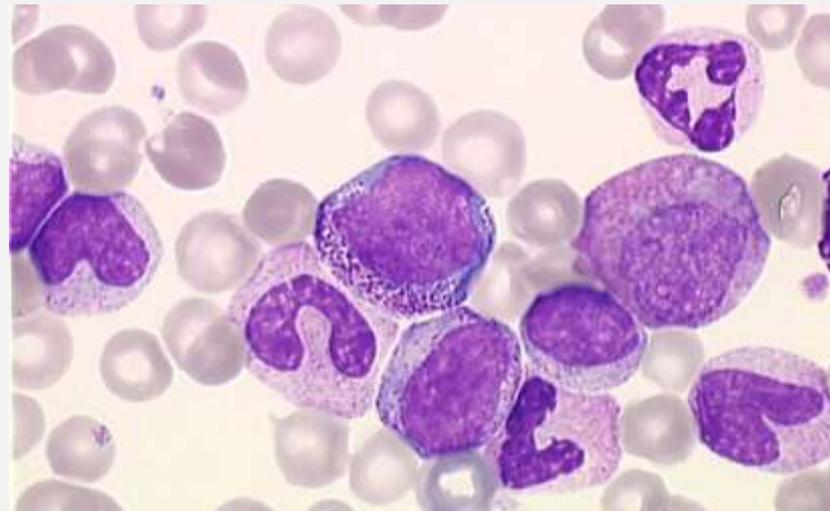
SV – C La cellule dans son environnement

Chapitre SV – C – 2 : Organisation fonctionnelle de la cellule



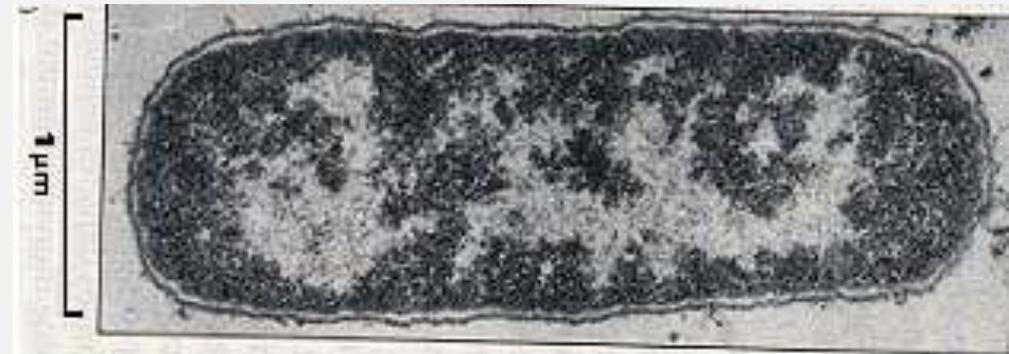
Cellules d'épiderme d'oignon
(MO x 100 ; coloration lugol)

<http://www.catherinefol.com/education/Observation%20microscope/cellules%20vivantes/>



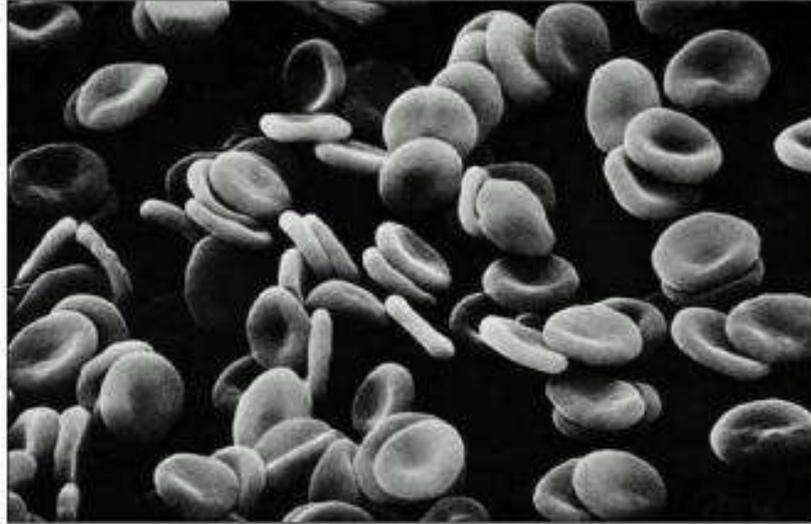
Cellules sanguines en MO

http://blog.crdp-versailles.fr/declicsvt/index.php/image/Unite_cellulaire/leucocytes_et_hematies



Eubactérie en MET

<http://web.selection.free.fr/sujetbio/CCF-SC1-1999.htm>



5 μ m

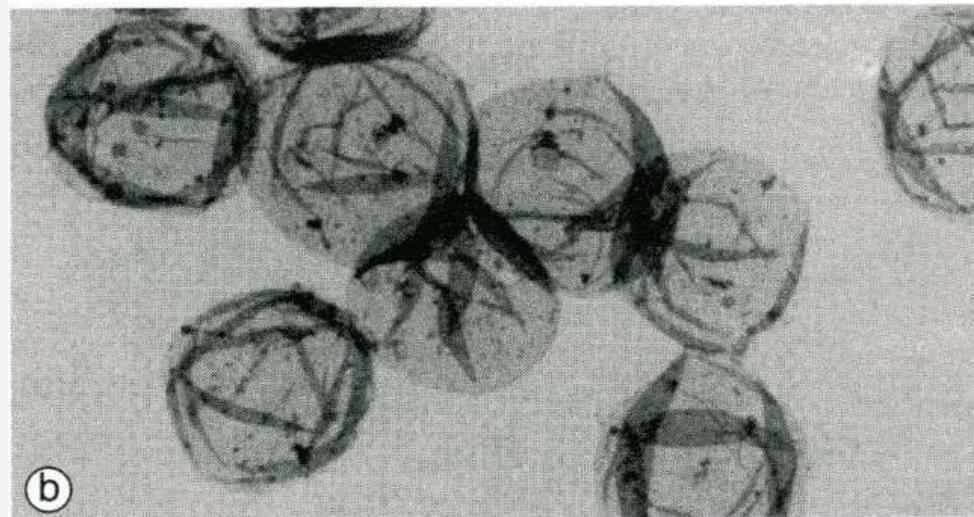
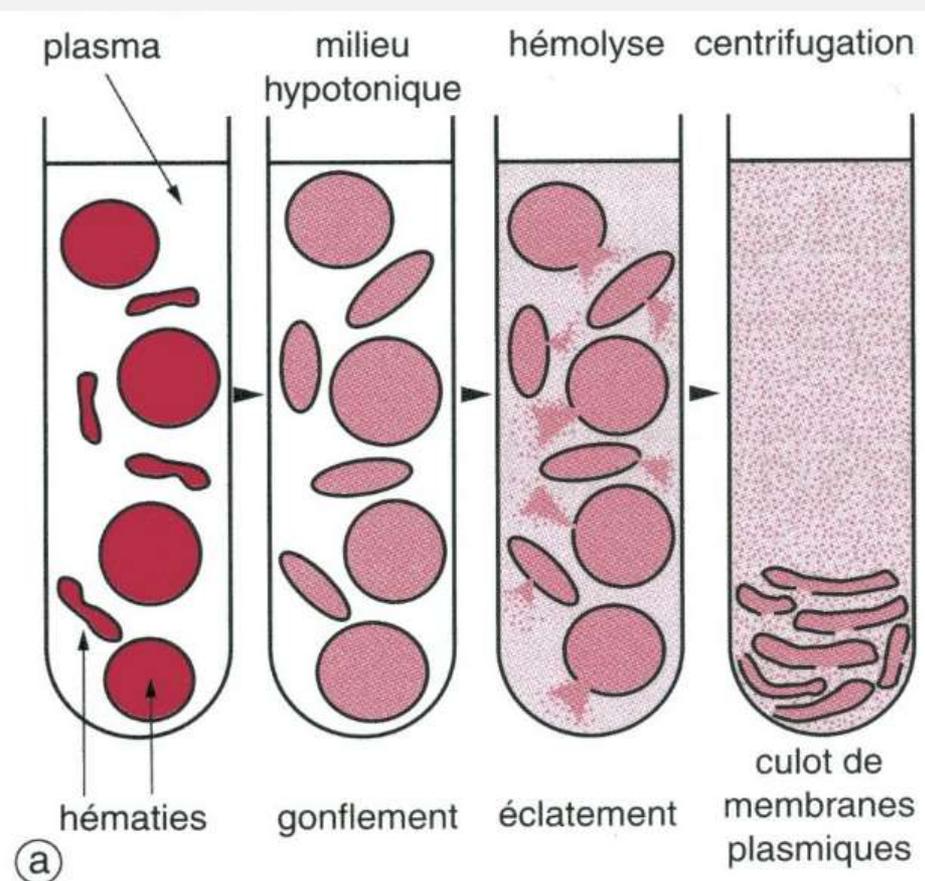
Hématies humaines en MEB.

(B. Alberts et al. « Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).

a. Protocole d'obtention des fantômes d'hématies de Mammifères.

b. Fantômes d'hématies en MET.

(CALLEN JC., " Biologie cellulaire : des molécules aux organismes " ; Dunod Ed., 1999).



ON BIMOLECULAR LAYERS OF LIPOIDS ON THE CHROMOCYTES OF THE BLOOD.

By E. GORTER, M.D., AND F. GREDEL.

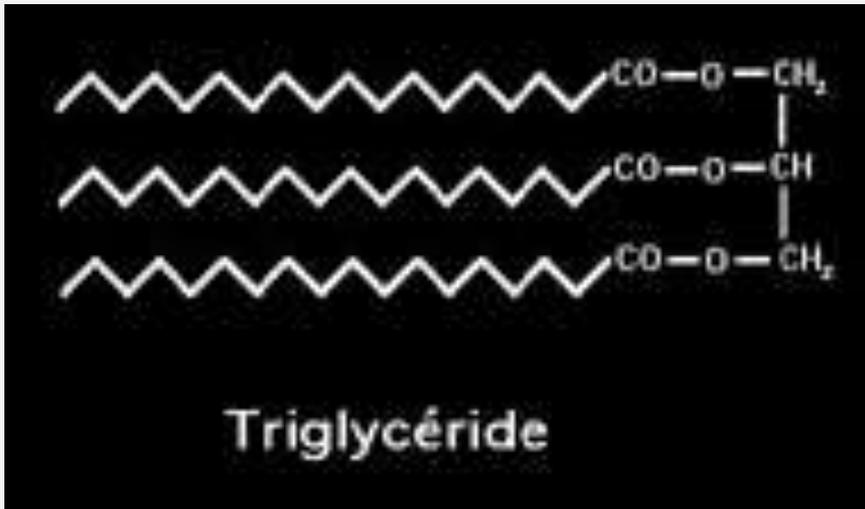
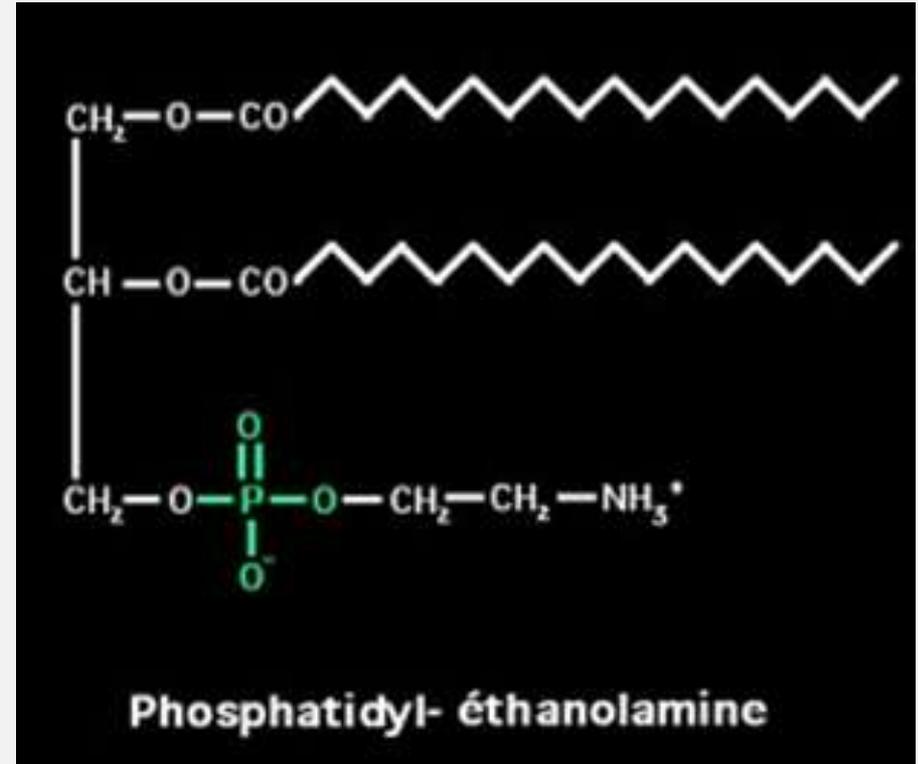
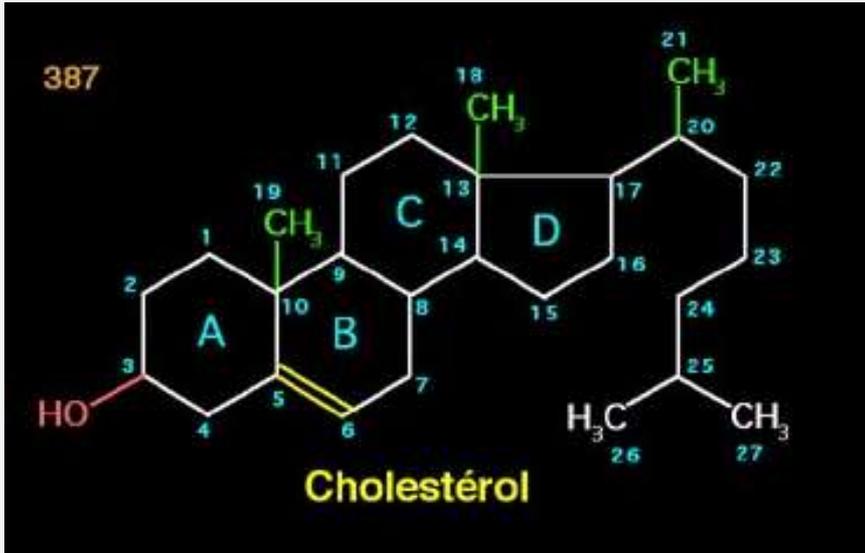
(From the Laboratory of Pediatrics of the University of Leiden, Leiden, Holland.)

(Received for publication, December 15, 1924.)

TABLE I.

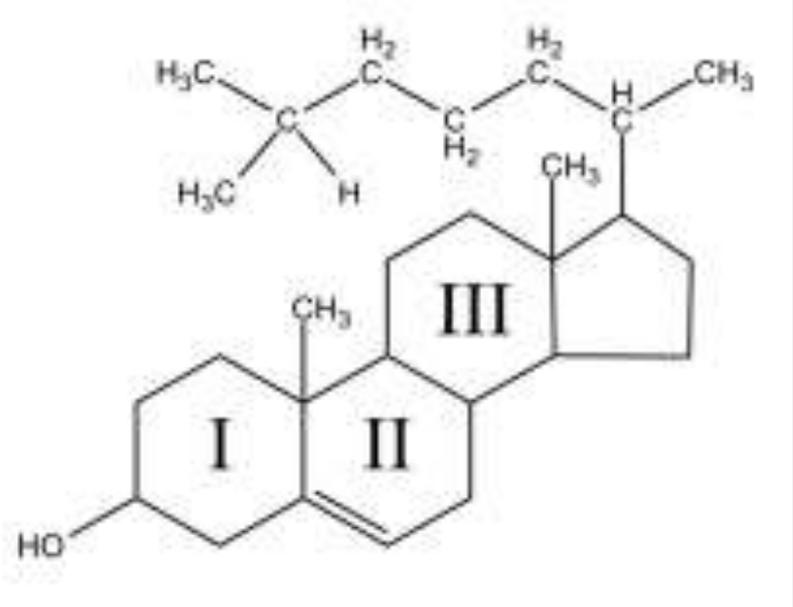
	Animal.	Amount of blood used for the analysis.	No. of chromocytes per c.mm.	Surface of one chromocyte.	Total surface of the chromocytes (a).	Surface occupied by all the lipoids of the chromocytes (b).	Factor a:b.
		gm.		sq. μ	sq. m.	sq. m.	
1	Dog A	40	8,000,000	98	31.3	62	2
2		10	6,890,000	90	6.2	12.2	2
3	Sheep 1	10	9,900,000	29.8	2.95	6.2	2.1
4		9	9,900,000	29.8	2.65	5.8	2.2
5	Rabbit A	10	5,900,000	92.5	5.46	9.9	1.8
6		10	5,900,000	92.5	5.46	8.8	1.6
7		0.5	5,900,000	92.5	0.27	0.54	2
8	" B	1	6,600,000	74.4	0.49	0.96	2
9		10	6,600,000	74.4	4.9	9.8	2
10		10	6,600,000	74.4	4.9	9.8	2
11	Guinea Pig A	1	5,850,000	89.8	0.52	1.02	2
12		1	5,850,000	89.8	0.52	0.97	1.9
13	Goat 1	1	16,500,000	20.1	0.33	0.66	2
14		1	16,500,000	20.1	0.33	0.69	2.1
15		10	19,300,000	17.8	3.34	6.1	1.8
16		10	19,300,000	17.8	3.34	6.8	2
17		1	19,300,000	17.8	0.33	0.63	1.9
18	Man.	1	4,740,000	99.4	0.47	0.92	2
19		1	4,740,000	99.4	0.47	0.89	1.9

Quelques lipides

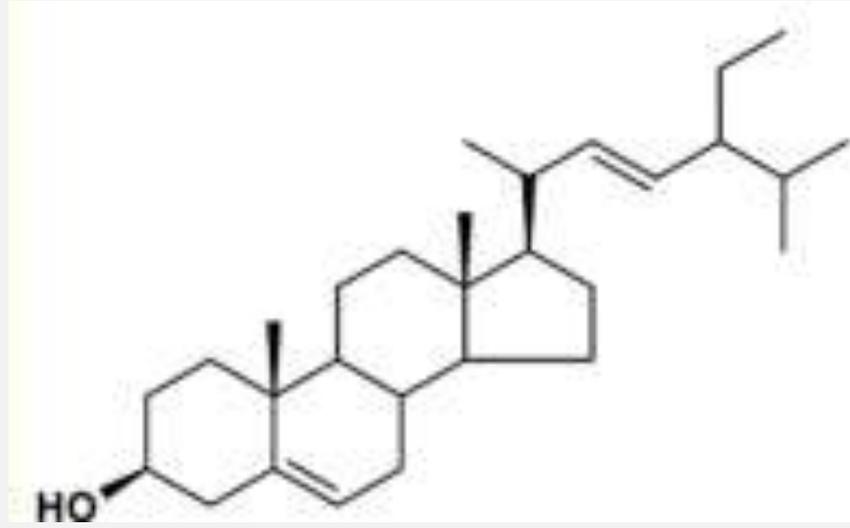


Cholestérol et phosphatidyl-éthanolamine sont des lipides membranaires

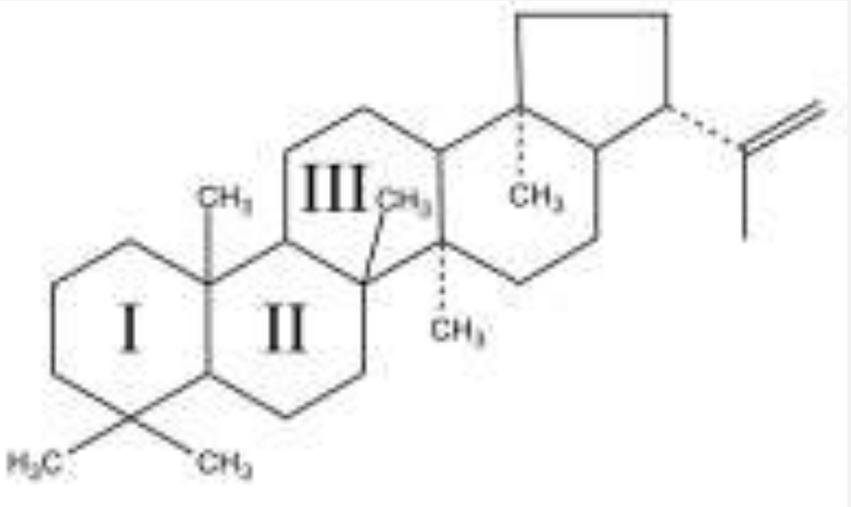
Chez les animaux : cholestérol



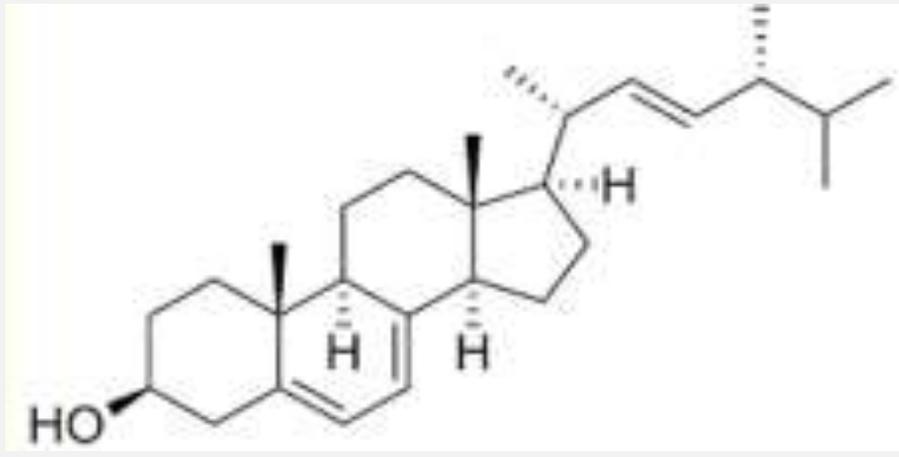
Chez les végétaux : stigmastérol



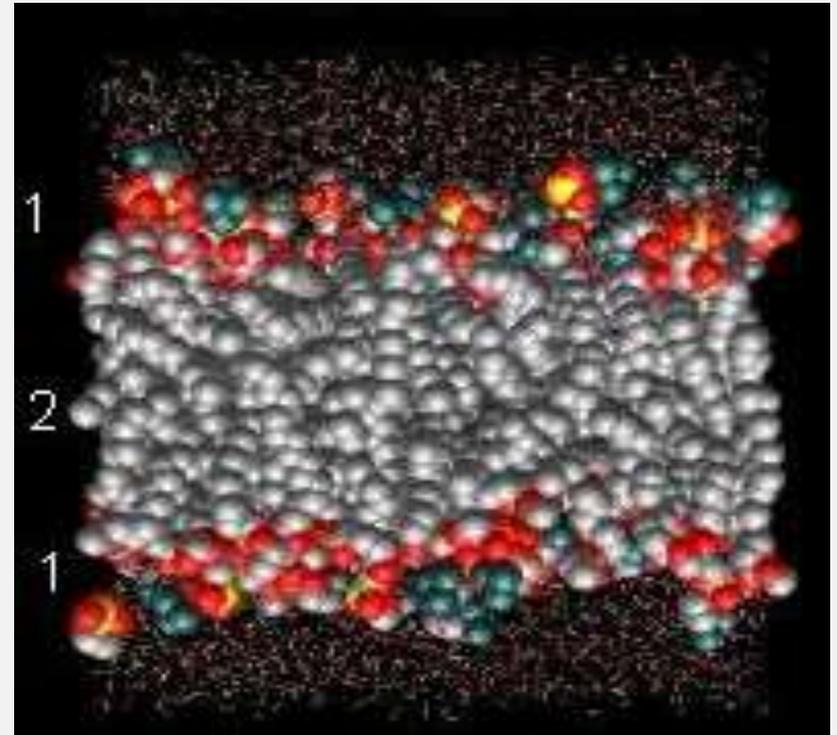
Chez les bactéries : hopanoïdes



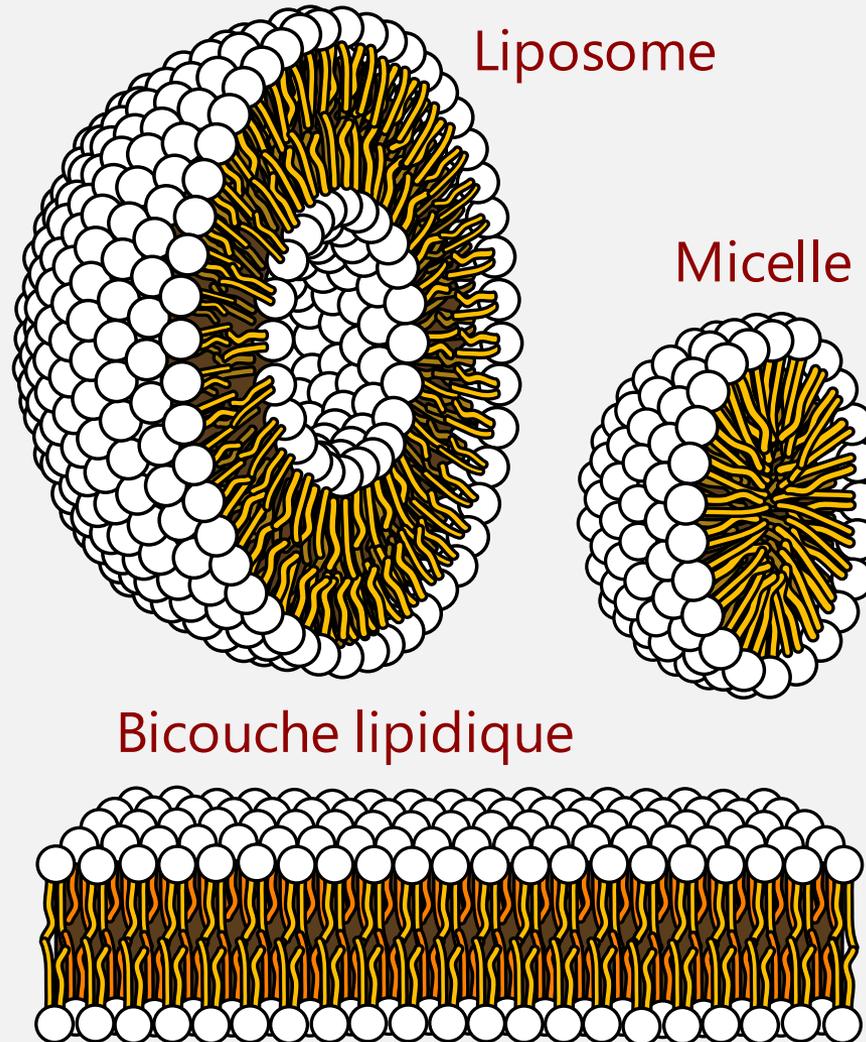
Chez les champignons : ergostérol



Agencement des lipides amphiphiles en milieu aqueux



Document 1. Agencement des lipides amphiphiles en milieu aqueux.



Document 2.

Aspect trilaminaire caractéristique des membranes

biologiques en MET.

Membrane plasmique d'hématie de Mammifère. L'épaisseur de cette membrane plasmique est de 7 à 8 nm (fixation par le KMnO_4 , x 220 000).

(CALLEN JC., " Biologie cellulaire : des molécules aux organismes " ; Dunod Ed., 1999).

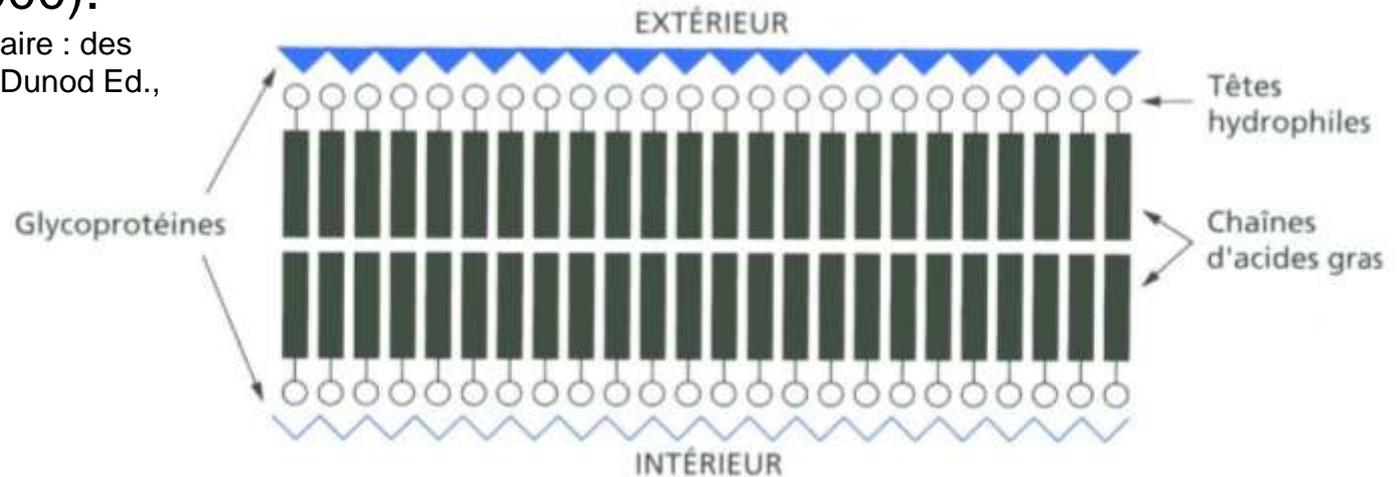
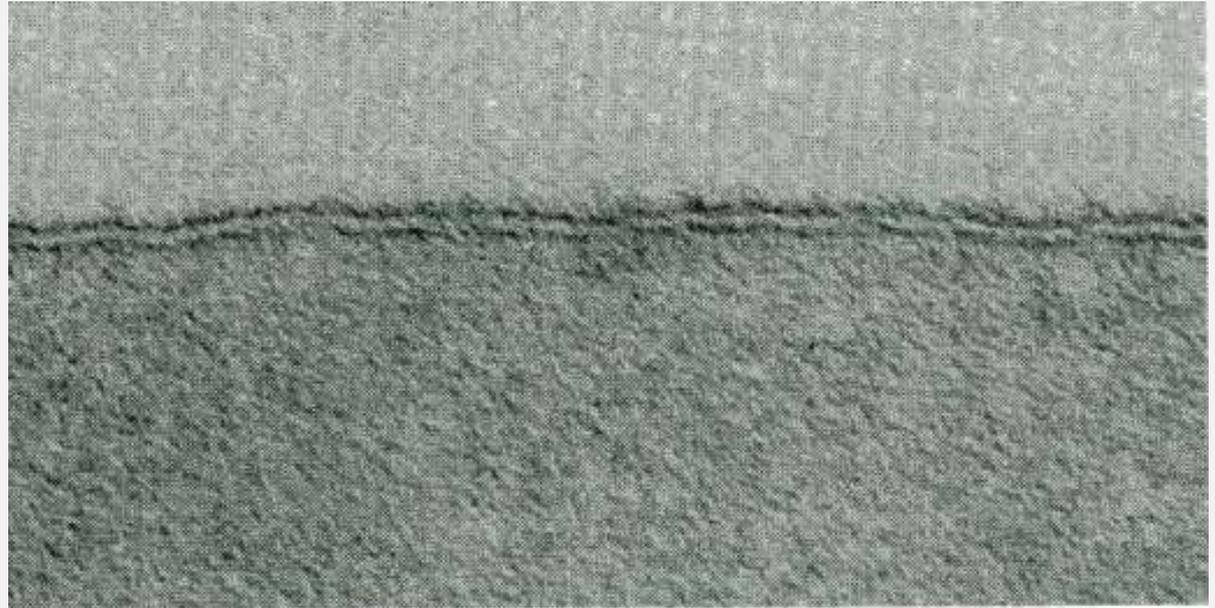
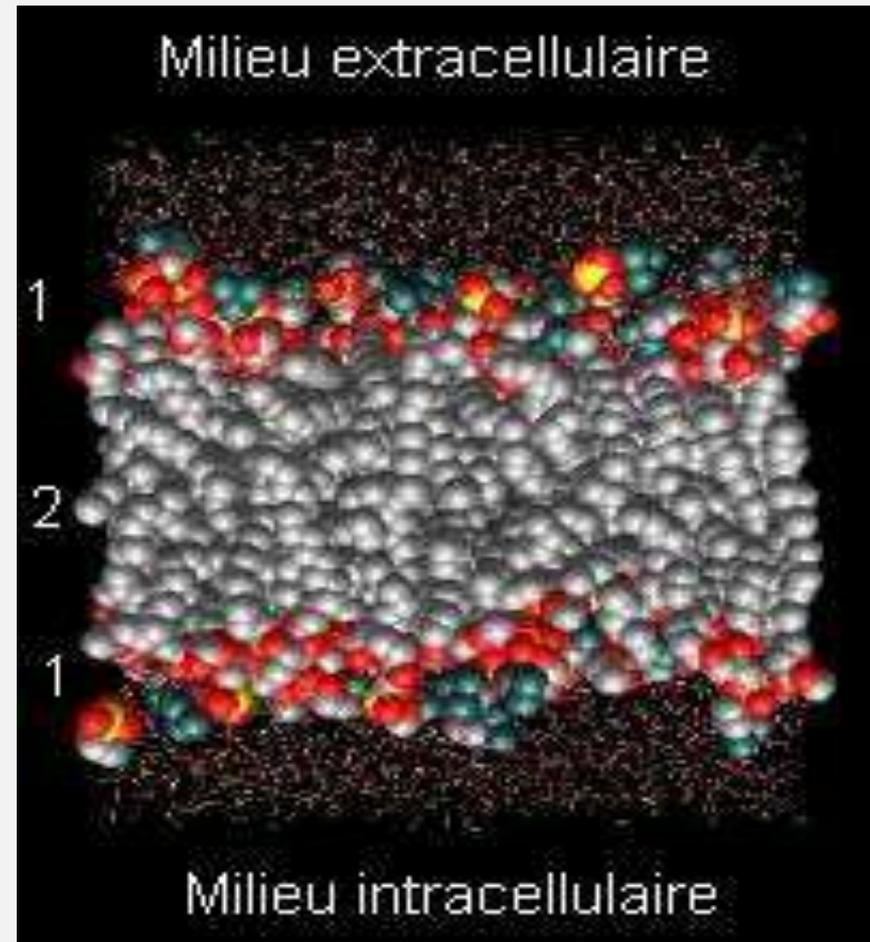


Schéma interprétatif de la membrane unitaire donné par Robertson (1959).

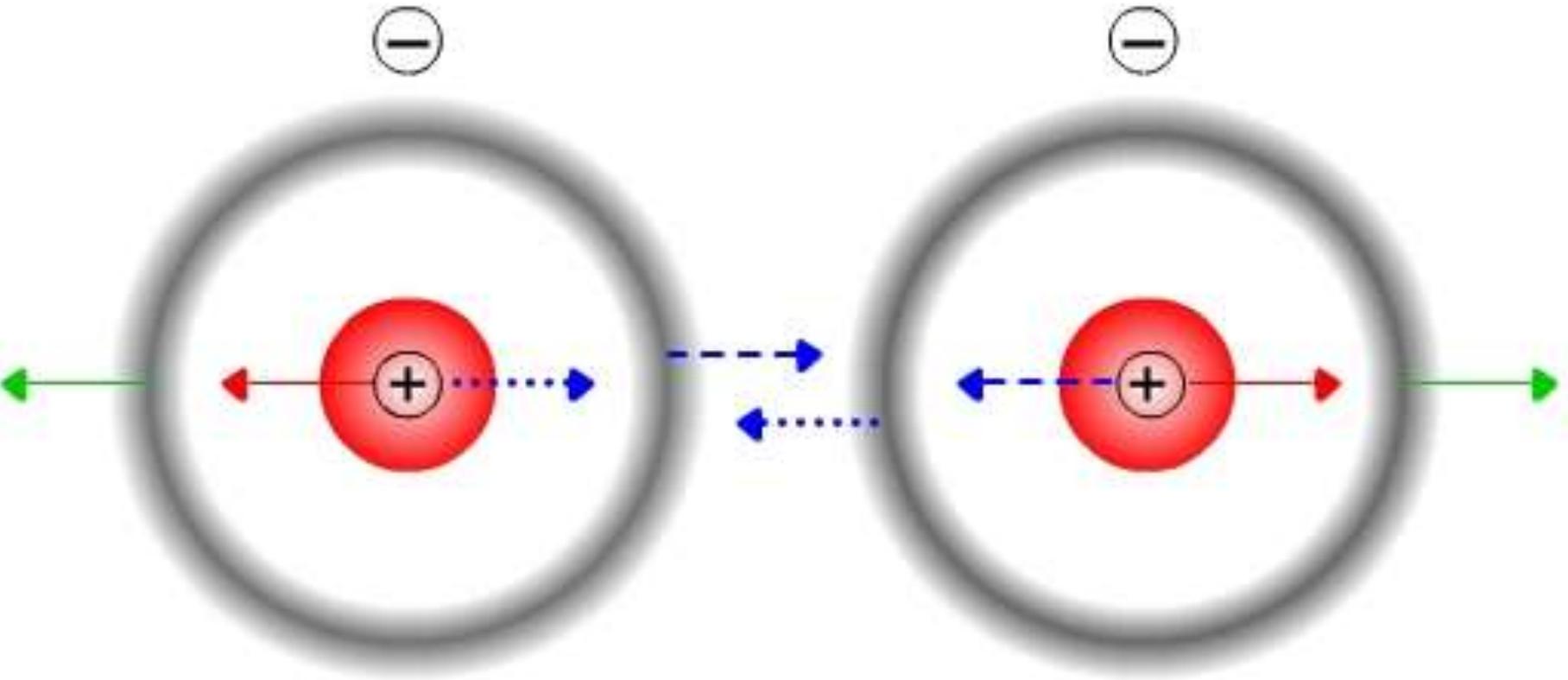
(PEYCRU P. et coll., " Biologie 1^{ère} année BCPST, Dunod Ed., 2007).

Eau et interactions hydrophobes



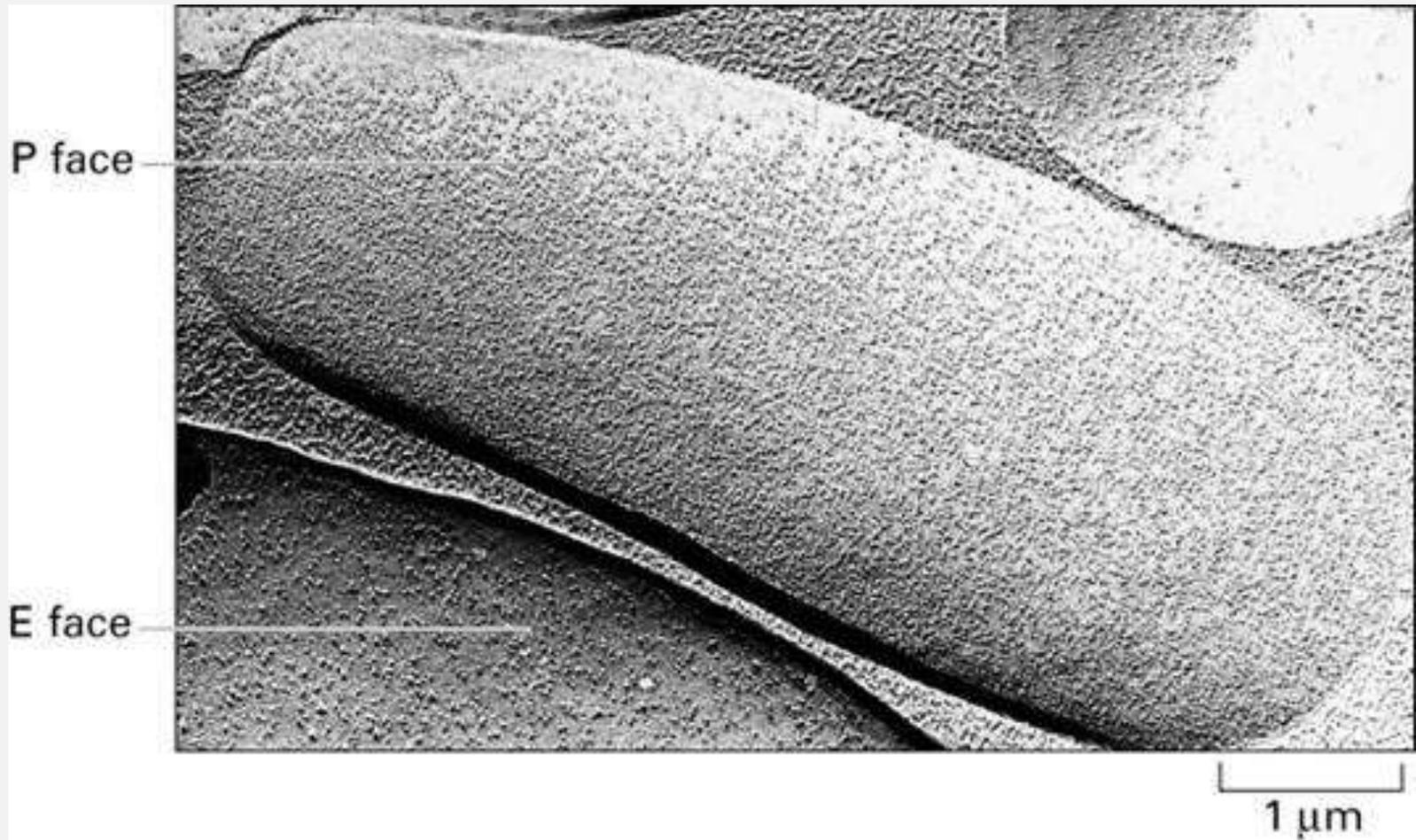
→ Structuration des lipides amphiphiles
en milieu aqueux

Interactions de type Van der Waals



- Répulsion entre les noyaux
- Répulsion entre les nuages électroniques
- Attraction entre le noyau d'un atome et le nuage électronique de l'autre atome

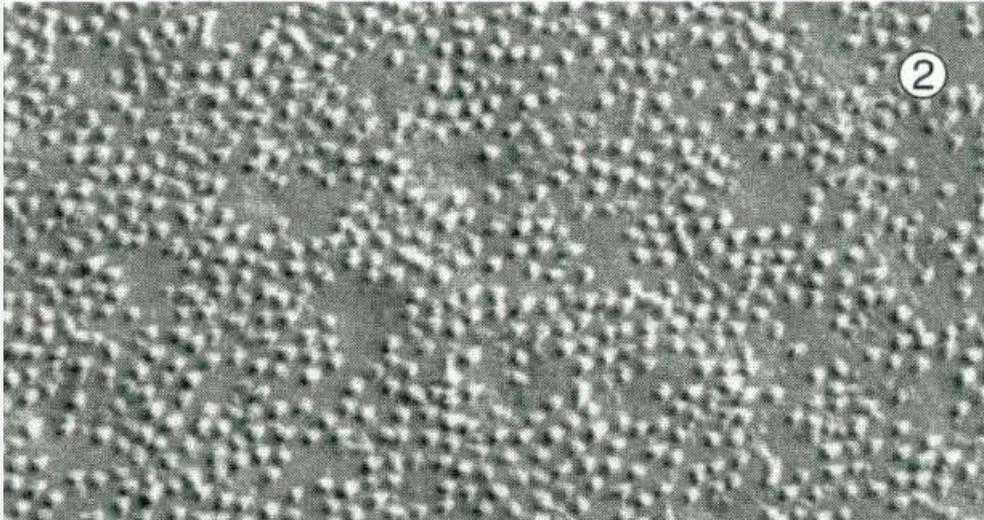
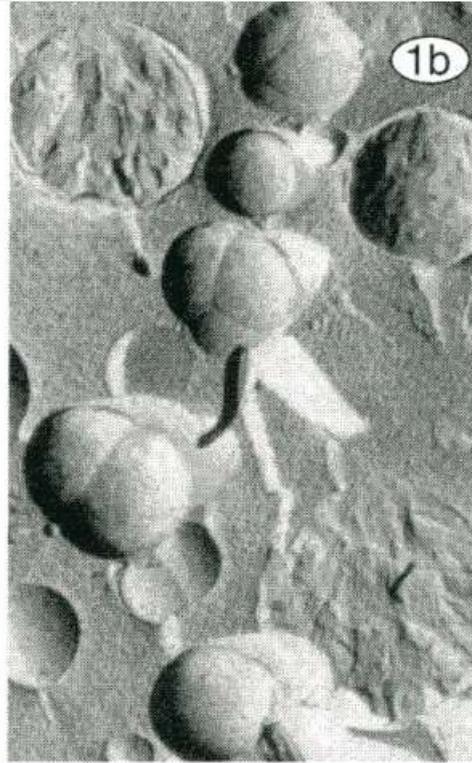
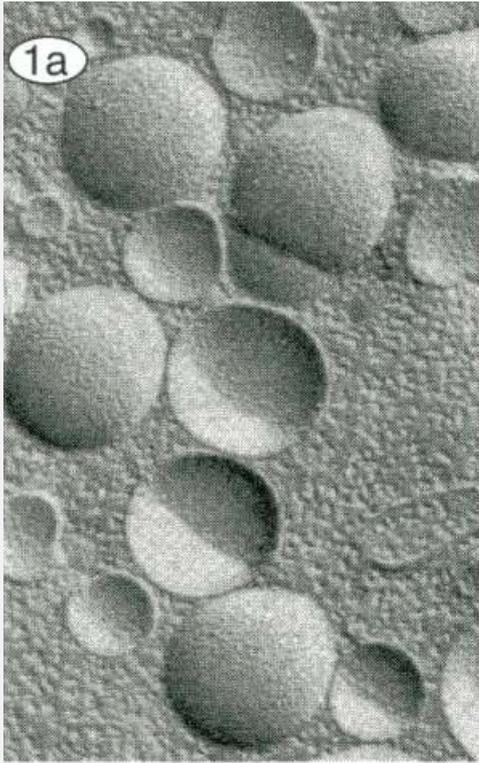
Energie de liaison : 1 à 10 kJ.mol⁻¹



Document 3. Electronographies d'hématies humaines préparées par cryofracture.

P face : face cytosolique ; E face : face externe.

(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 3^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).



Document 4.

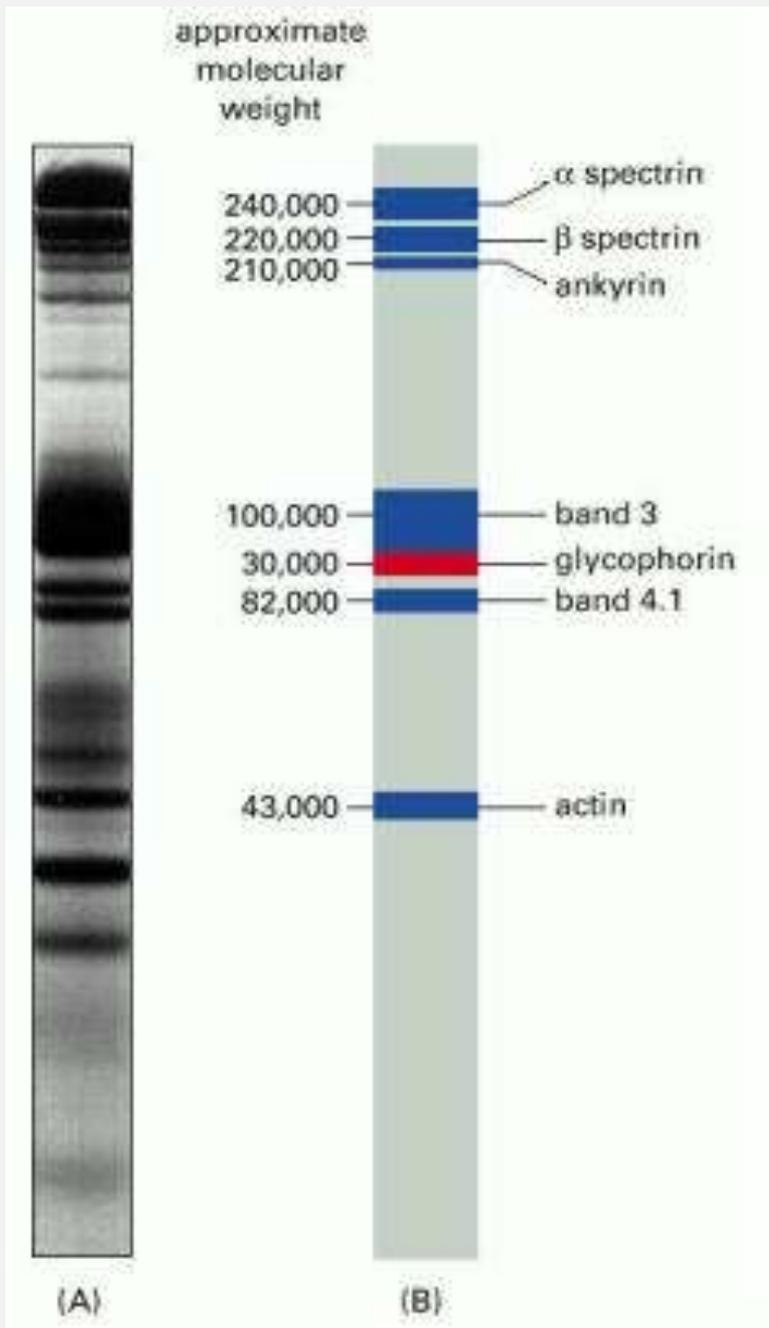
Images de membranes obtenues par cryofracture.

1a. Aspect de liposomes contenant des protéines intégrées à la bicouche phospholipidique (protéoliposomes).

1b. Aspect lisse de liposomes constitués uniquement de phospholipides.

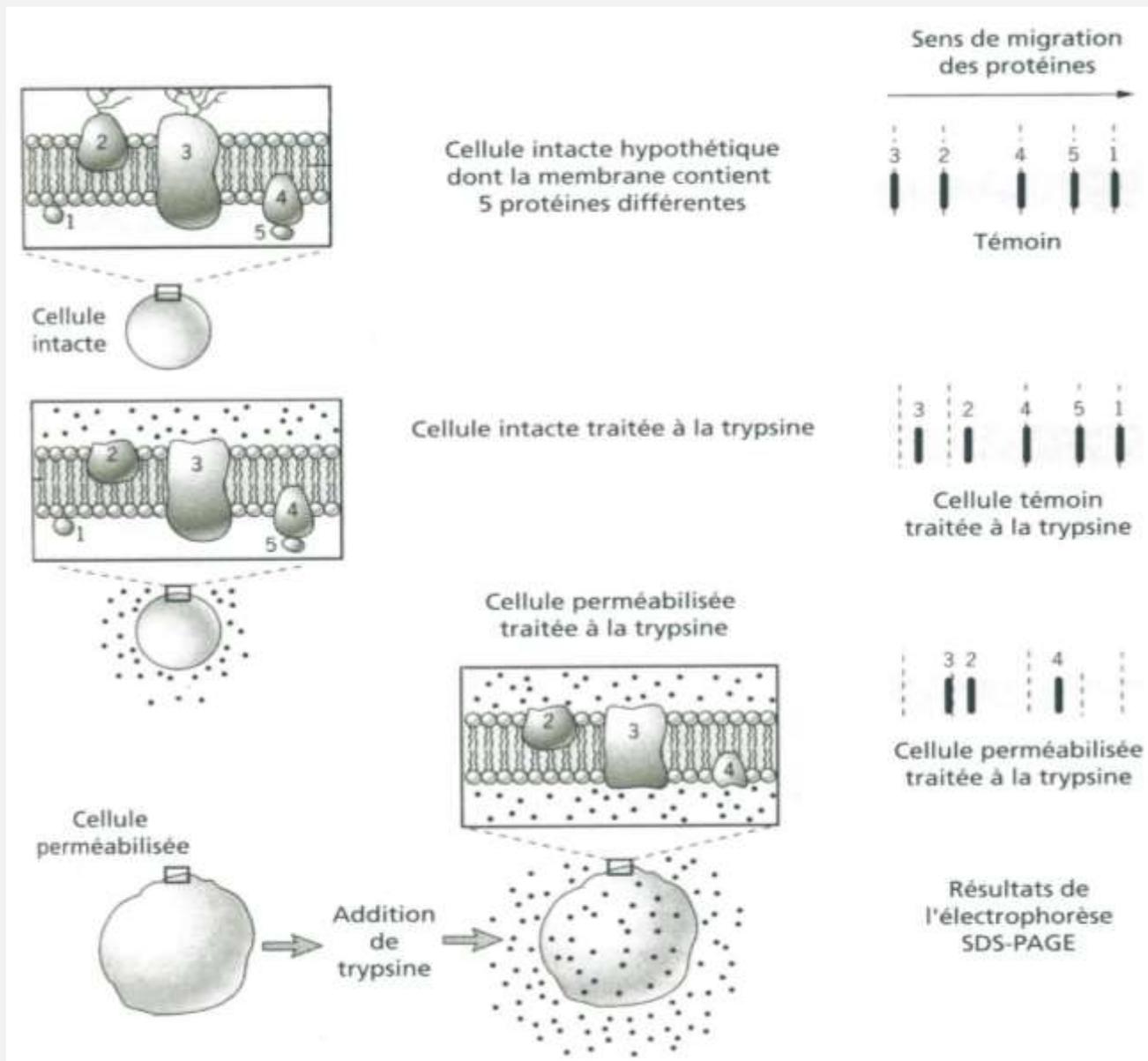
2. Aspect d'une membrane biologique (ici ovocyte de Xénope, X 75 000).

(CALLEN JC., " Biologie cellulaire : des molécules aux organismes " ; Dunod Ed., 1999).



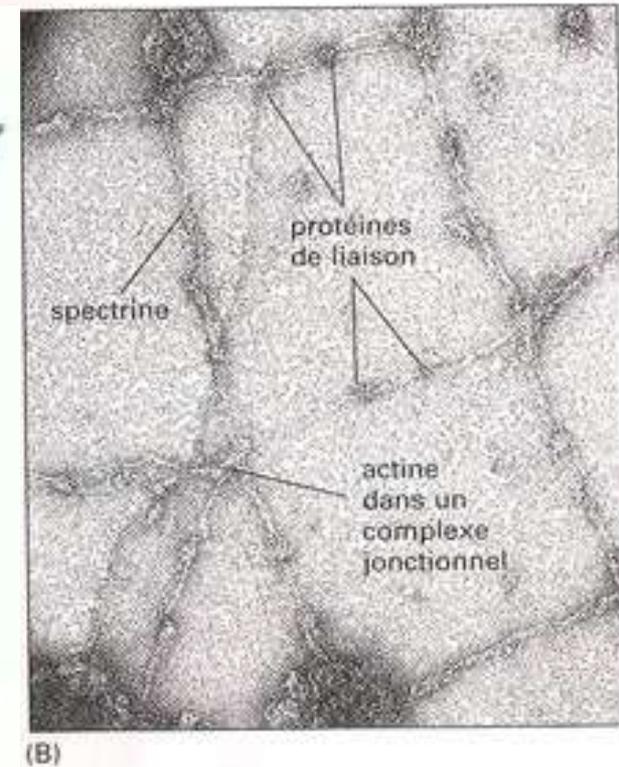
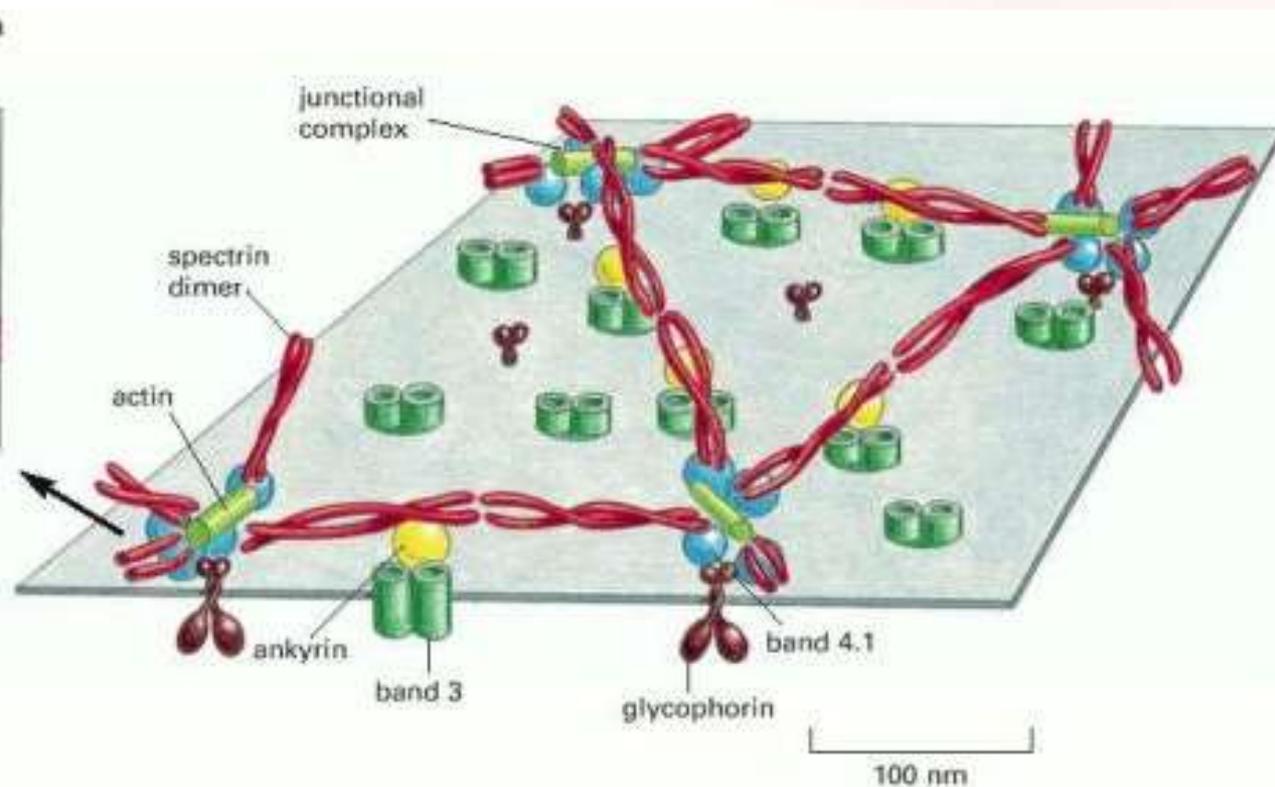
Electrophorèse (PAGE-SDS) des protéines de la membrane d'hématies humaines.

(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).



Document 4. Procédure expérimentale utilisée pour déterminer la situation topographique des protéines membranaires.

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



Localisation de la spectrine, protéine membranaire des hématies humaines (face cytosolique en haut).

(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).

n C	R APOLAIRES	R IONISÉS	R POLAIRES NON CHARGÉS
2	H — Gly		
3	H ₃ C — Ala		alcool HO—CH ₂ — Ser thiol HS—CH ₂ — Cys
4		HOOC—CH ₂ — Asp carboxyle	Asn ^r Thr amide alcool
5	Val Pro pyrrole COOH	HOOC—CH ₂ -CH ₂ — Glu carboxyle	Gln amide
6	Leu Ile	Lys amine	Arg guanidyle
≥6	Phe phényle		<h1>Chaînes latérales des acides aminés standards</h1>
Cycliques	Tyr phénol	His imidazole	
es	Trp indole		

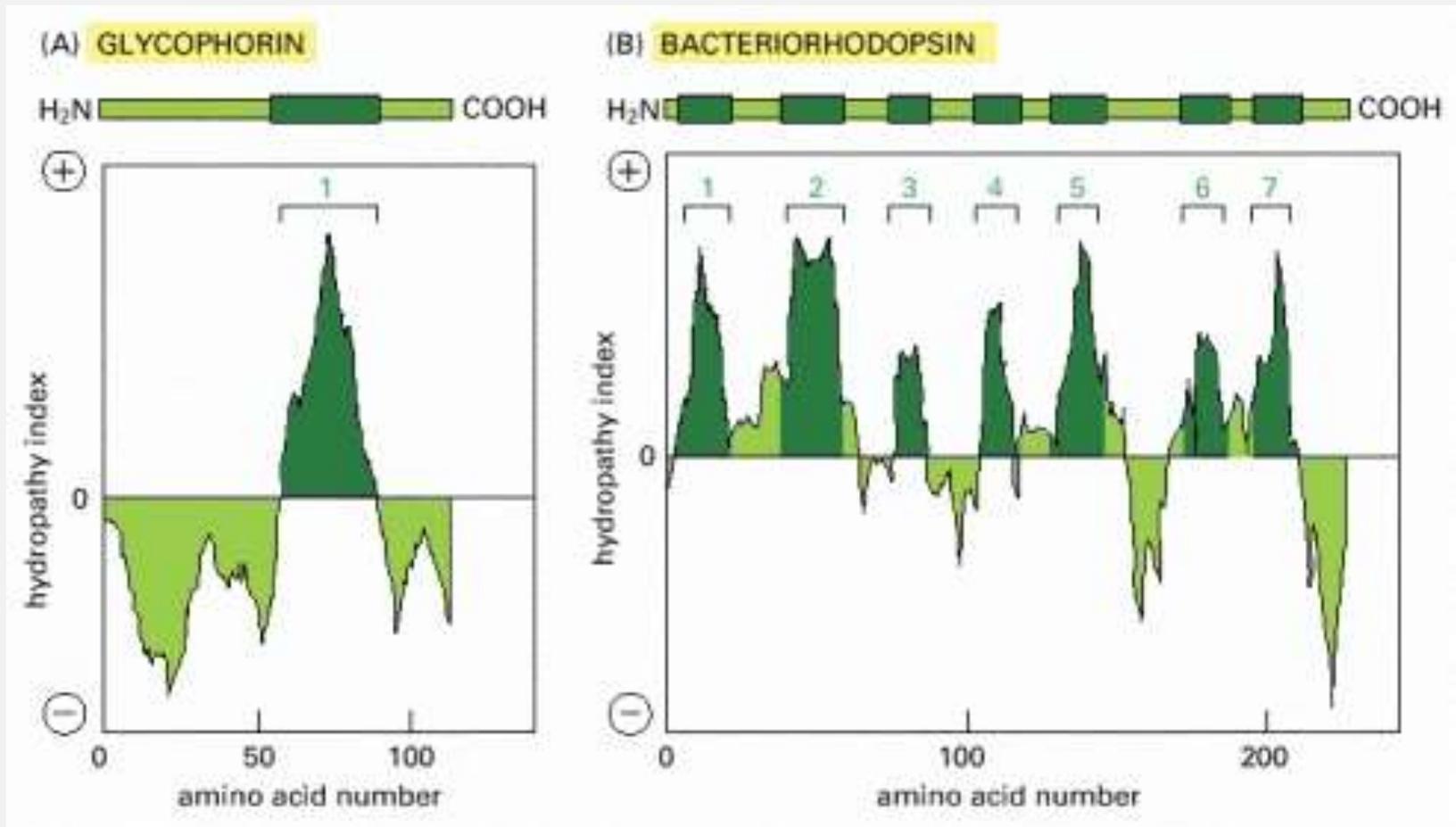
table 5-1

Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

Amino acid	Abbreviated names		M_r	pK_a values			pI	Hydropathy index ^a	Occurrence in proteins (%) [†]
				pK_1 (-COOH)	pK_2 (-NH ₃ ⁺)	pK_R (R group)			
Nonpolar, aliphatic R groups									
Glycine	Gly	G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala	A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Valine	Val	V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu	L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile	I	131	2.36	9.68		6.82	4.5	5.3
Methionine	Met	M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
Aromatic R groups									
Phenylalanine	Phe	F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr	Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp	W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
Polar, uncharged R groups									
Serine	Ser	S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Proline	Pro	P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Threonine	Thr	T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys	C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn	N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln	Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
Positively charged R groups									
Lysine	Lys	K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His	H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg	R	174	2.17	9.84	12.48	10.76	-4.5	5.1
Negatively charged R groups									
Aspartate	Asp	D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu	E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

^aA scale combining hydrophobicity and hydrophilicity of R groups; it can be used to measure the tendency of an amino acid to seek an aqueous environment (- values) or a hydrophobic environment (+ values). See Chapter 12. From Kyte, J. & Doolittle, R.F. (1982) *J. Mol. Biol.* **157**, 105 - 132.

[†]Average occurrence in over 1150 proteins. From Doolittle, R.F. (1989) Redundancies in protein sequences. In *Prediction of Protein Structure and the Principles of Protein Conformation* (Fasman, G.D., ed) Plenum Press, NY, pp. 599-623.



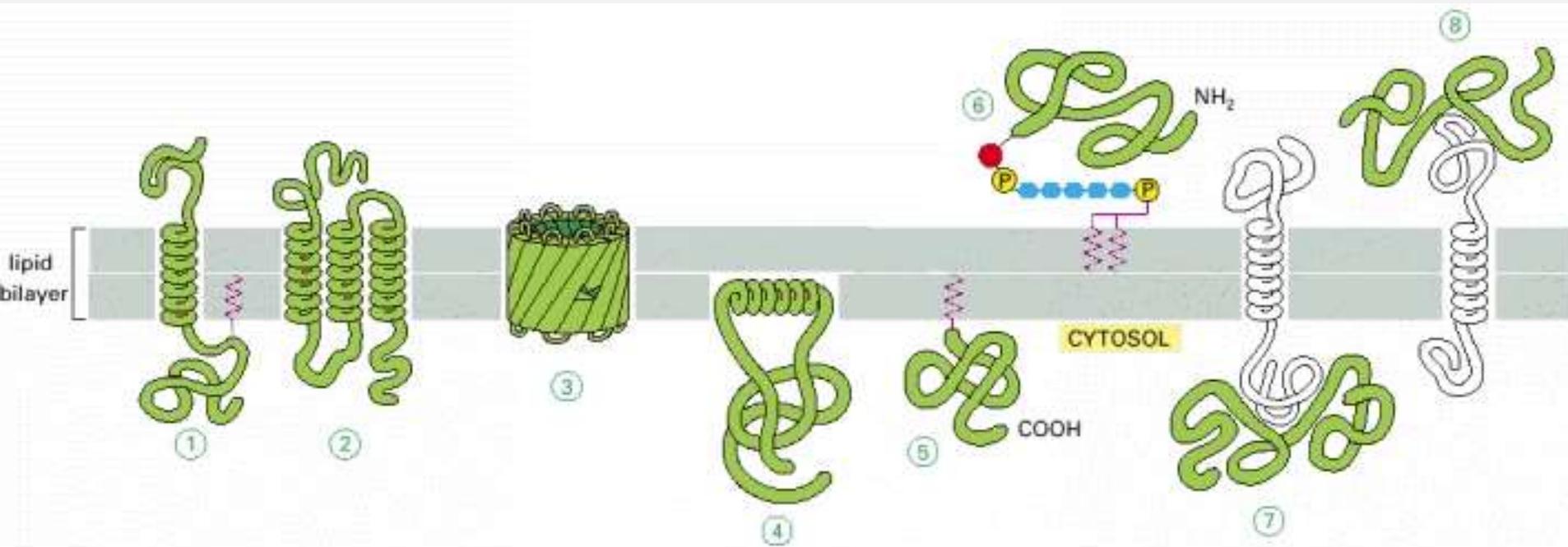
Document 6. Profils d'hydrophobicité de deux protéines membranaires.

1. La glycophorine : protéine à un seul segment hydrophobe.

2. La bactériorhodopsine, protéine à 7 segments hydrophobes.

Ces segments sont constitués de 20 à 25 acides aminés et sont identifiés par les parties colorées. Ils sont susceptibles de former autant d'hélices α transmembranaires.

(B. Alberts et al. « Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).



Document 7. Diverses associations possibles des protéines membranaires avec la bicouche lipidique.

1 et 2 : protéines à un ou plusieurs domaines transmembranaires. (1) est de plus liée par covalence à un acide gras de l'hémimembrane cytosolique.

3 : protéine à traversées multiples en « tonneau » de feuillettes b.

4 : cas particulier de l'ancrage dans l'hémimembrane cytosolique par la face hydrophobe d'une hélice a amphiphile.

5 et 6 : protéines liées de manière covalente directement à un lipide membranaire (5) ou par l'intermédiaire d'un groupement osidique (6).

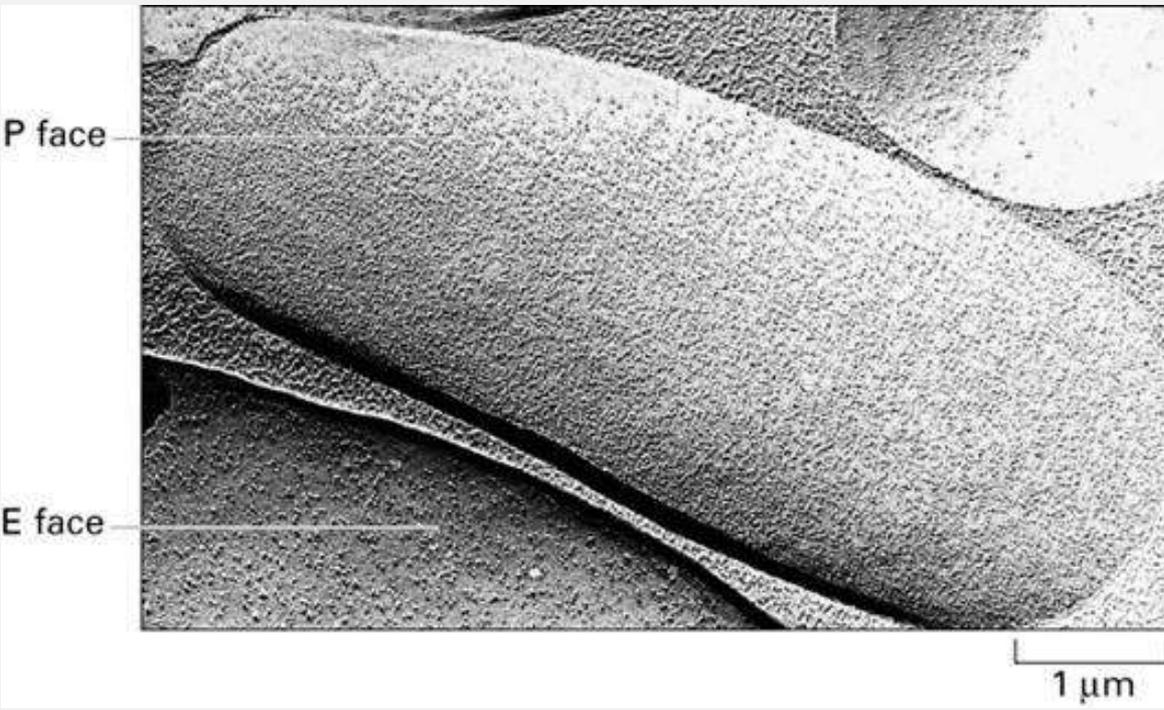
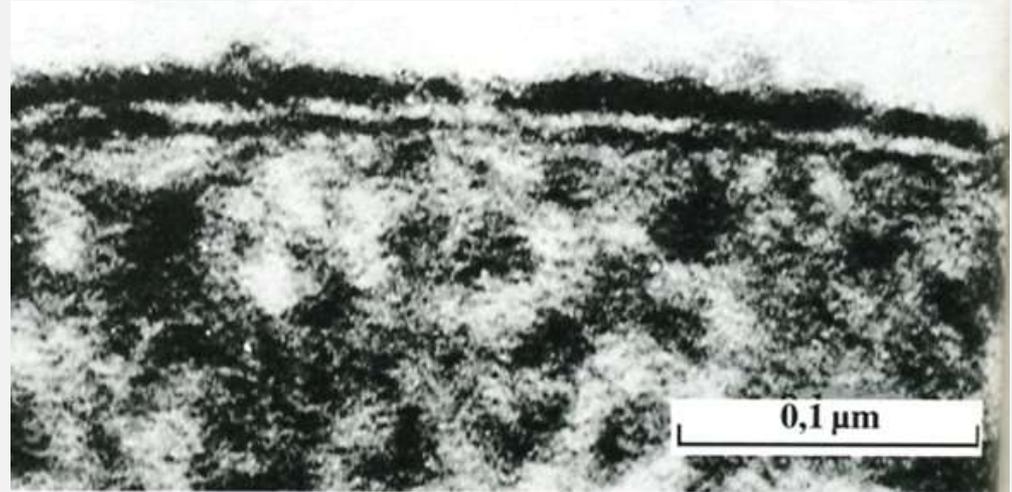
7 et 8 : protéines liées par des liaisons faibles avec des protéines transmembranaires.

(ALBERTS B. et al., « Biologie moléculaire de la cellule » ; Médecine-Sciences – Flammarion, 4^e éd.).

Une bicouche asymétrique

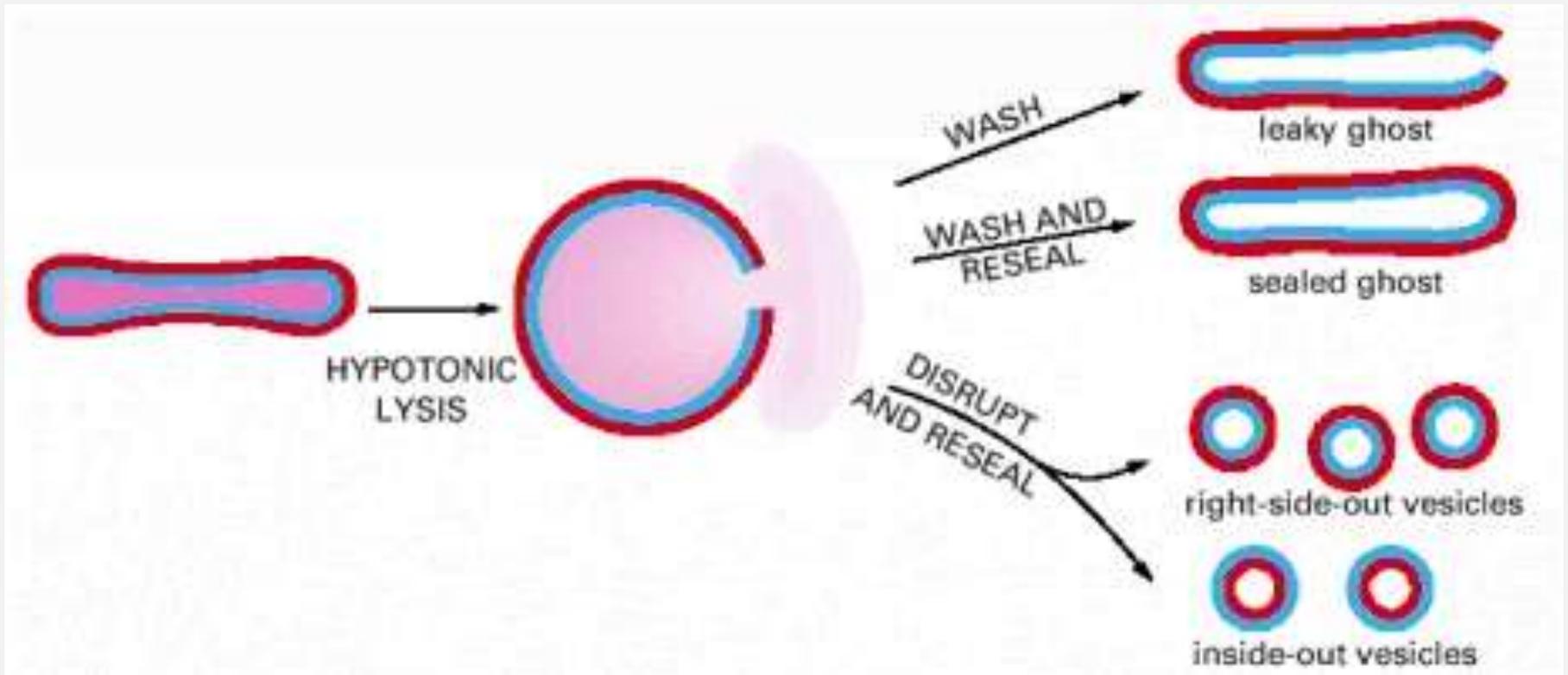
Document 8 . Electronographie de membrane plasmique (x 300 000).

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



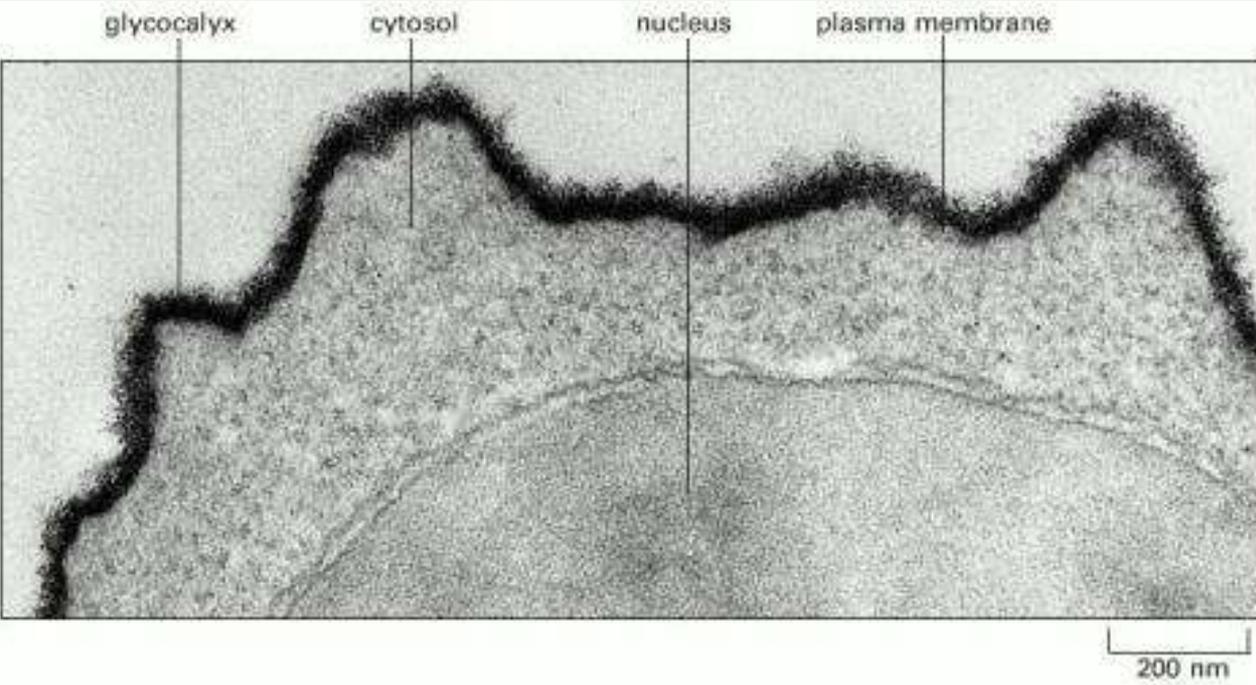
Comparaison des faces cytosoliques (P) et externe (E) de la membrane plasmique des hématies.

(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la
cellule » 3^e édition, Médecine-Sciences -
Flammarion).



**Obtention de vésicules normales (right-side out)
et retournées (inside-out)
à partir de membrane plasmique d'hématies.**

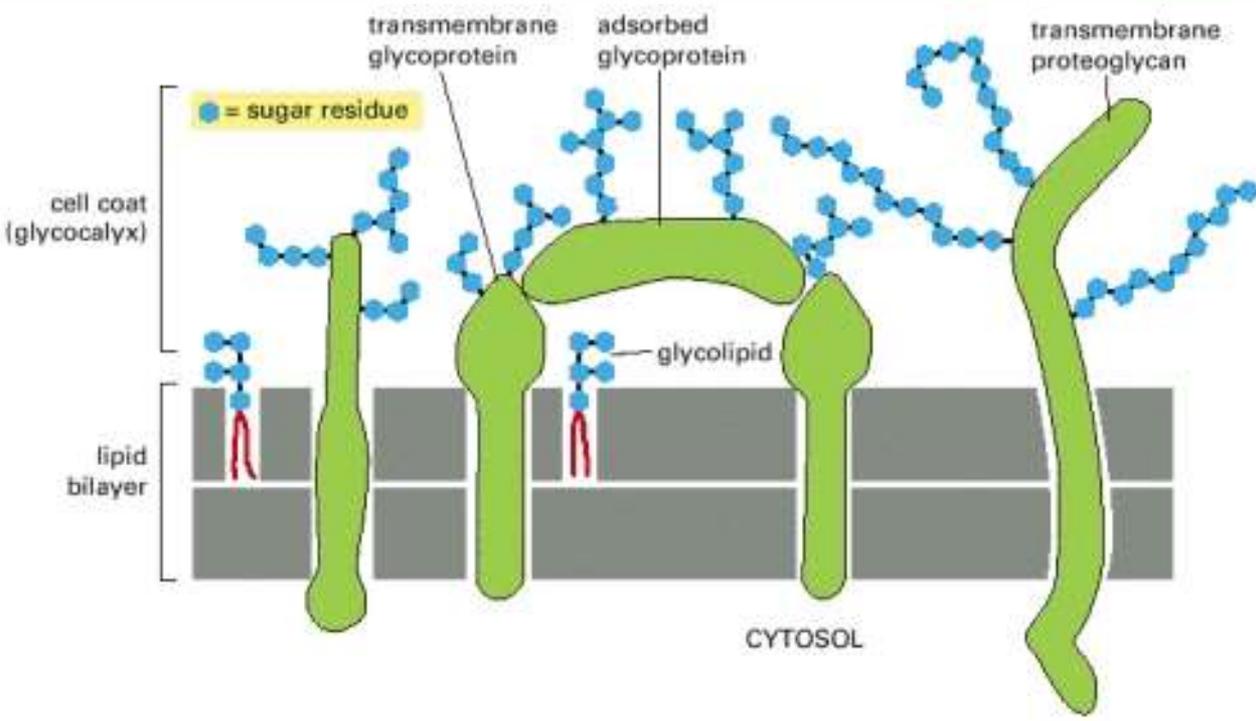
(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 3^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).

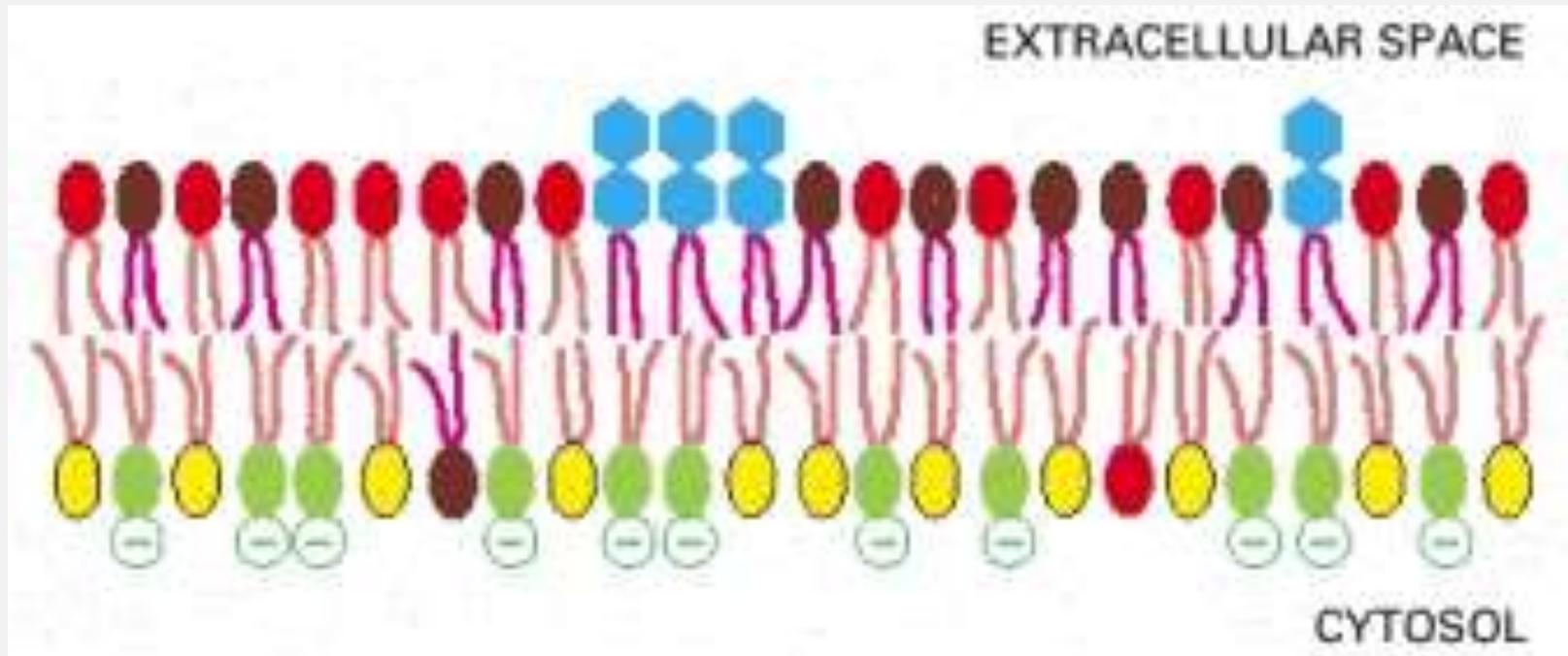


Document 9.
Mise en évidence du glycocalyx en MET à la surface d'un lymphocyte et schéma de son organisation.

Le glycocalyx est constitué des chaînes oligosaccharidiques des glycolipides et glycoprotéines membranaires. Tous les résidus osidiques sont localisés côté extracellulaire.

(B. Alberts et al. «Biologie moléculaire de la cellule » 4^e édition, Médecine-Sciences - Flammarion).





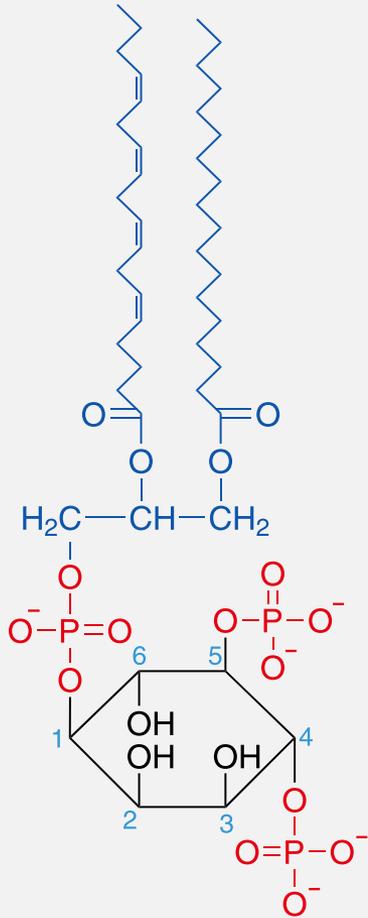
Document 10. Distribution asymétrique des phospholipides et des glycolipides dans la membrane plasmique des hématies humaines.

On pense que le cholestérol (non figuré) est distribué à peu près également dans les deux couches.

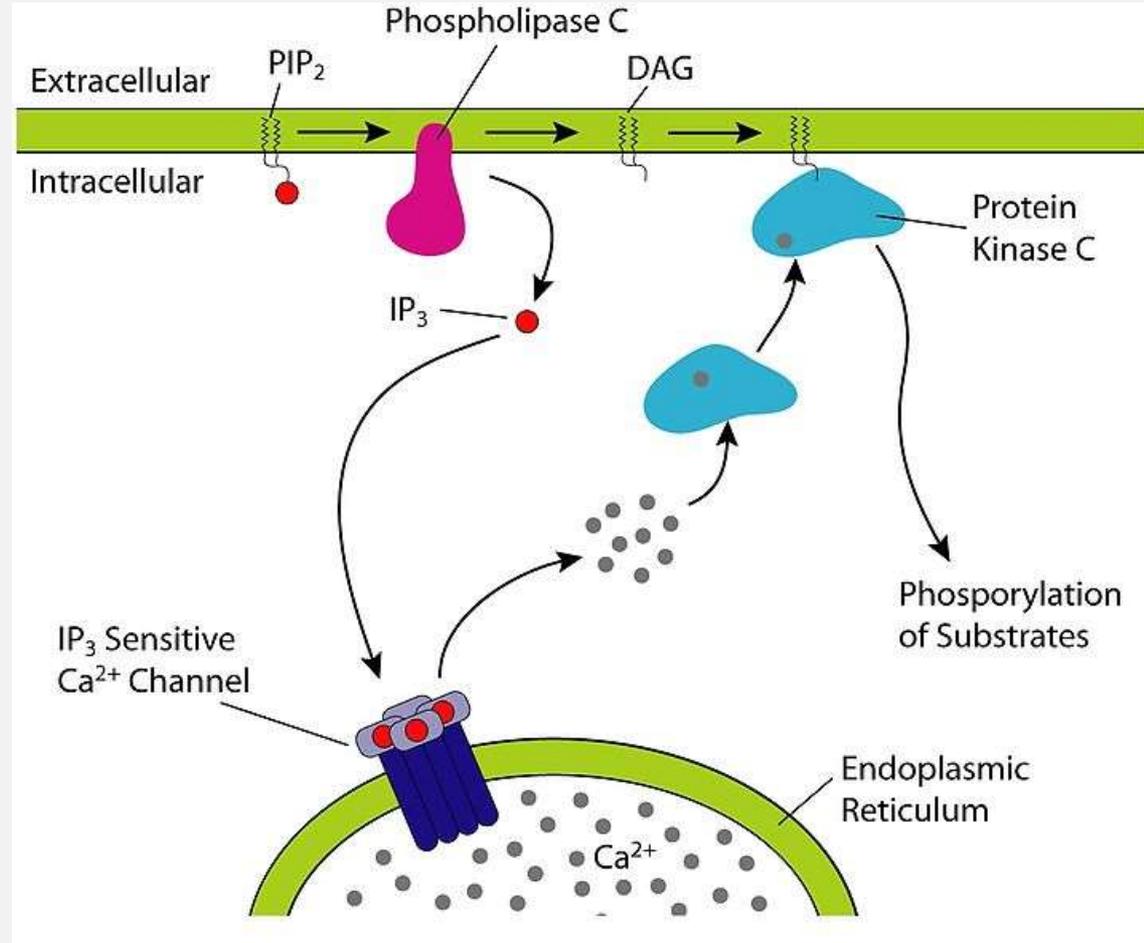
Groupements polaires :

- Hexagones bleus = glycolipides
- Les autres sont des phospholipides différents par leur alcool aminé.

Le PIP2, phospholipide membranaire à rôle de transduction de l'information



Le PIP2 (Phosphatidylinositol bisphosphate)
En bleu : le diacylglycérol



Le clivage du PIP2 en IP3 et DAG, seconds messagers intracellulaires

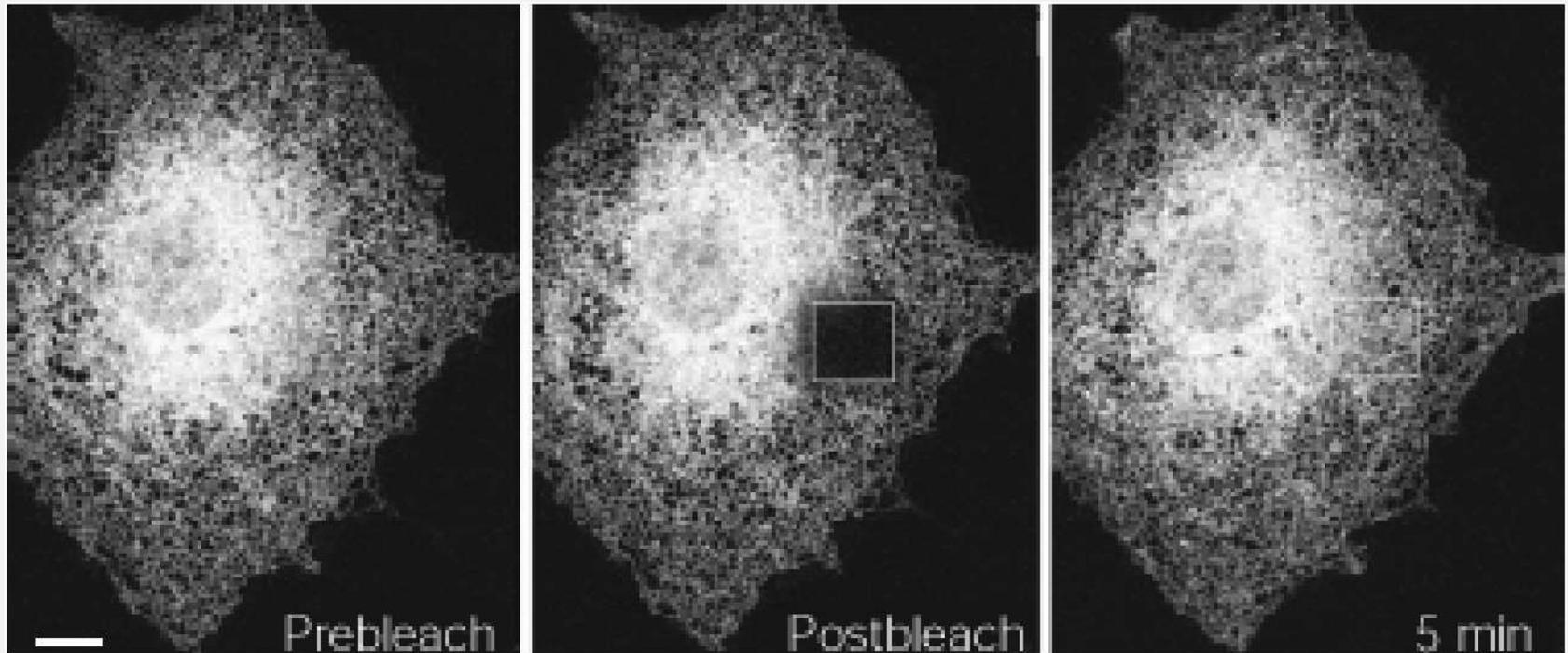


Document 11.
**Aspect en
cryodécapage des
membranes de
fantômes d'hématies
de Mammifères en
fonction du pH du
milieu d'incubation.**
En haut : pH 7,5 ;
particules intra-
membranaires isolées.
En bas : pH 5,5 ;
agrégats de particules.

(CALLEN JC., " Biologie cellulaire : des molécules aux organismes " ; Dunod Ed., 1999).

Etude des mouvements latéraux des constituants membranaires par la technique de FRAP

(fluorescence recovery after photobleaching ou réapparition de fluorescence après photo-extinction).

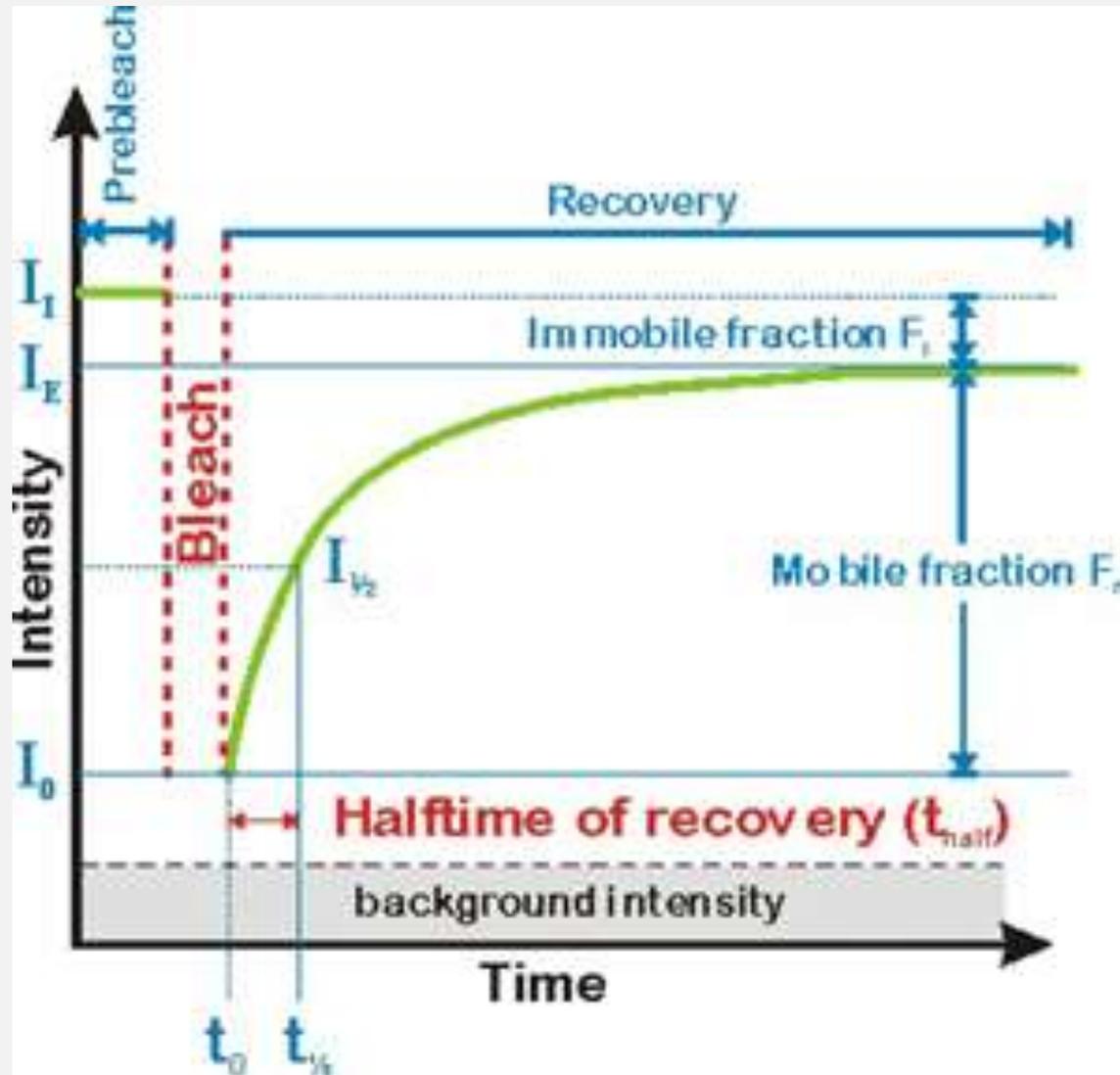


Images d'une cellule vivante avant photo-extinction, après photo-extinction, et 5 minutes plus tard.

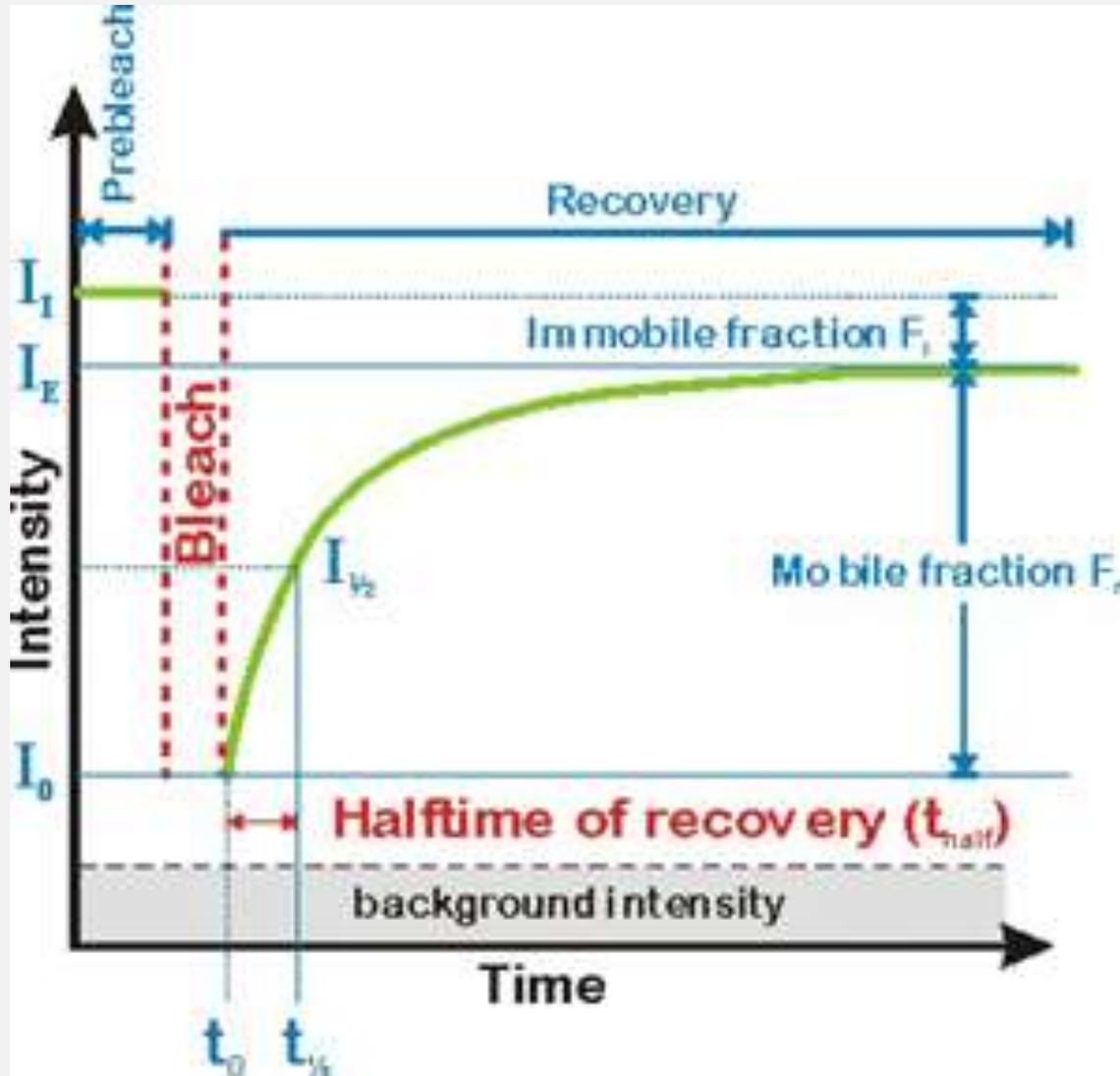
(J. Lippincott-Schwartz, Nature Rev Mol Cell Biol 2 (2001) 444)

http://www.cf.gu.se/english/Centre_for_Cellular_Imaging/Techniques/FRAP/

Document 12. Etude de la réapparition de la fluorescence dans la zone traitée



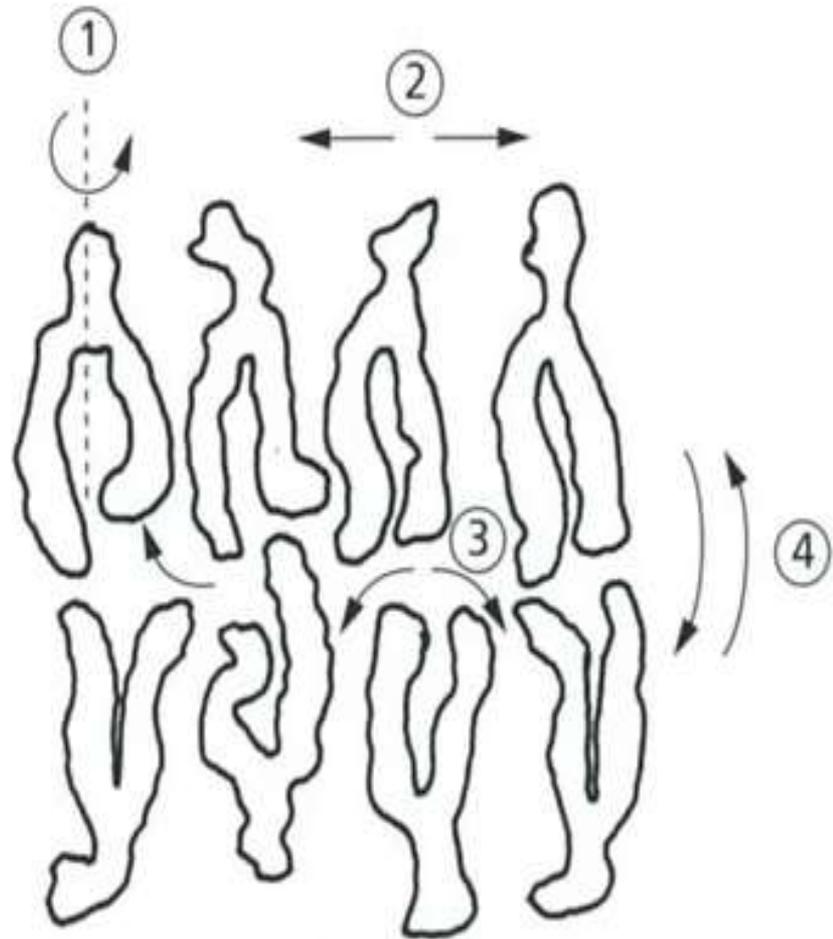
Document 12. Etude de la réapparition de la fluorescence dans la zone traitée



L'intensité moyenne de la fluorescence dans la zone traitée est mesurée au cours du temps.

- $t_{1/2}$ renseigne sur la vitesse de diffusion des molécules marquées,
- I_E renseigne sur le taux de molécules marquées mobiles.

- ① Rotation autour de l'axe de symétrie
- ② Diffusion latérale
- ③ Mouvement de balancier
- ④ Mouvement flip flop



Document 13. Diversité des mouvements des lipides membranaires.

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

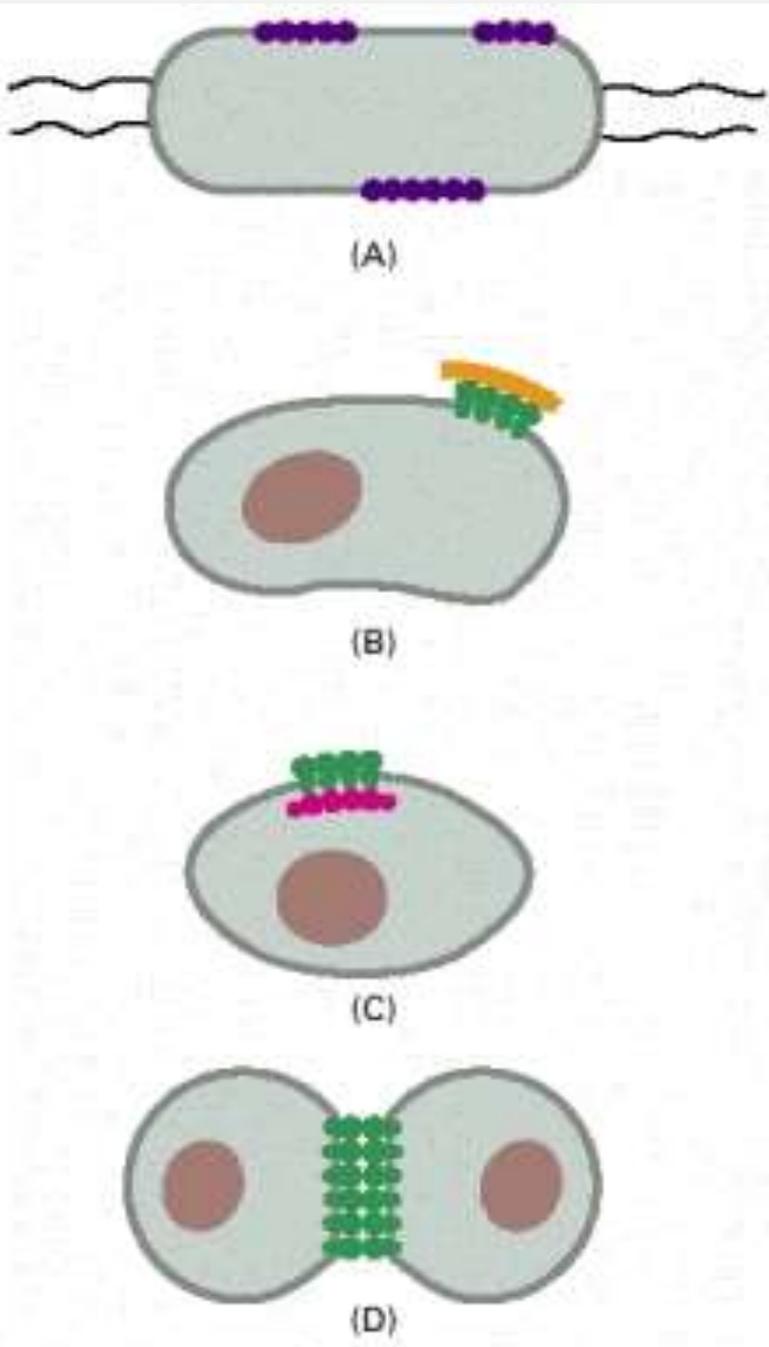
Document 14.

Quatre modalités de restriction de la mobilité latérale des protéines de la membrane plasmique.

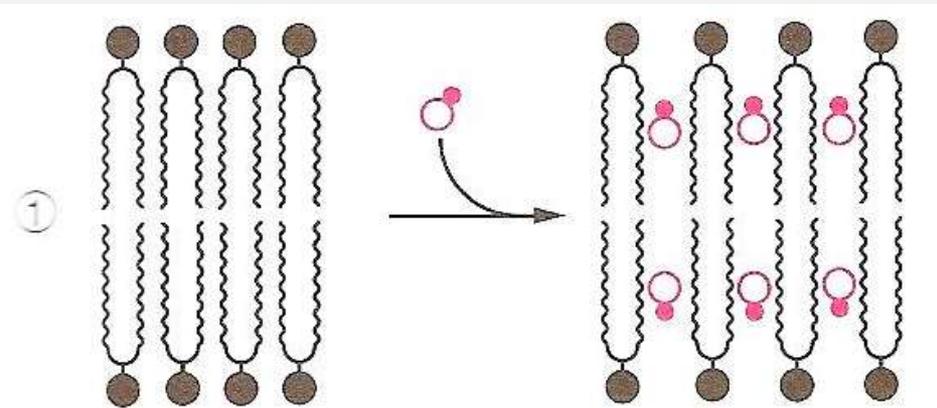
A : assemblage des protéines en agrégats volumineux (ici : bactériorhodopsine dans la membrane de *Halobacterium*).

B et C : fixation par des interactions avec des assemblages de macromolécules à l'extérieur (B) ou à l'intérieur (C) de la cellule.

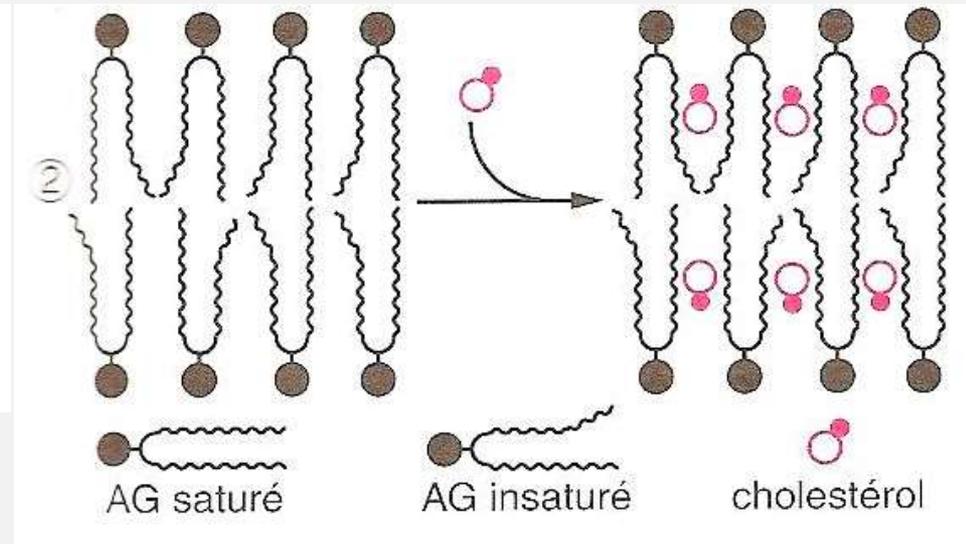
D : interactions avec des protéines à la surface d'une autre cellule.



Document 15. Cholestérol et fluidité membranaire : effet du cholestérol en fonction de la composition en acides gras de la membrane.

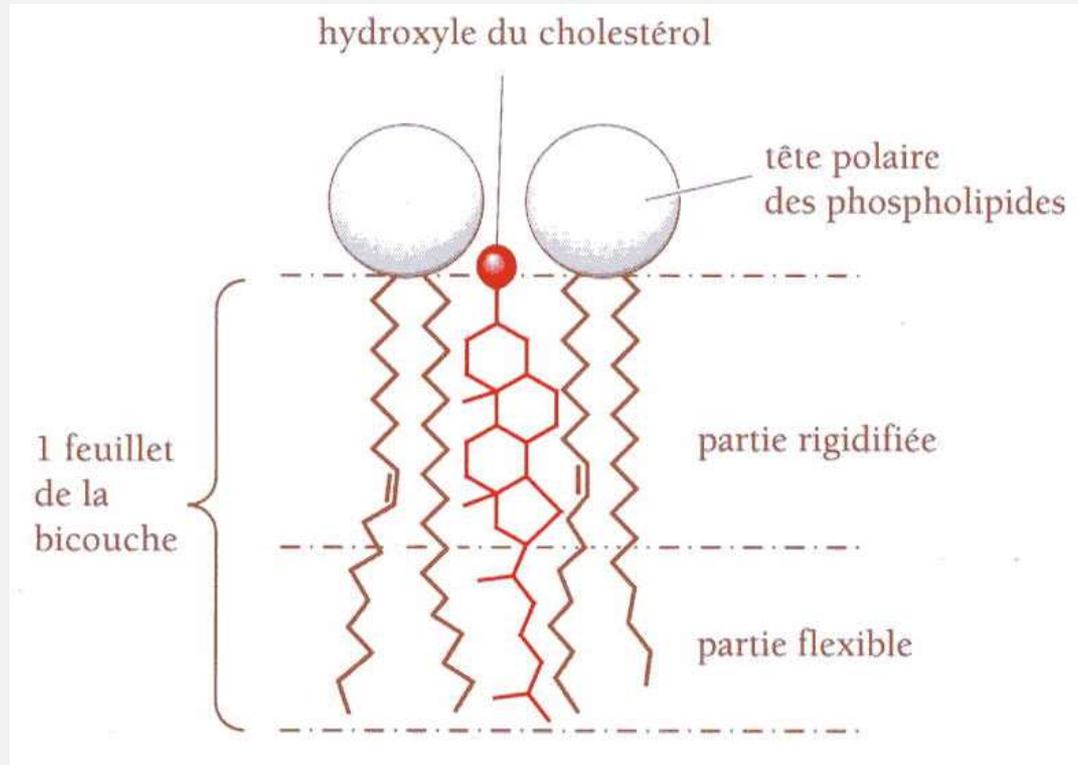


1 : membrane initialement riche en AGS et visqueuse :
→ **diminution des interactions hydrophobes et augmentation de la fluidité**



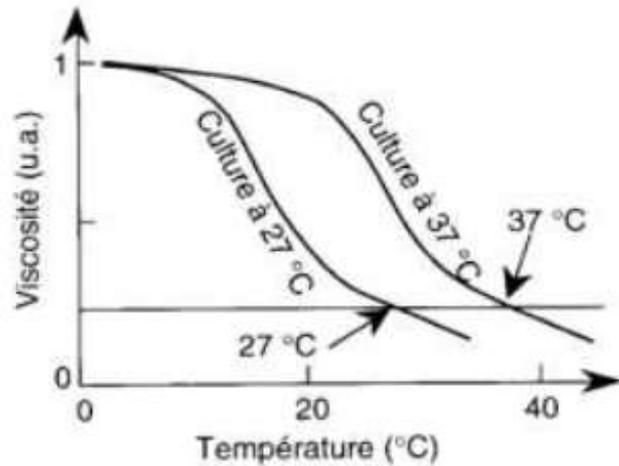
2 : membrane initialement riche en AGI et fluide :
→ **augmentation des interactions hydrophobes et diminution de la fluidité**

Cholestérol et fluidité membranaire 2 : Effet du cholestérol en fonction de la température



- S'oppose au contact étroit entre chaînes → favorise la fluidité (effet dominant aux basses températures)
- Noyaux plans gênent les mouvements aux fortes températures
→ rôle d'un tampon qui s'oppose aux variations de fluidité membranaire lors des variations de température

Document 3. Etude de la fluidité membranaire chez la bactérie *E. Coli*.



Document 3a. Variations de la fluidité membranaire en fonction de la température chez *E. Coli*.

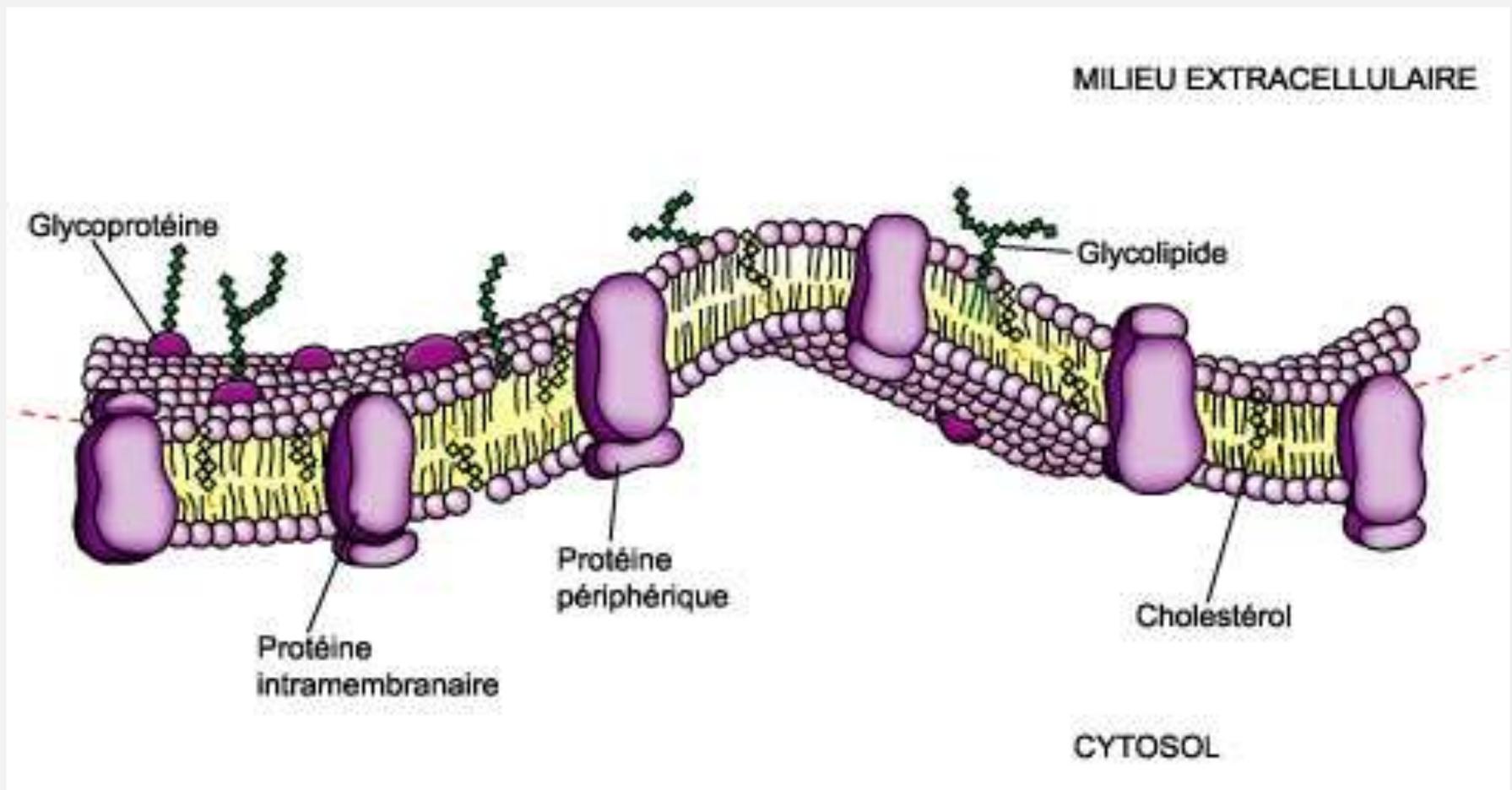
Des bactéries (*E.Coli*) sont cultivées à 37°C ou à 27°C. La membrane plasmique est isolée et sa viscosité est déterminée par RPE (résonance paramagnétique électronique).

U.A : unité arbitraire

Acide gras (%)	C14 :0	C16 :0	C16 :1	% insaturé
Température de croissance				
27°C	4	47	49	49
37°C	19	65	16	16

Document 3b. Composition des lipides membranaires en acide gras en fonction de la température de mise en culture d'*E. Coli*.

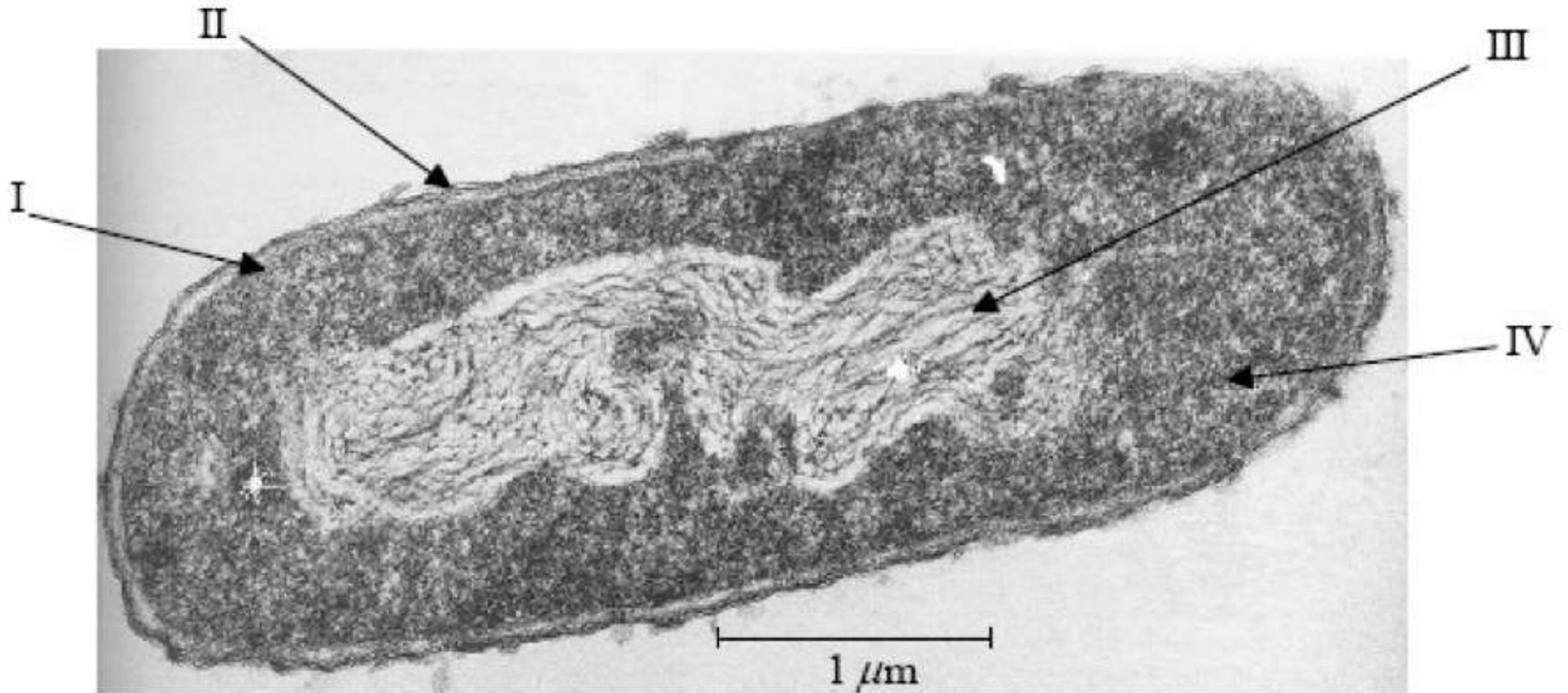
La nomenclature des acides gras indique le nombre de carbones (premier chiffre après le C) et le nombre de doubles liaisons (2^e chiffre qui suit les « : »).



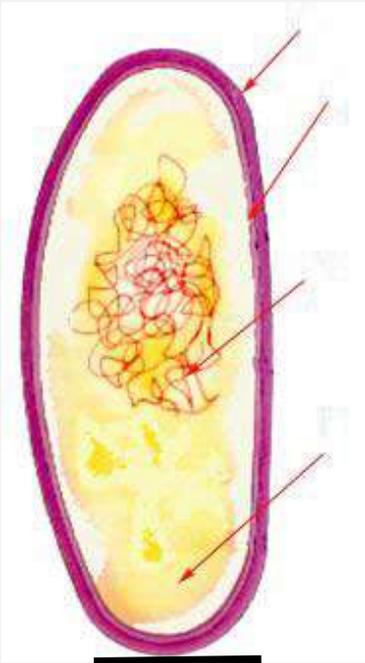
Modèle de la « mosaïque fluide ».

La membrane est une mosaïque de molécules lipidiques et protéiques qui se déplacent, essentiellement dans le plan membranaire.

Document 16. *Escherichia coli* (MET).

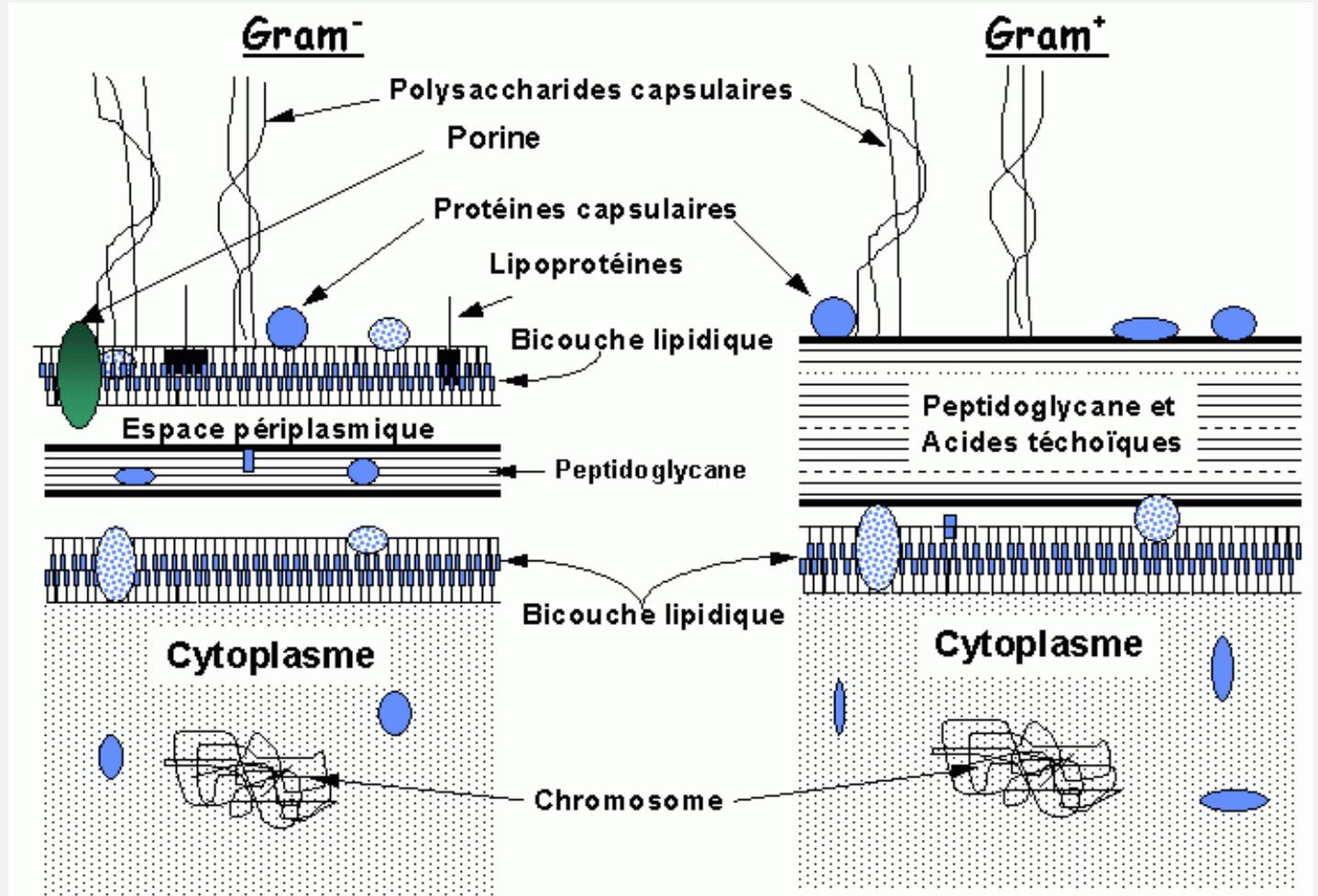


Paroi des bactéries Gram+ et Gram-



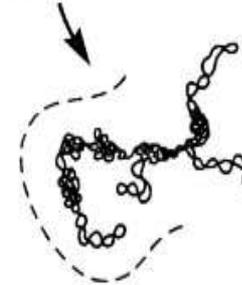
structure d'une bactérie

0,5 μm



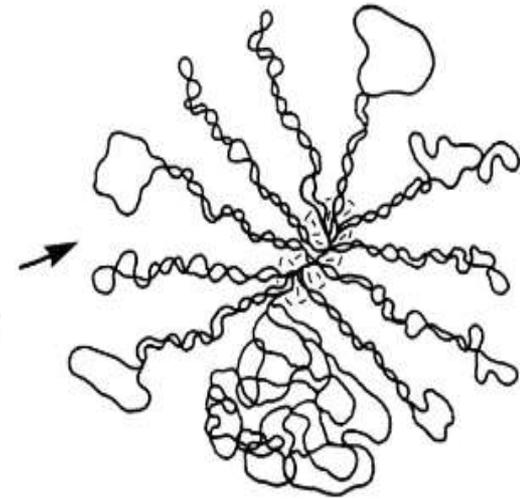


Bactérie



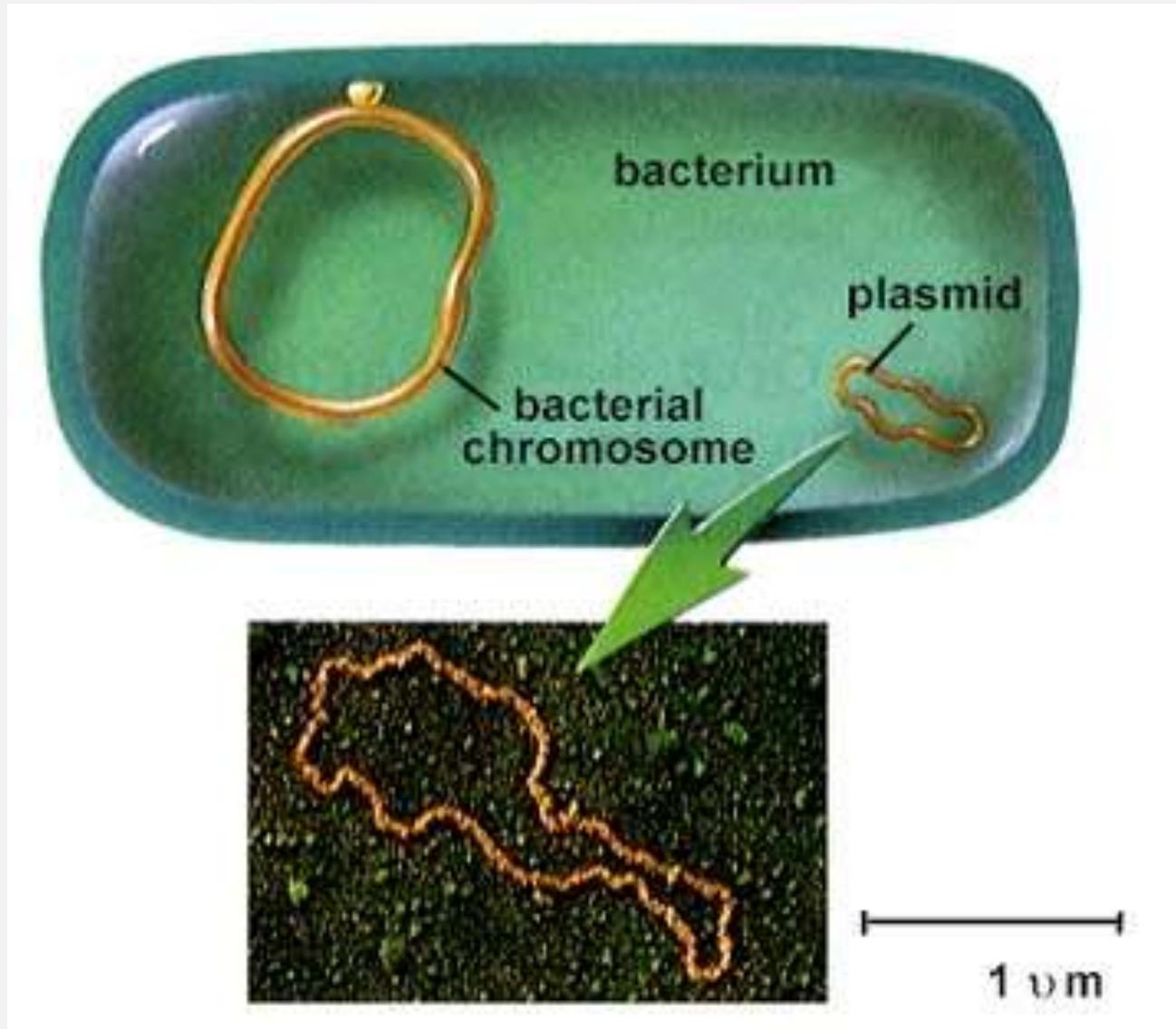
Lyse ménagée

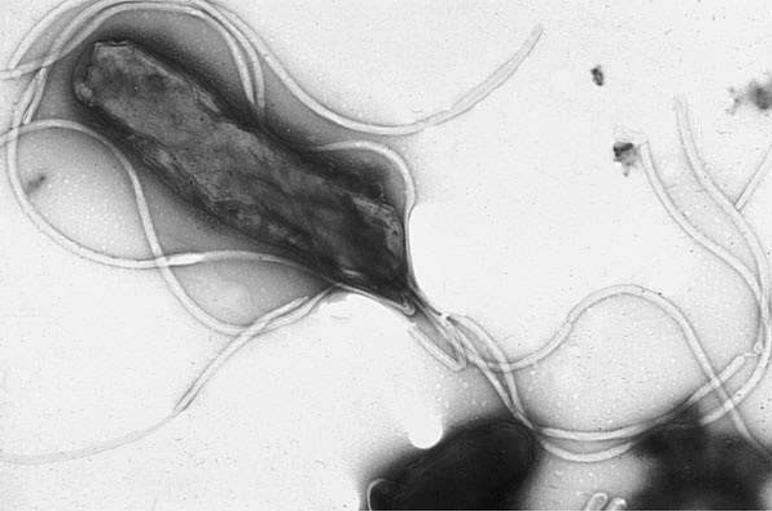
Nucléotide



**Bactérie (E. coli)
après lyse ménagée**

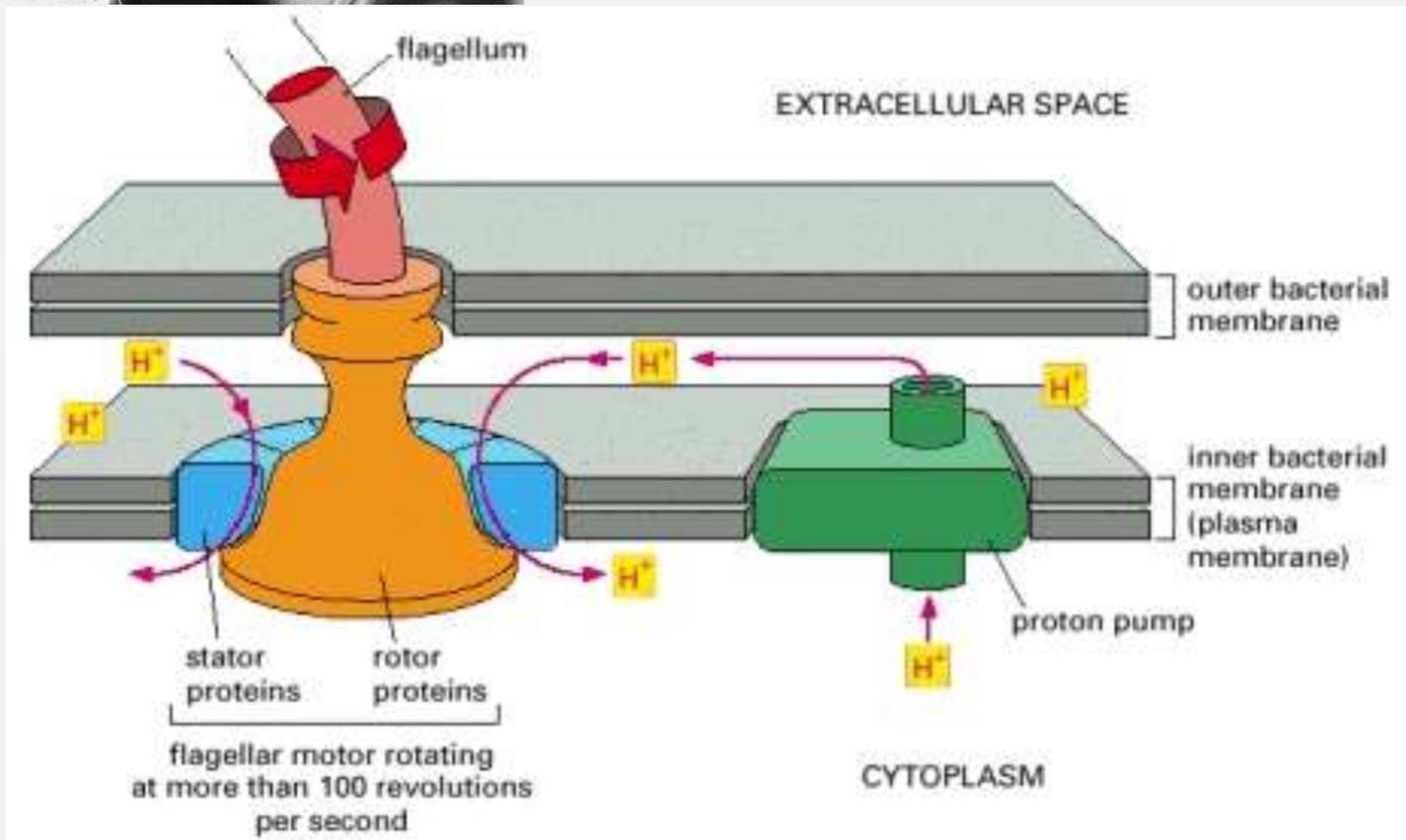
Les plasmides, des petites molécules d'ADN circulaire

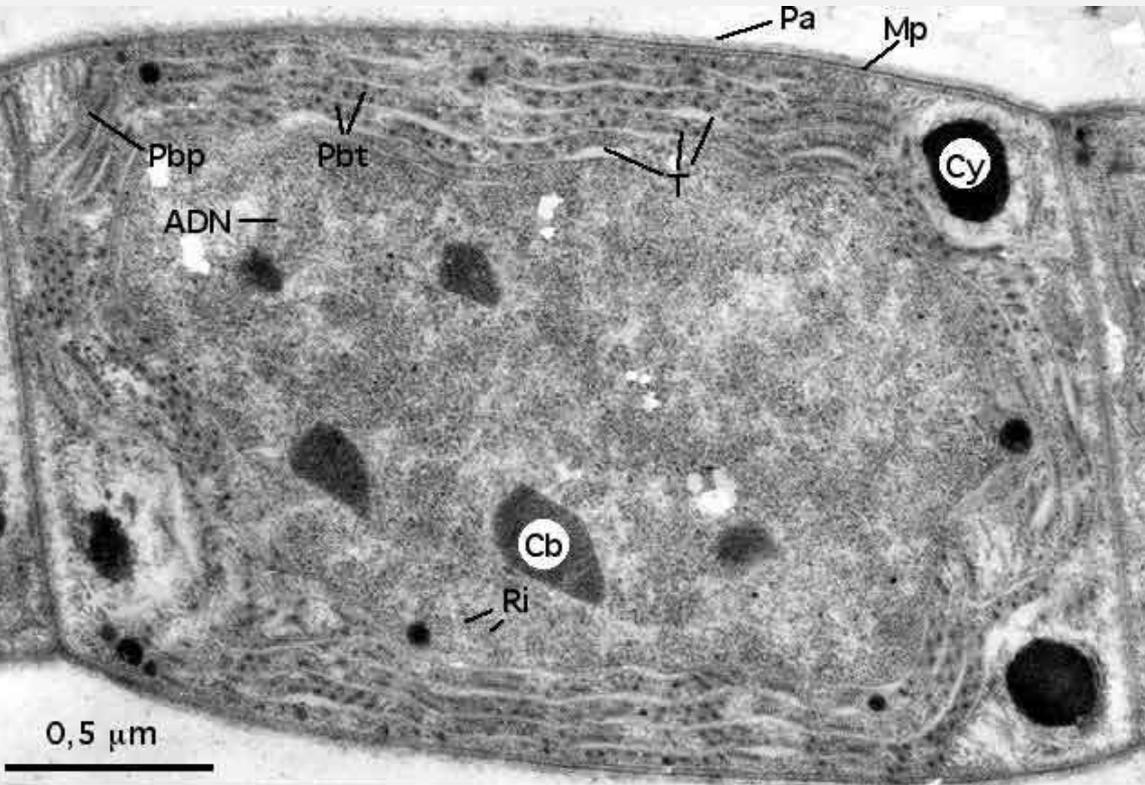




Helicobacter pylori avec ses nombreux flagelles (MET)

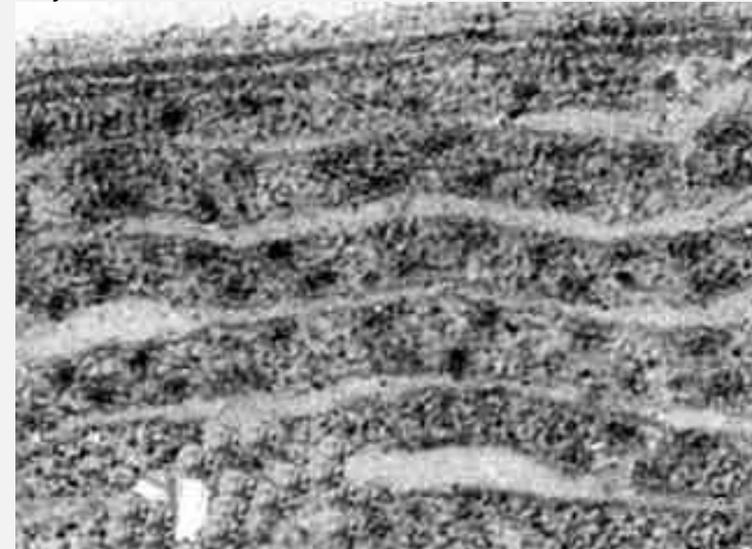
La rotation du flagelle bactérien est entraînée par un flux entrant de protons





Un « crachat de Lune » : une colonie de Nostoc, cyanobactérie

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/gestion-de-l-environnement-pollution/cyanobacteries-et-cyanotoxines>



Vue de détail des thylacoïdes périphériques

Document 17. Une Cyanobactérie (*Oscillatoria splendida*) en MET.

Pbt et Pbp : **phycobilisomes** en CT ou vue de profil

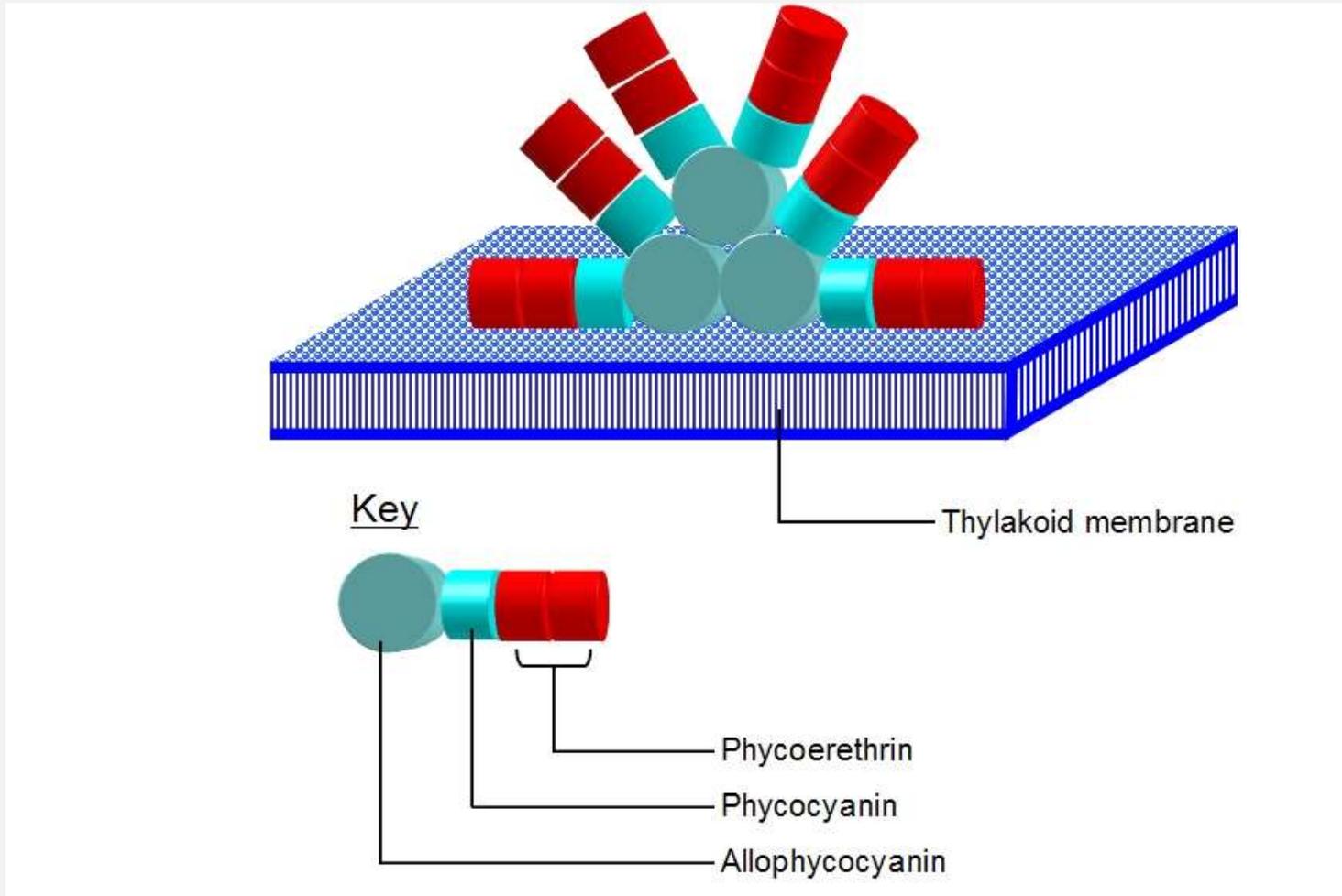
Cy : cyanophycine, polymère de réserves azotées

Cb : **carboxysomes**

Po : granules de polyphosphates

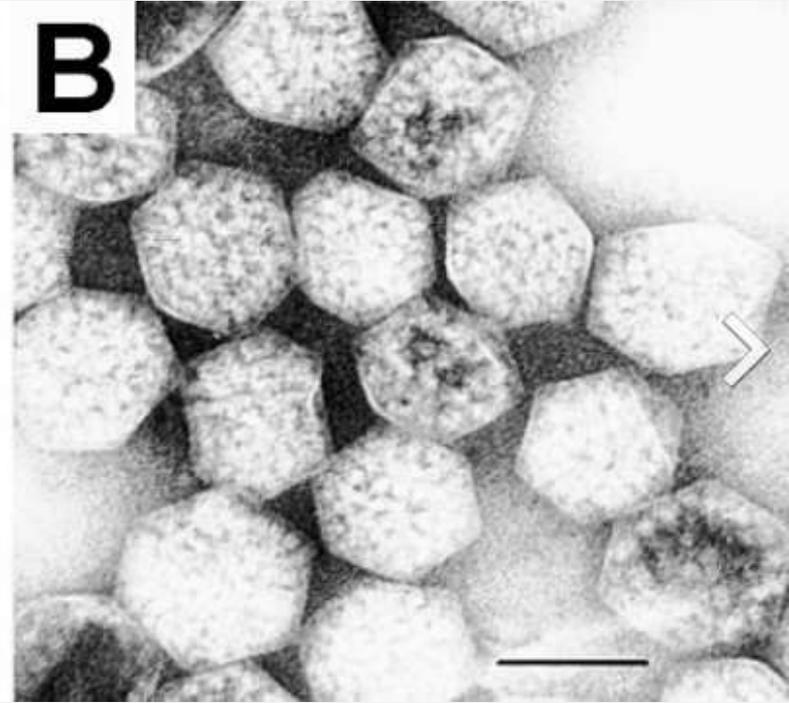
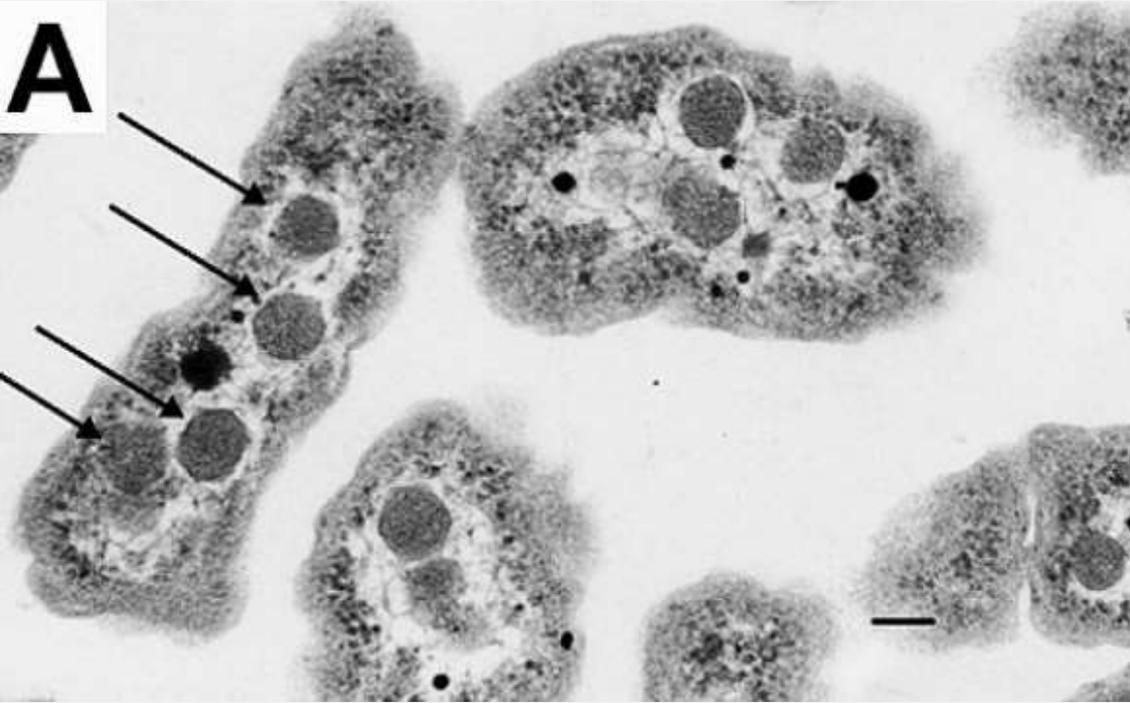
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Chloroplaste/oscillatoria.htm>

Structure schématique d'un phycobilisome



Ce complexe associe des protéines et des pigments qui permettent de capter l'énergie lumineuse

Carboxysomes

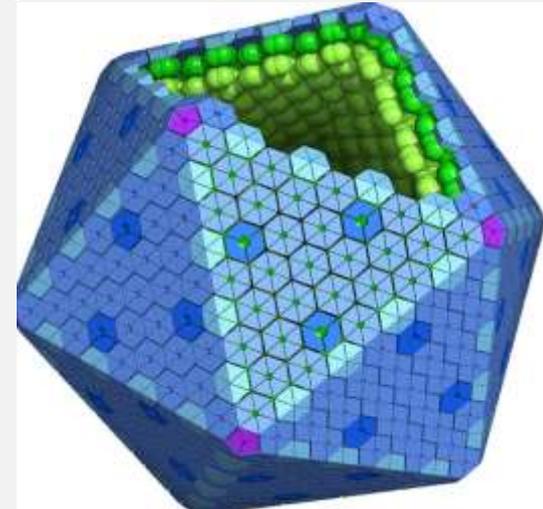


[A] Microscopie électronique de cellules de *Halothiobacillus neapolitanus* dont les carboxysomes sont indiqués par des flèches.

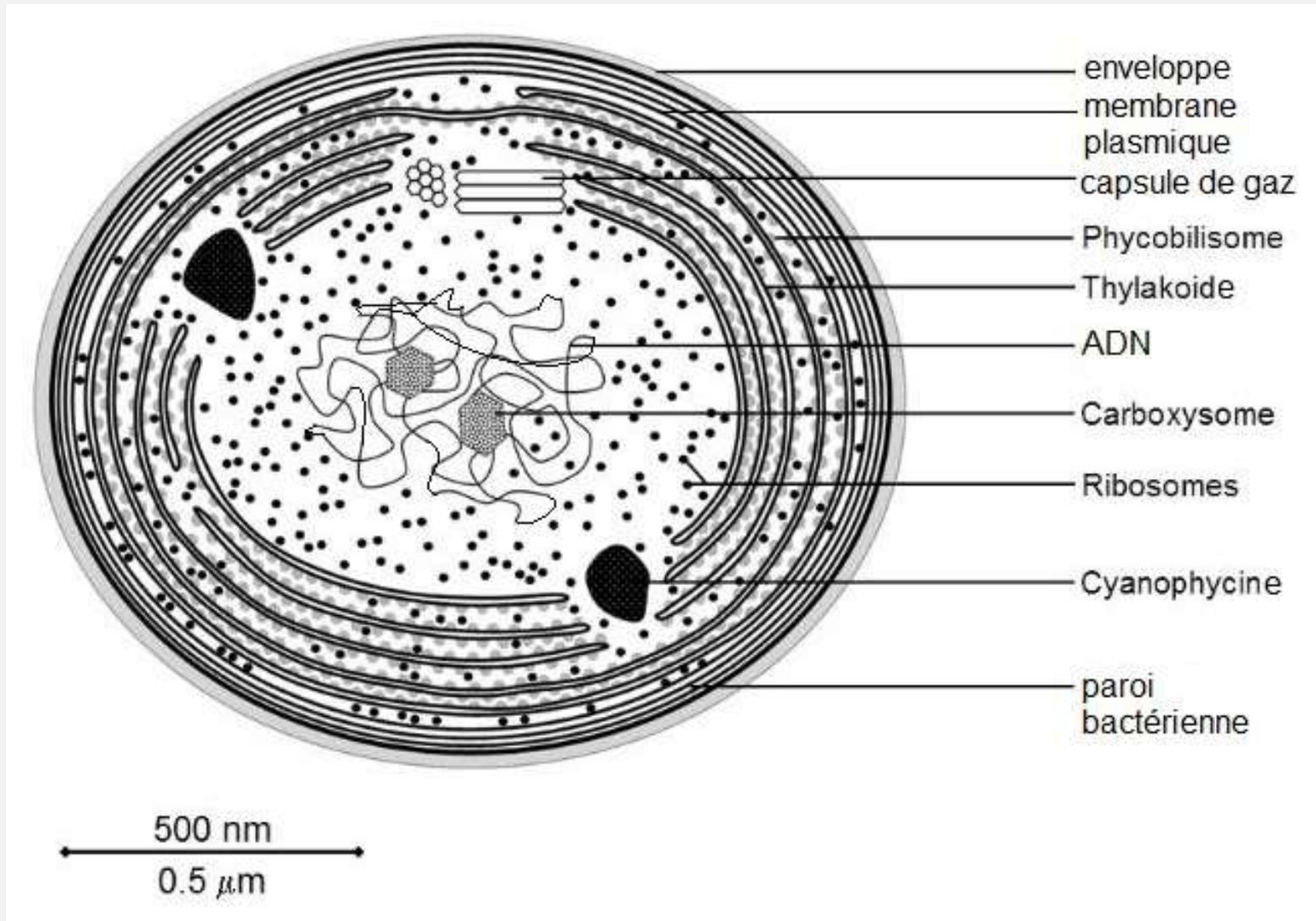
[B] Vue de carboxysomes intacts isolés d'*H. neapolitanus*. La barre d'échelle indique une longueur de 100 nm.

Représentation d'un carboxysome.

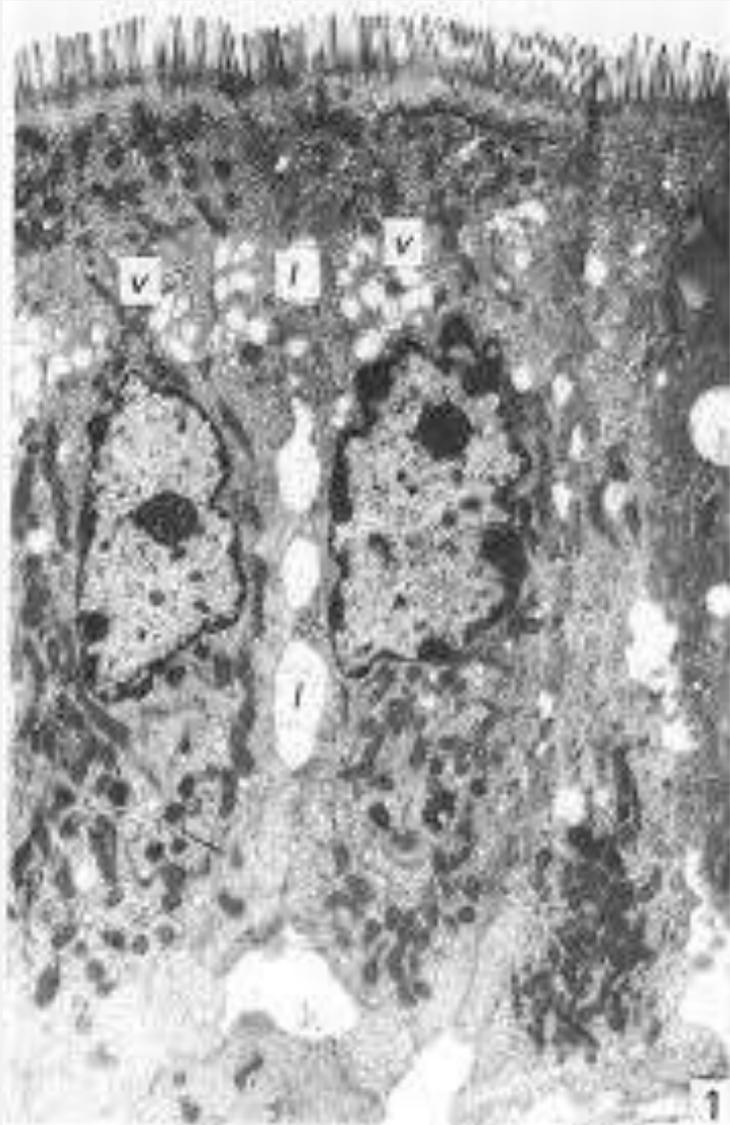
En bleu, les protéines constitutives de la capsule,
En vert, les enzymes encapsulées (dont la RubisCO).



Document 18. Organisation d'une cyanobactérie.



Cellules eucaryotes observées en MET

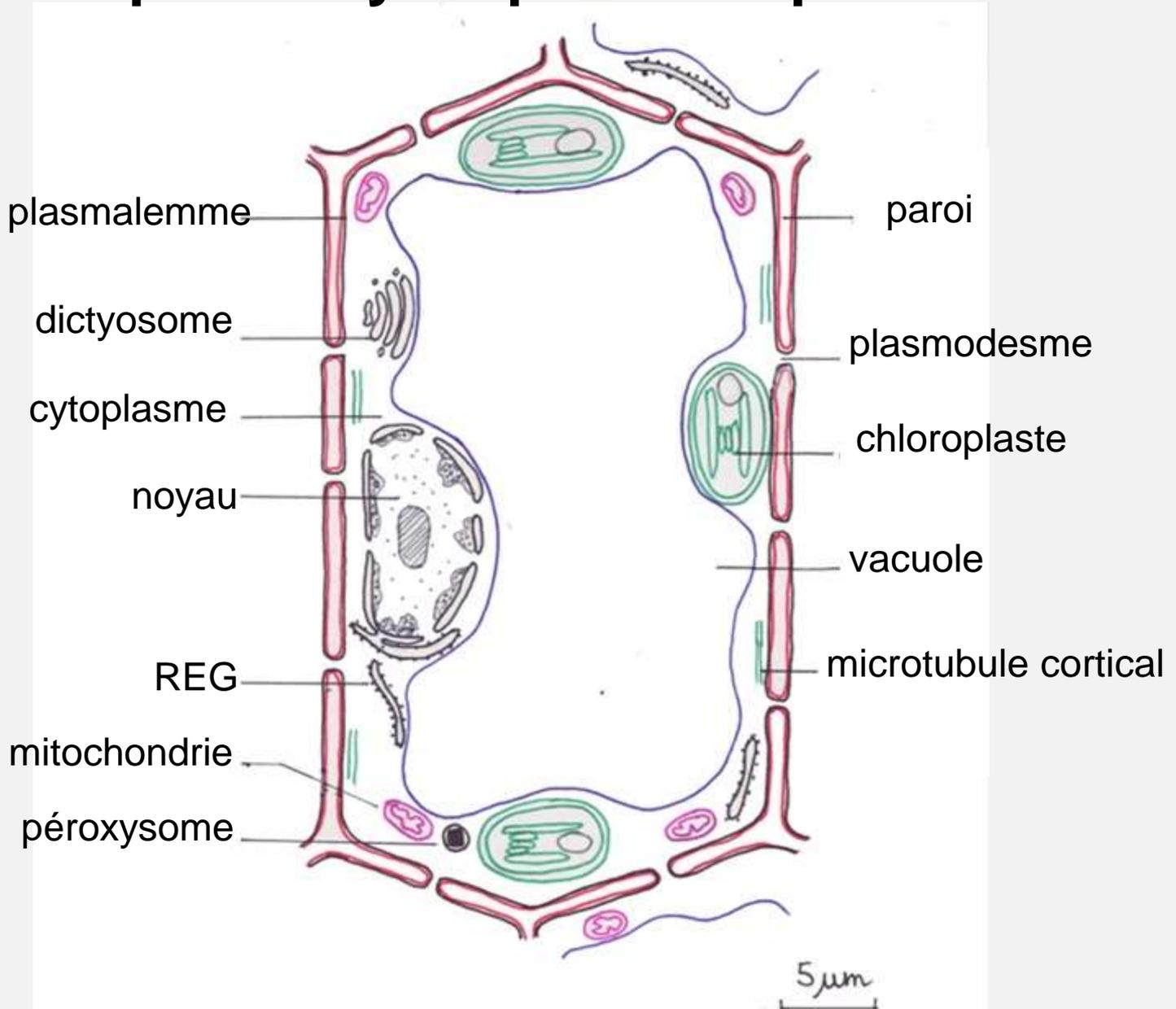


Entérocytes (x 3700)

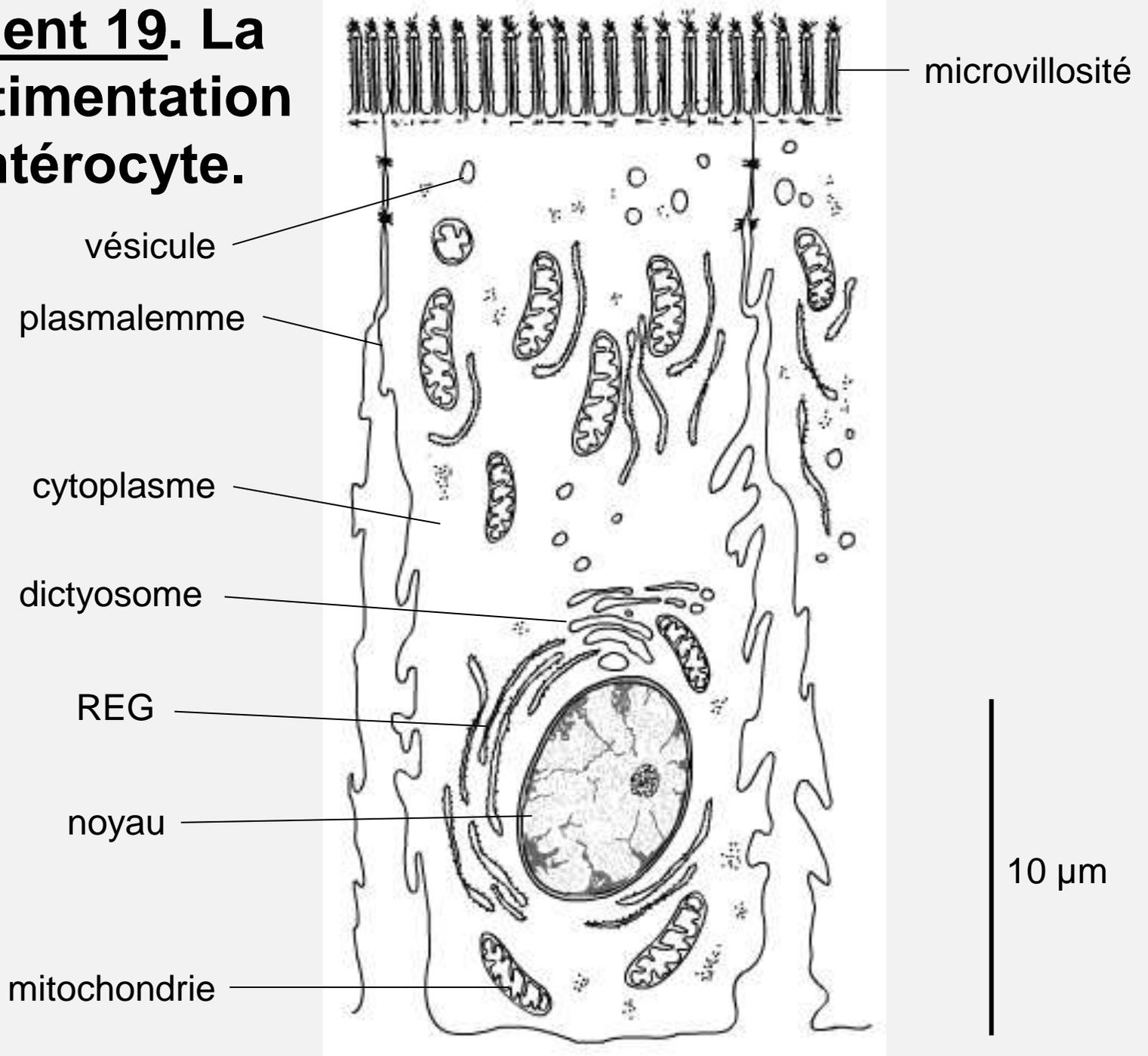


Cellule végétale chlorophyllienne

Document 19. La compartimentation de la cellule du parenchyme palissadique.



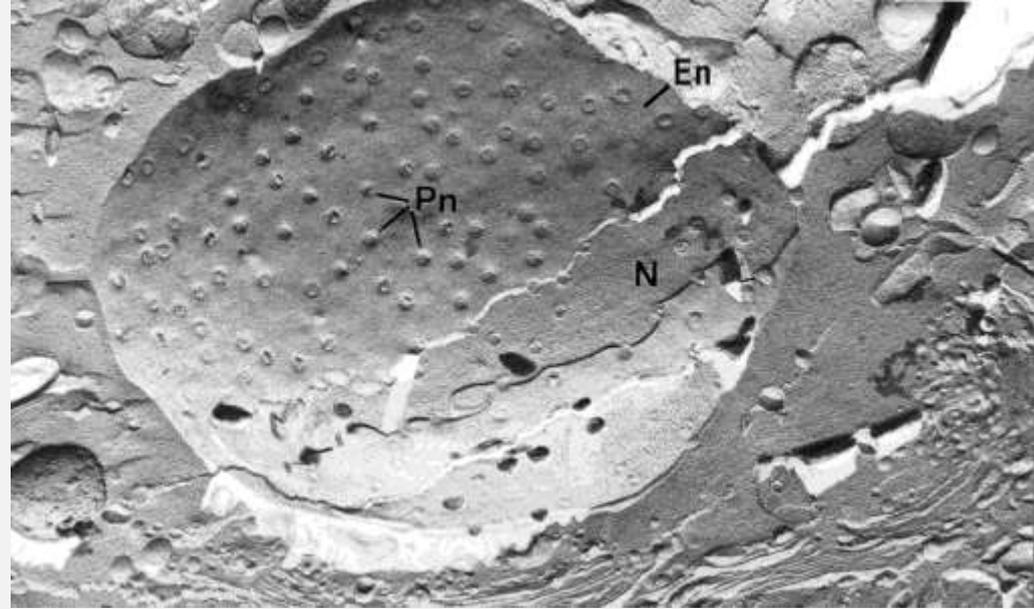
Document 19. La compartimentation de l'entérocyte.



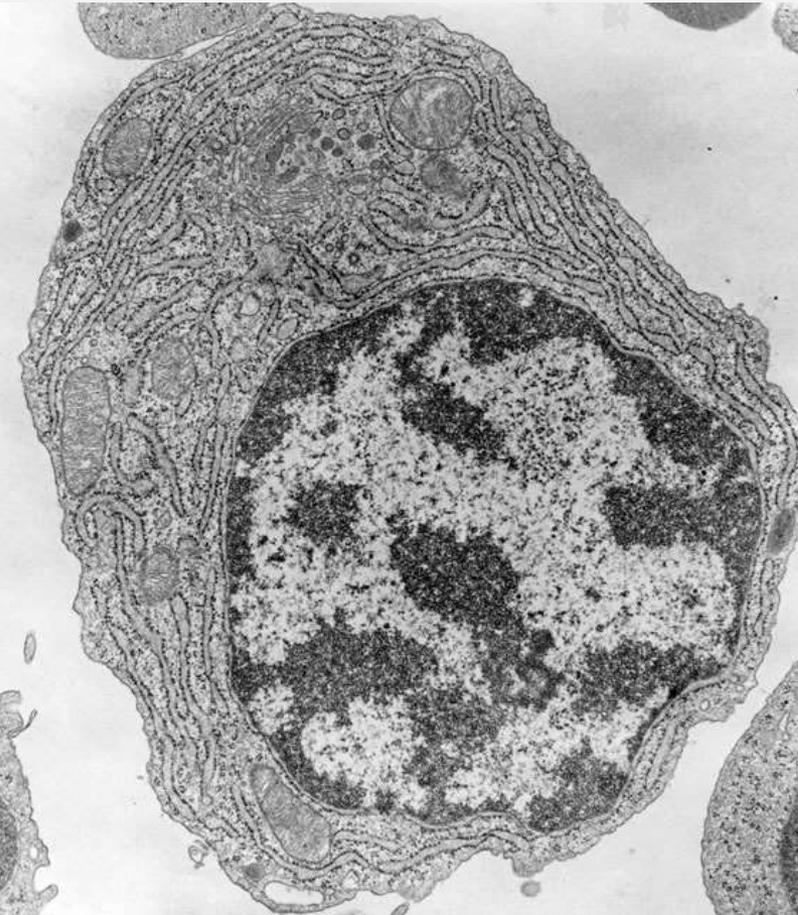


Noyau de cellule d'épiderme d'oignon,
double coloration vert de méthyle - pyronine
(MO)

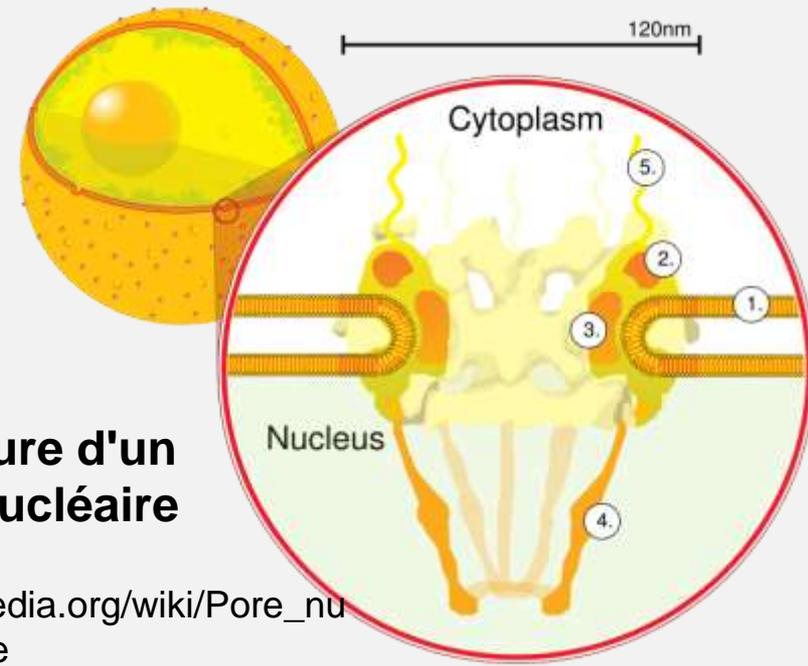
Document 20. Le compartiment nucléaire.



Enveloppe nucléaire (MET après cryofracture et cryodécapage x 23 000)



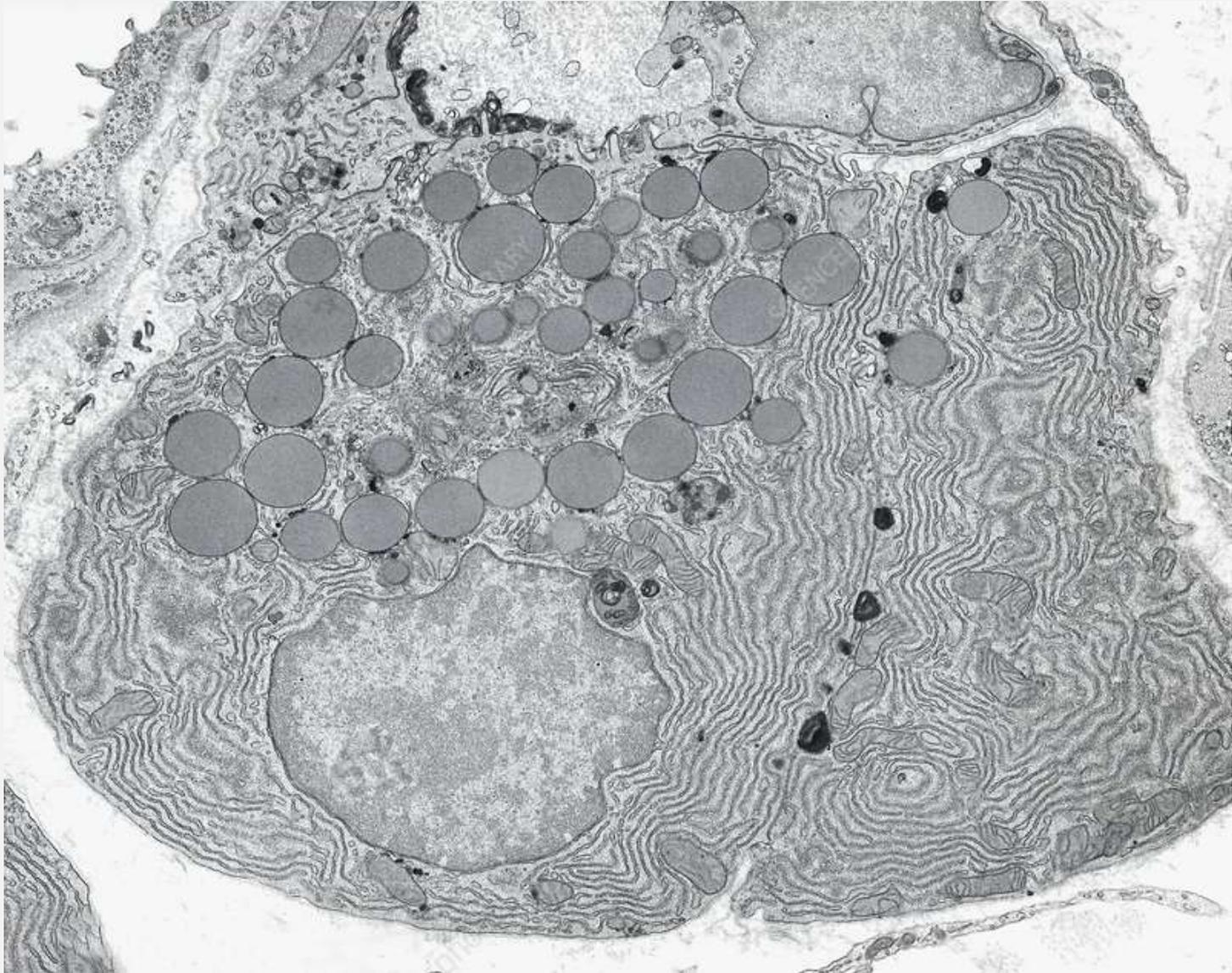
Plasmocyte (MET x 10 000)

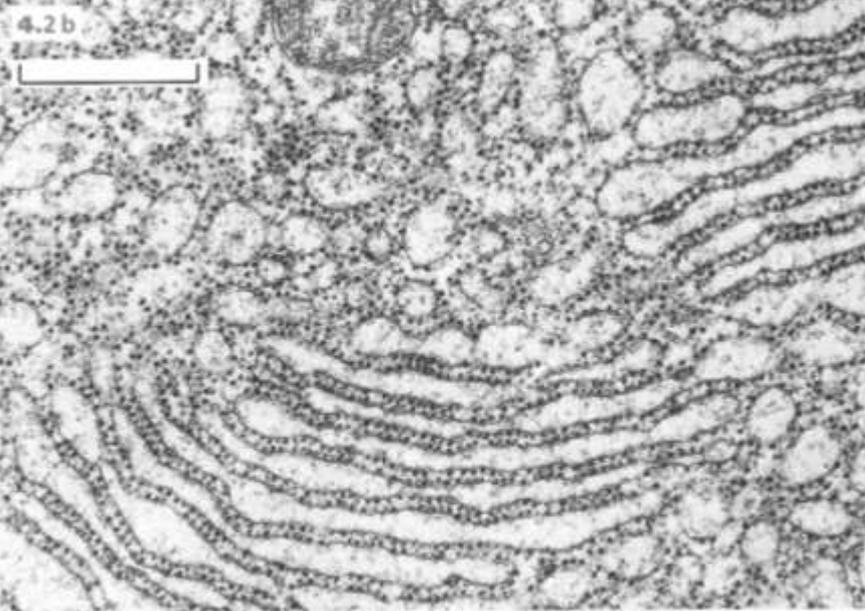


Structure d'un pore nucléaire

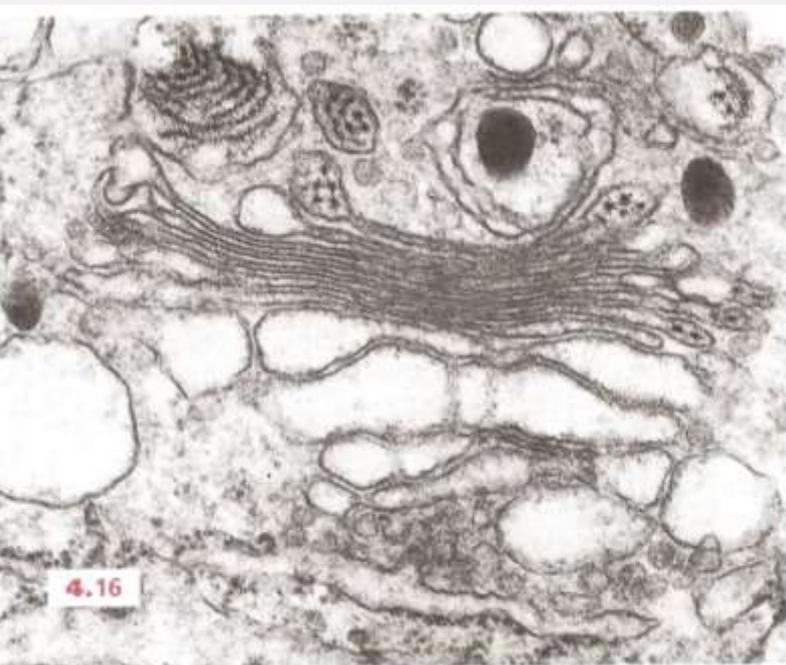
https://fr.wikipedia.org/wiki/Pore_nucl%C3%A9aire

Un pancréatocyte en MET





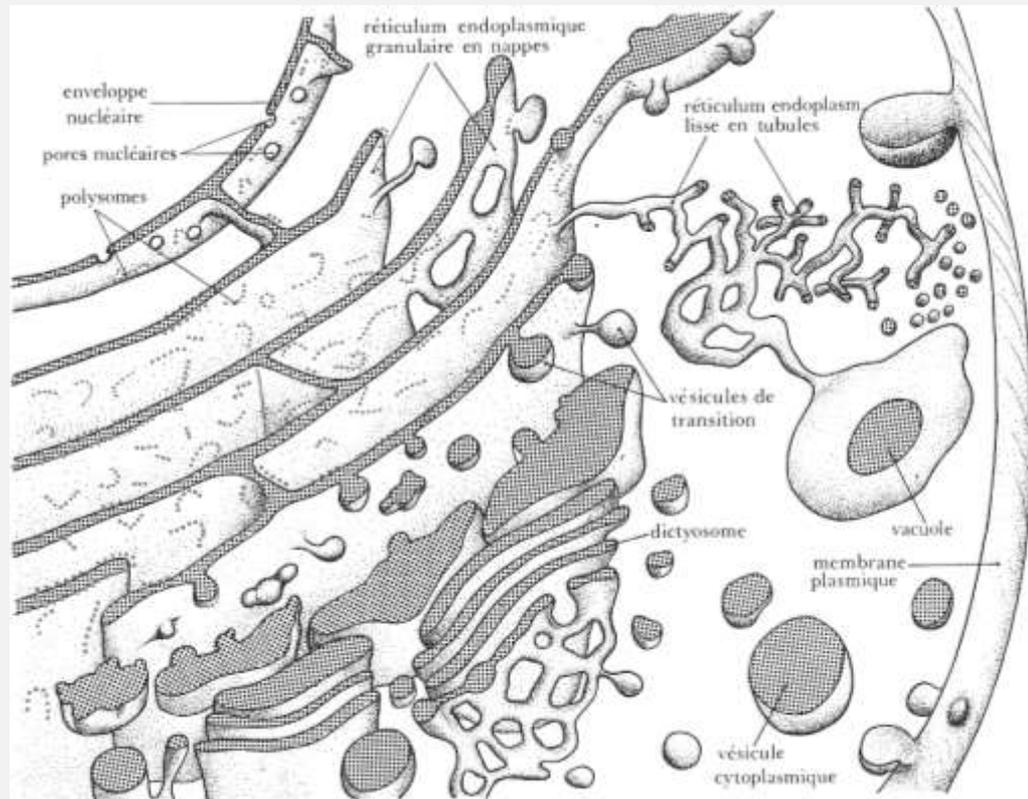
4-2 b. Nappes de réticulum granulaire.
Pancréas de grenouille (x 25 000).



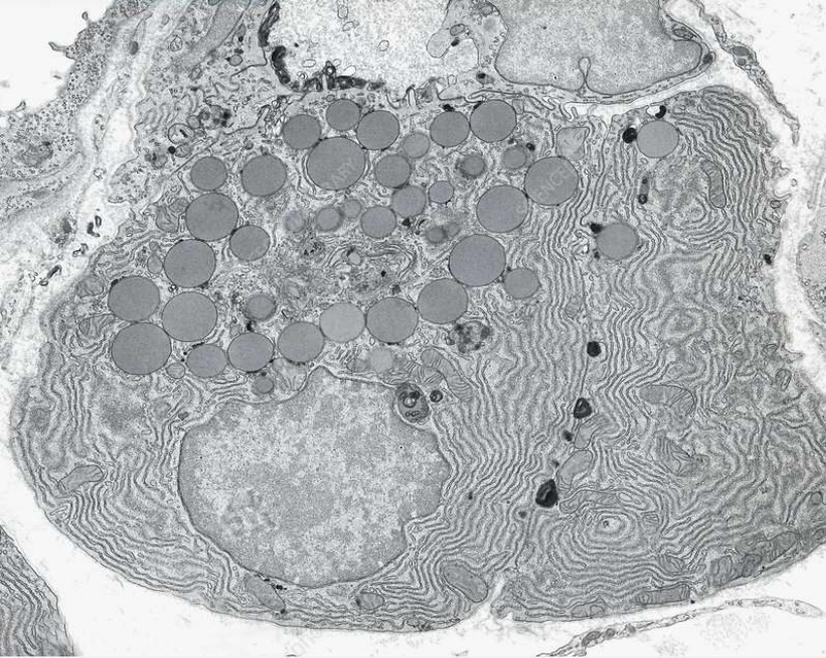
4.16

4-16. Structure polarisée d'un dictyosome. Spermatozocyte du ver

Réticulum endoplasmique et appareil de Golgi

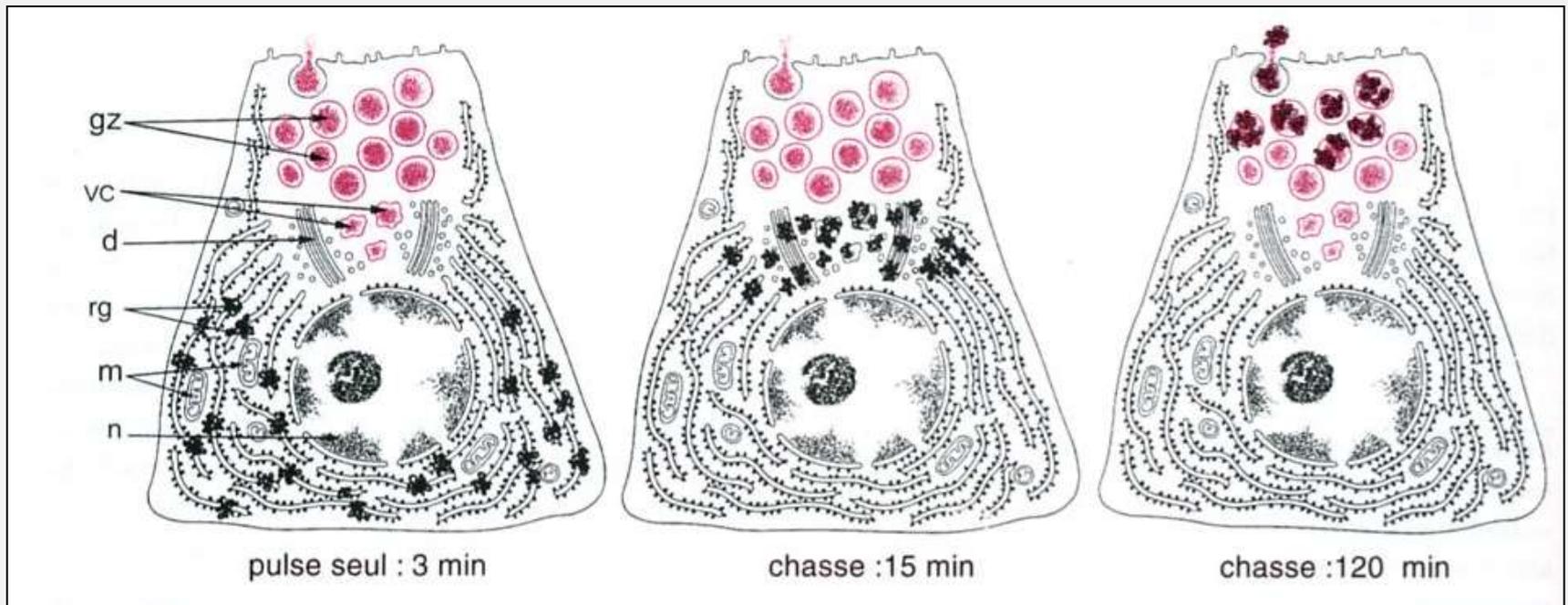


4-3. Compartiments du système endomembranaire. Continuité dans l'espace.

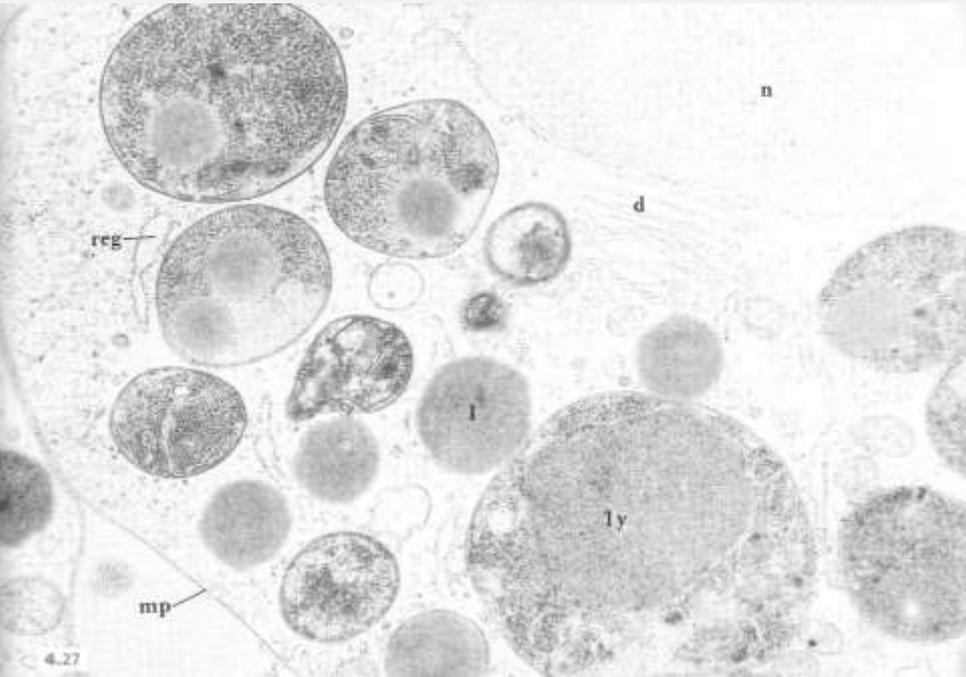


Document 21. Mise en évidence de flux vésiculaires entre compartiments dans la cellule acineuse pancréatique.

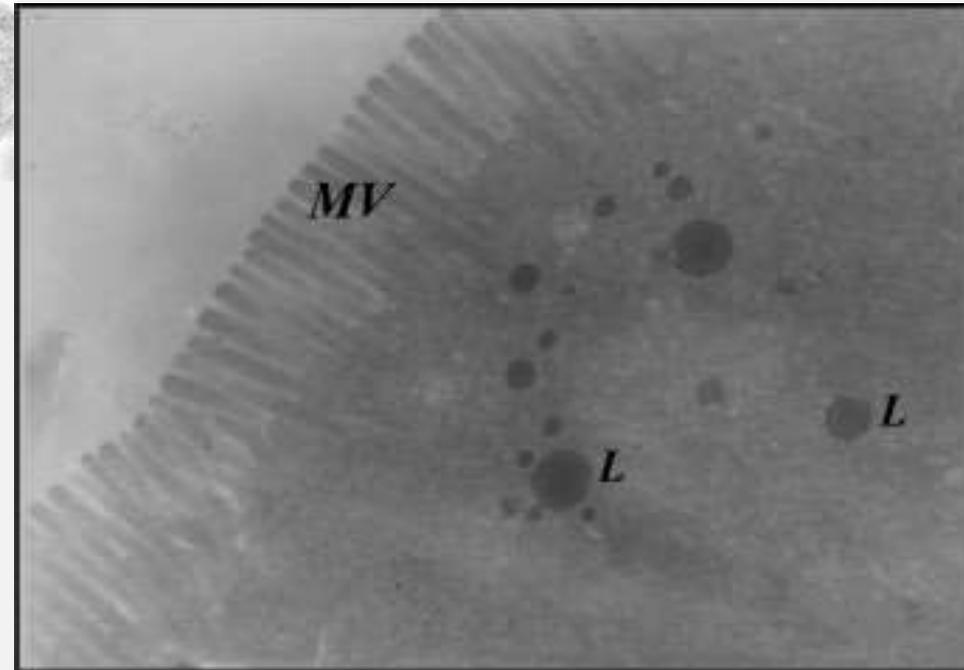
<https://www.sciencephoto.com/media/1063259/view/pancreatic-acinar-cell-tem>



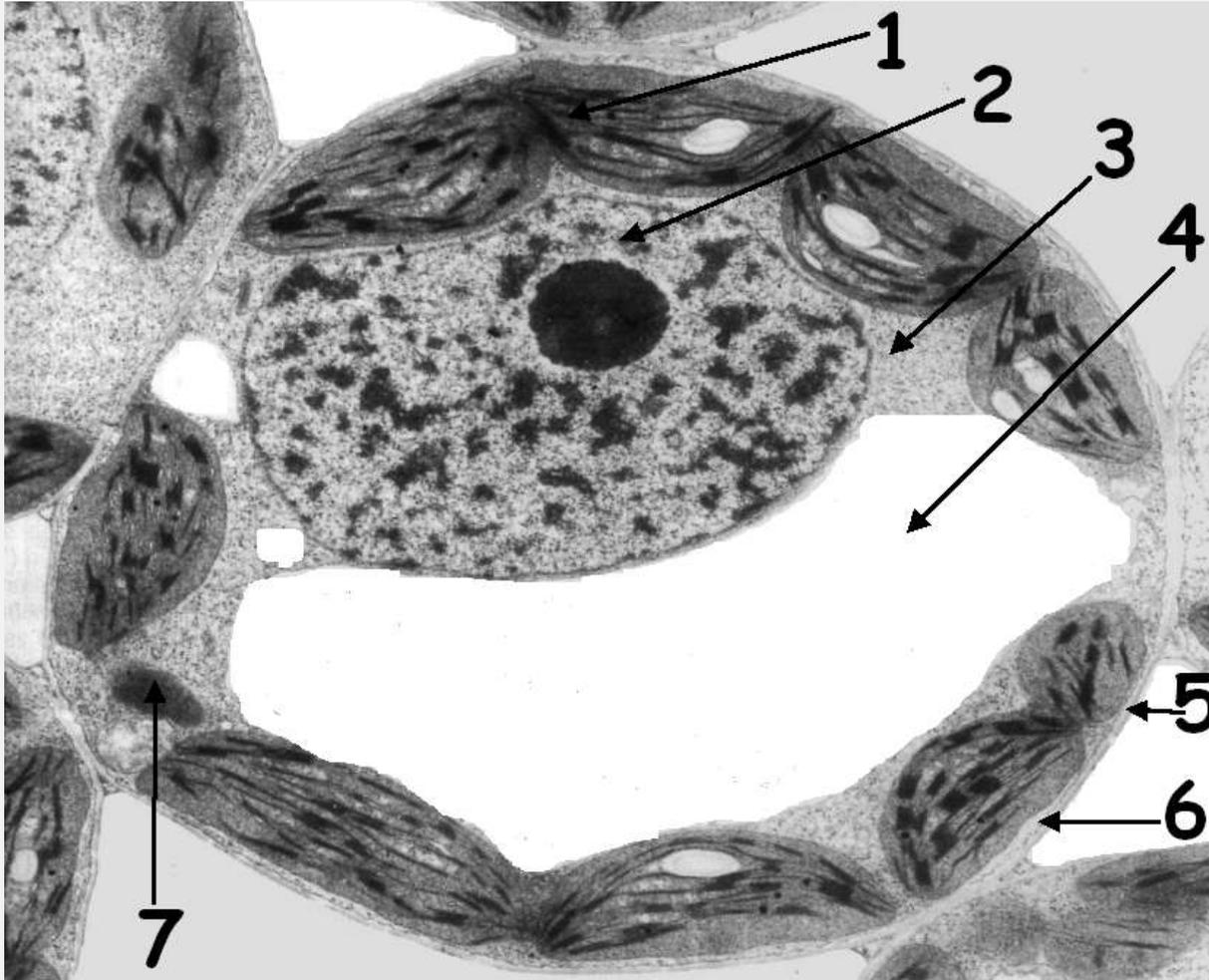
Lysosomes dans une cellule phagocytaire



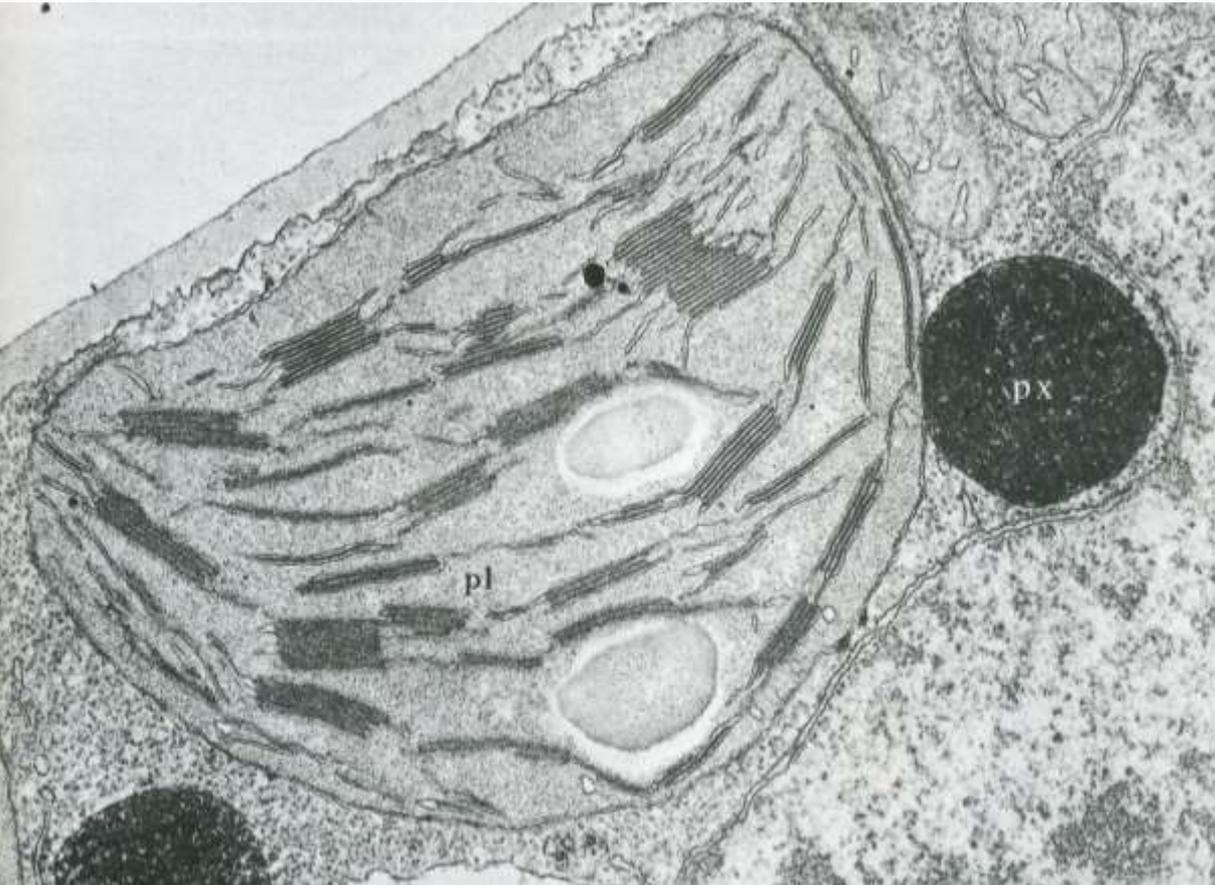
Pôle apical d'un entérocyte duodénal
(MET, G: $\times 10\ 000$)
MV : microvillosités
L : lysosomes chargés d'un matériel dense aux électrons (gadolinium).



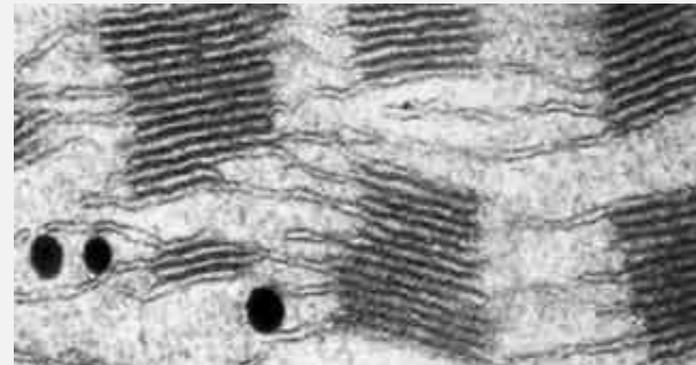
Document 22. Cellule végétale chlorophyllienne observée en MET.



Document 23. Chloroplaste et peroxyosome.



Détail des thylacoïdes d'un chloroplaste (MET x 60 000).



Chloroplaste (pl) (MET x 30 000).

Après une journée ensoleillée, les chloroplastes contiennent des grains d'amidon (structures claires).

px : peroxyosome (px).

En haut à droite : mitochondries

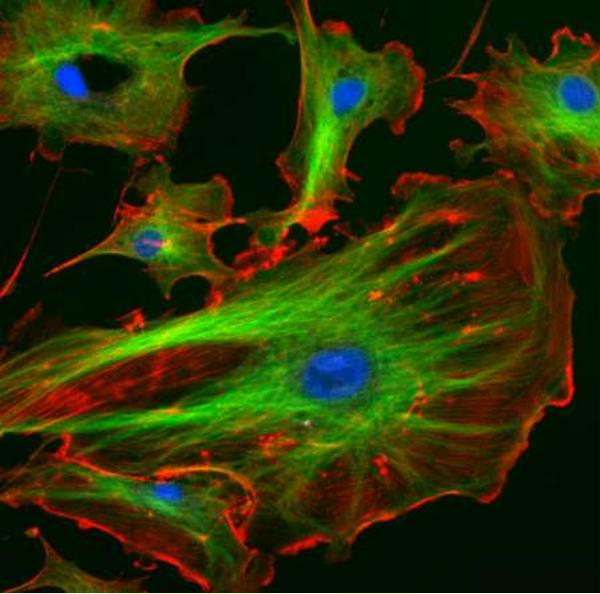


50 micromètres

Observation en MO d'un fragment de feuille d'Elodée éclairée pendant 24 h et placée dans du Perrier. Coloration au lugol.

Document 24. Mitochondrie en MET.





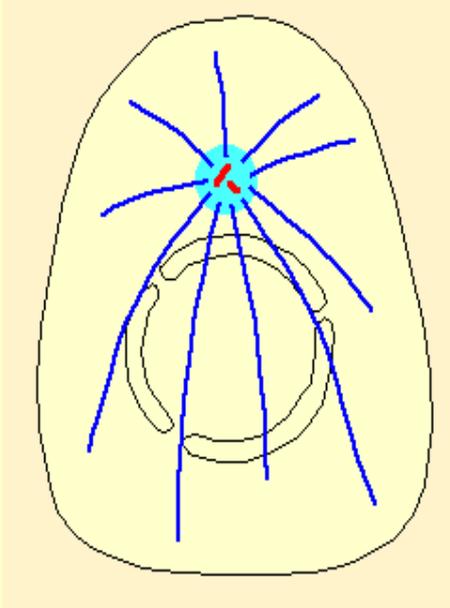
Les trois composants principaux du cytosquelette

Cytosquelette d'une cellule endothéliale

(immunofluorescence) :

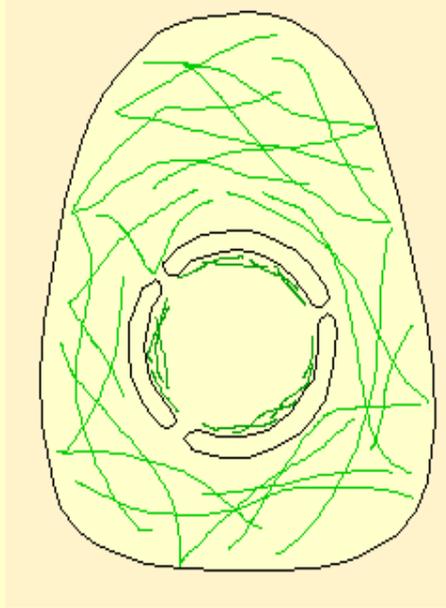
- En rouge les microfilaments d'actine
- En vert, les microtubules
- (en bleu, le noyau)

les microtubules



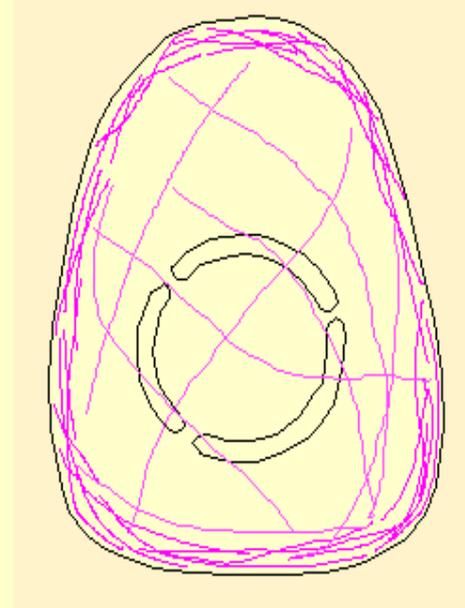
Les microtubules constituent un "réseau" dont le centre est situé au niveau du centrosome.

les filaments intermédiaires

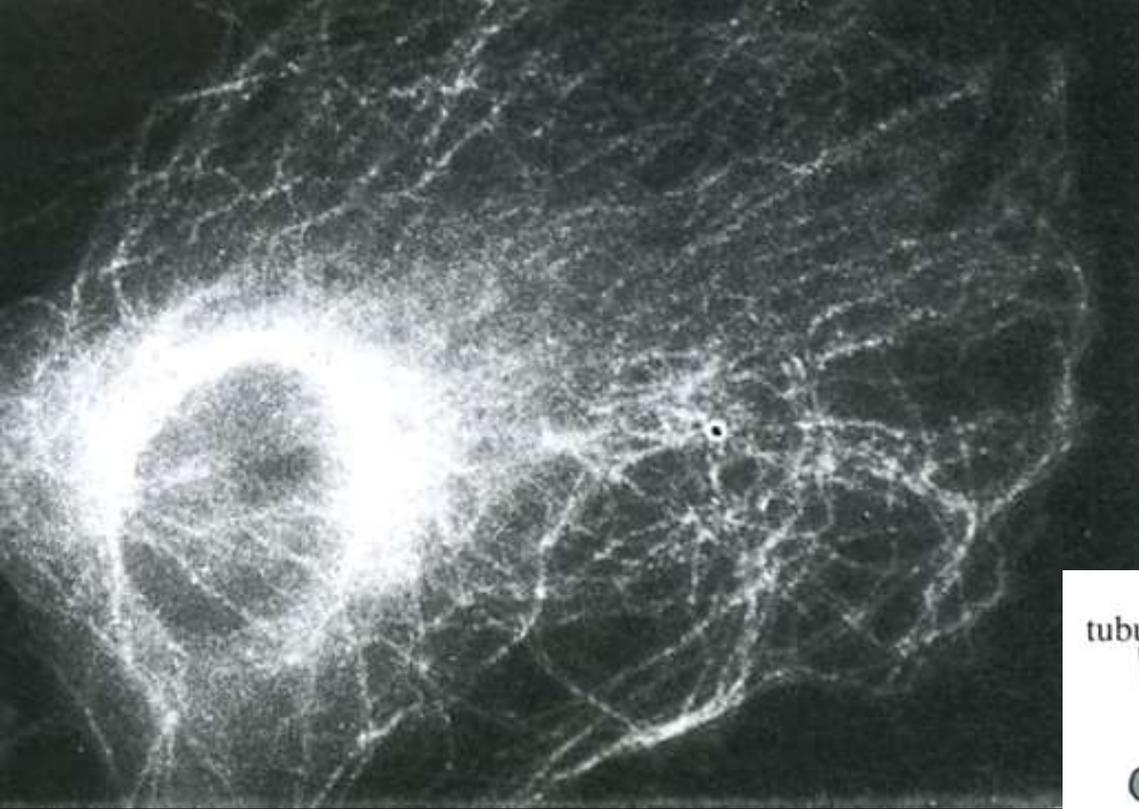


Les filaments intermédiaires constituent un réseau qui occupe tout l'espace cytoplasmique. Sous la membrane nucléaire interne ils constituent la lamina.

les microfilaments d'actine



Les microfilaments d'actine constituent un réseau principalement localisé sous la surface cellulaire.



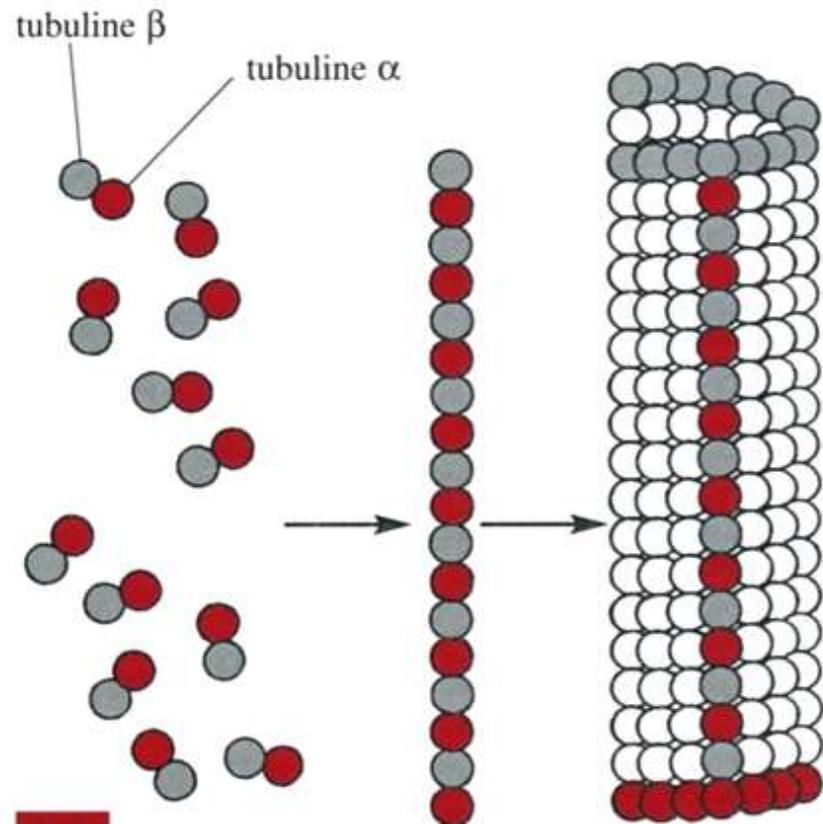
Document 25. Cytosquelette microtubulaire d'une cellule épithéliale en interphase

(marquage par immunofluorescence, x 1 500).

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

Document 26. Interprétation de la structure d'un microtubule.

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





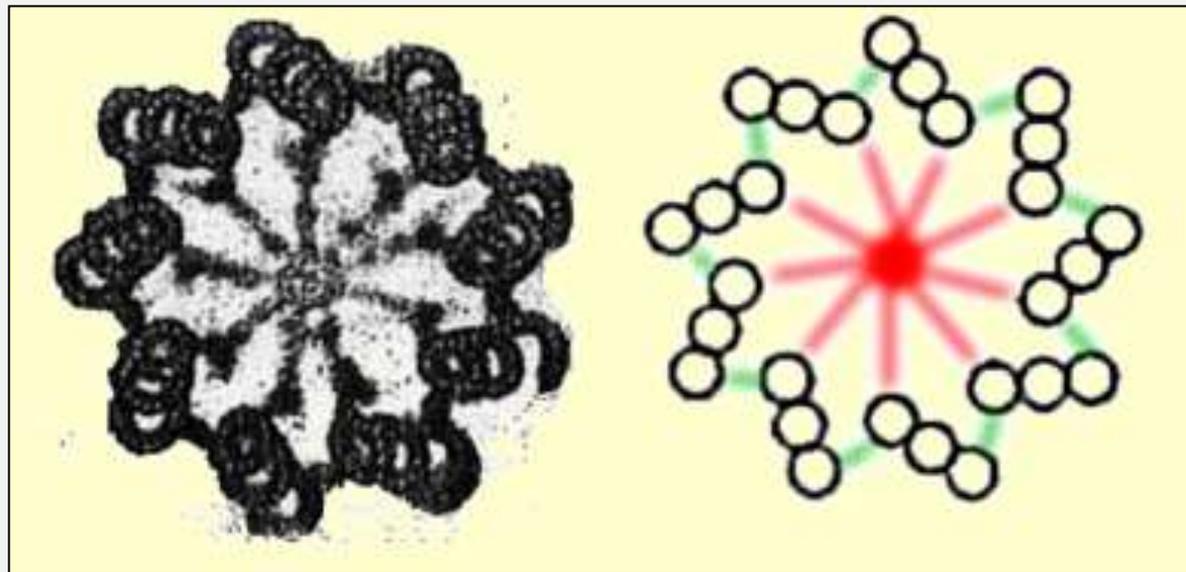
Document 27.

Une paire de centrioles dans une cellule animale

(MET x 96 000).

(<http://www.cytochemistry.net/cell-biology/cilia.htm>).

Centriole vu de face et schéma interprétatif.



<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Mitose/32cytosquelette.htm>

Les microtubules : des structures dynamiques

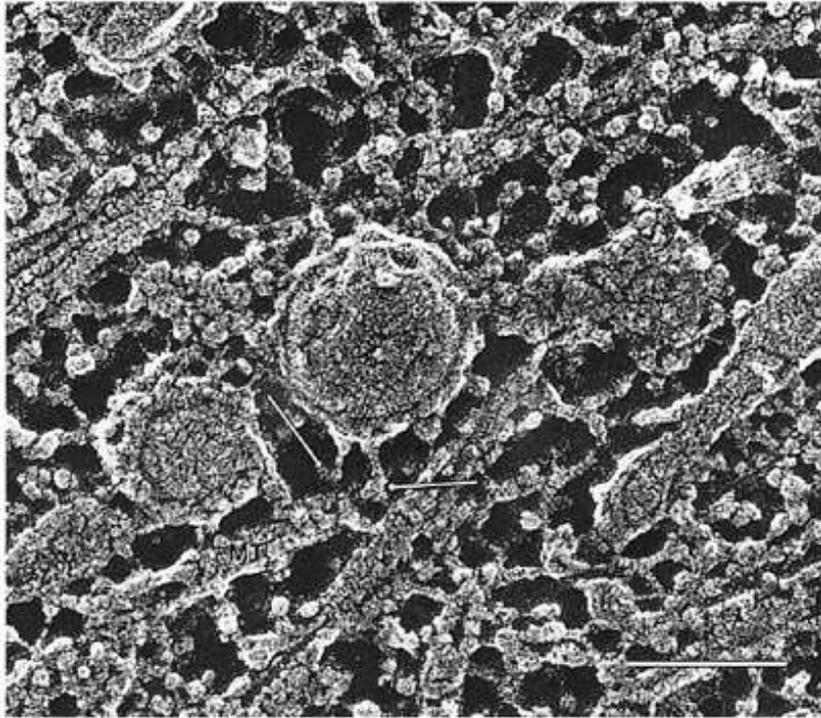


**Micrographies électroniques d'échantillons de
microtubules en cours de polymérisation ou de
dépolymérisation.**

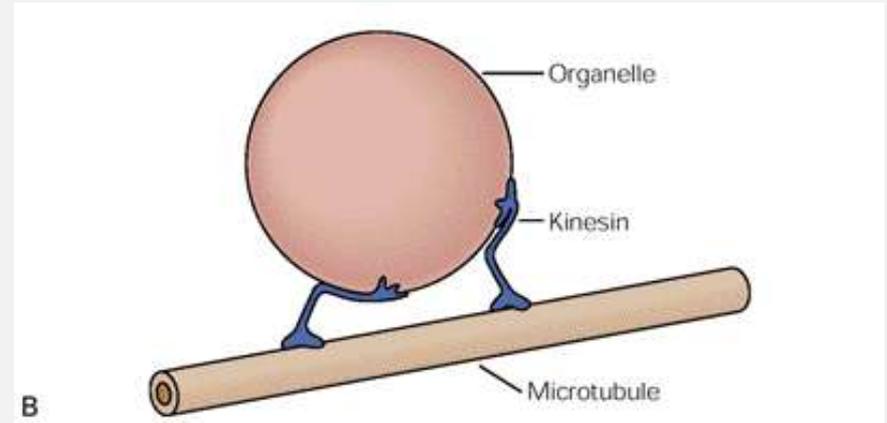
Barre d'échelle : 50 nm.

(E.M Mandelkow, E. Mandelkow, R.A. Milligan, « Microtubule dynamics and microtubule caps: a time-resolved cryo-electron microscopy study. » J. Cell Biol, 1991 Sep ; 114(5) :977-91.)

Les microtubules et le transport de vésicules



A



B

Transport de vésicules le long d'un microtubule.

A : Observation en MET (barre d'échelle : 100 nm).

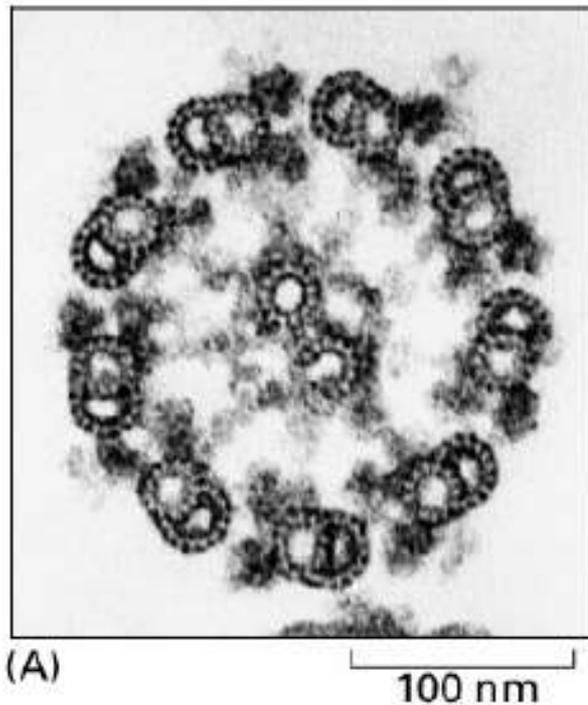
B: Interprétation. « Organelle » = vésicule.

La kinésine est une protéine possédant deux têtes globulaires qui se lient aux microtubules et une queue qui se lie aux vésicules. Des modifications de conformation des têtes permettent à la kinésine de se déplacer en se hissant le long du microtubule.

(http://www.ib.cnea.gov.ar/~redneu/2013/BOOKS/Principles%20of%20Neural%20Science%20-%20Kandel/gateway.ut.ovid.com/gw2/ovidweb.cgisidnjhkoalgmeho00dbookimagebookdb_7c_2fct~8.htm)

Cils et flagelles

CT d'un flagelle de spermatozoïde de Mammifère (MET).



Structure d'un cil de Protozoaire (Paramécie) en CL (MET x 50 000).

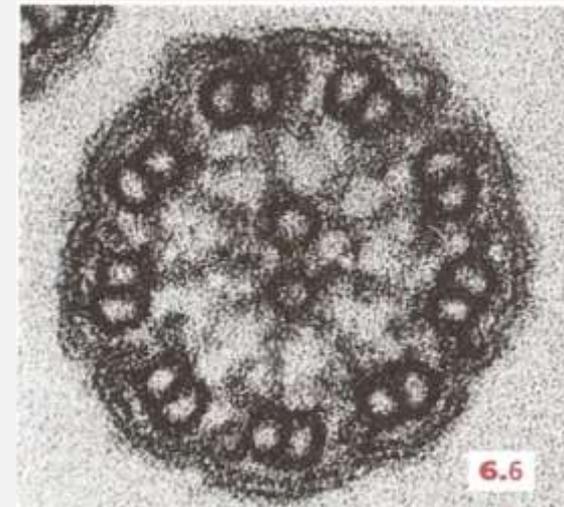
(ROLAND JC et Coll., "Atlas de biologie cellulaire", Dunod Ed., 2001).



CT d'un cil de branchie de Moule (MET x 200 000).

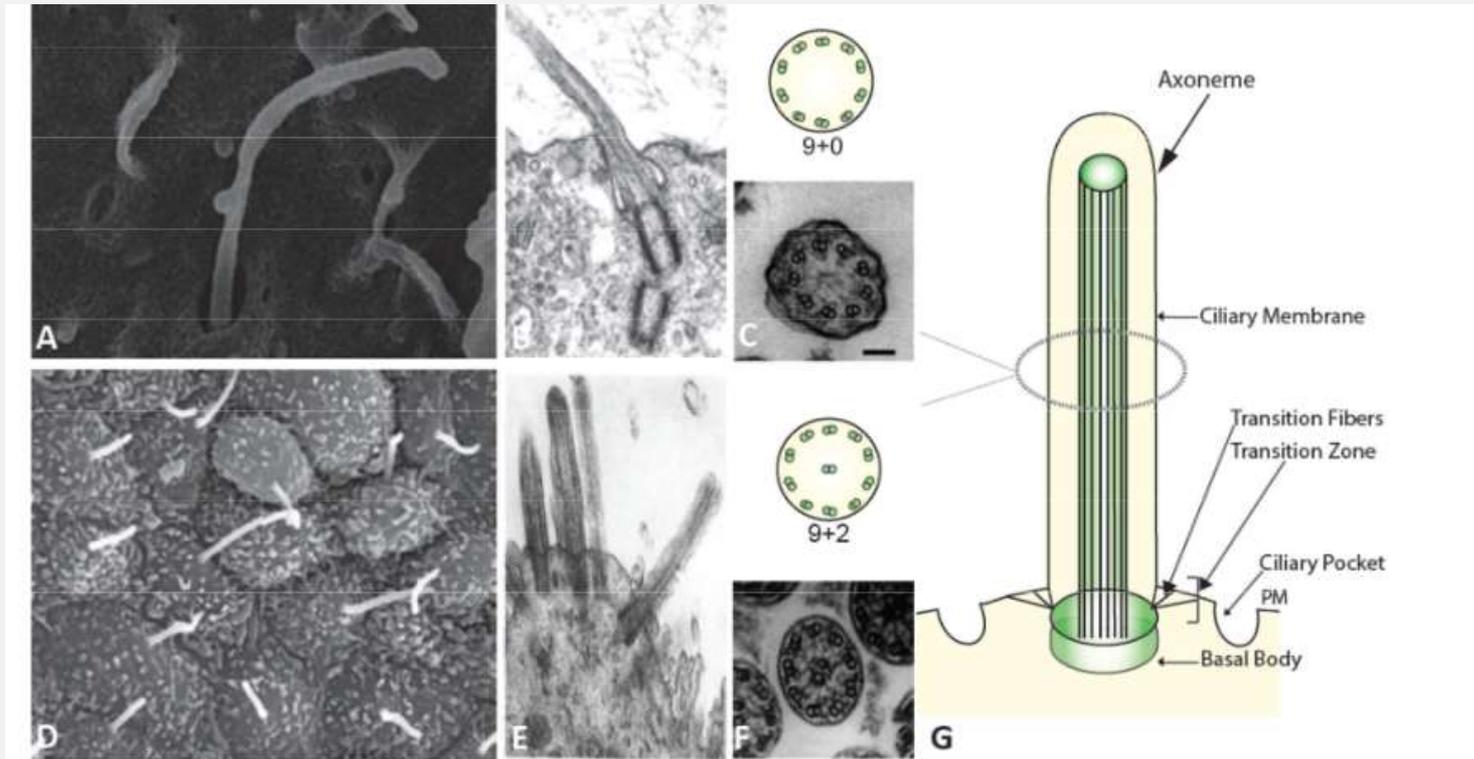
On observe des structures associées aux microtubules (rayons, bras internes, bras externes) qui stabilisent la structure.

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



Cils et flagelles – suite

Les cils primaires, non motiles mais sensoriels, sont présents à la surface de très nombreuses cellules eucaryotes polarisées (épithéliales, endothéliales, neurones...)



(A) Cil primaire d'un fibroblaste embryonnaire de Souris (Scanning electron microscopy - SEM)

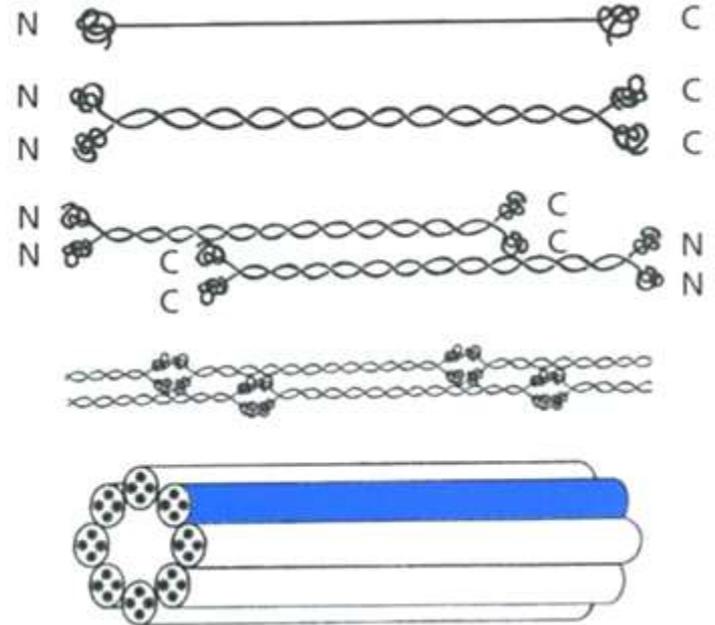
(B) et (C) Cil primaire en MET (CL et CT) et représentation schématique : 9 doublets de microtubules et pas de doublet central.

(D) Cils motiles sur un épithélium tracheal de souris (SEM)

(E) et (F) Cils motiles en MET (CL et CT) et représentation schématique : 9 doublets de microtubules + 1 doublet central.

(G) Représentation schématique d'un cil.

(Pampliega et al. 2013, Satir et al. 2010 and Sorokin 1968 ; Orhon et al. 2014 review in press, in : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01242554>)



1. Monomère : deux domaines globulaires séparés par une hélice α
2. Dimère : deux monomères associés parallèlement
3. Tétramère : deux dimères antiparallèles et décalés
4. Filament : les tétramères s'alignent parallèlement les uns aux autres pour former des fibres de 10 nm de diamètre, contenant 8 câbles élémentaires de tétramères

Document 28.

à G : visualisation par immunofluorescence des filaments intermédiaires dans des cellules épithéliales

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

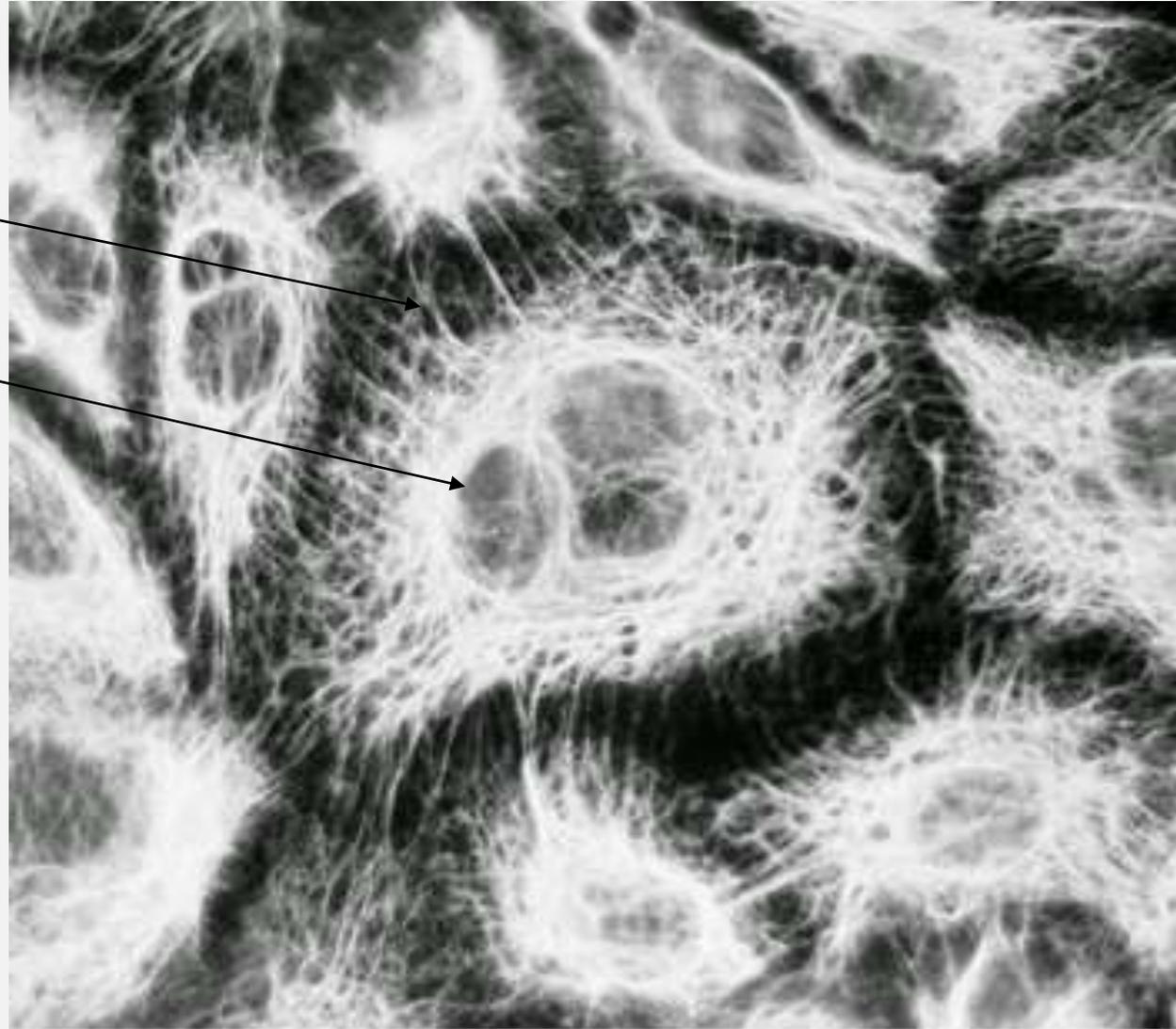
à D : schéma d'organisation simplifiée des filaments intermédiaires.

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

Filaments intermédiaires de kératine et cohésion des tissus

desmosome

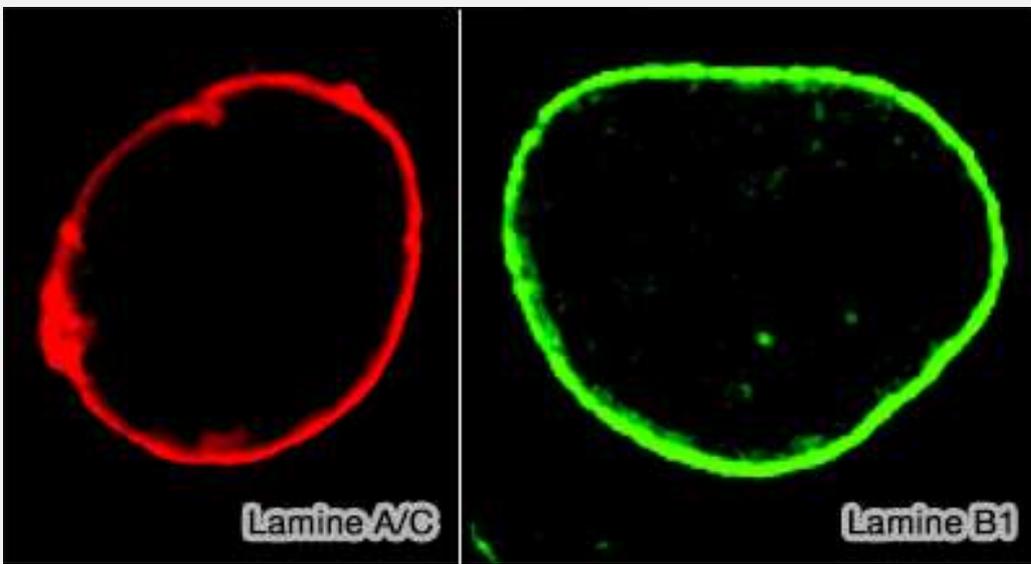
noyau



Microphotographie
d'un réseau de
filaments de kératine
dans un feuillet de
cellules épithéliales en
culture
(immunofluorescence).

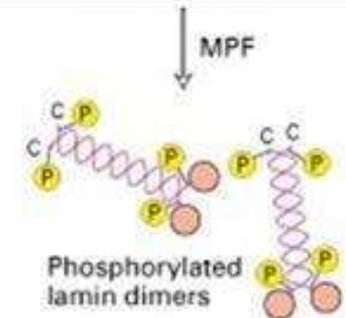
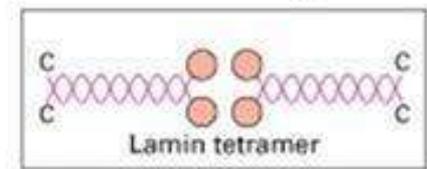
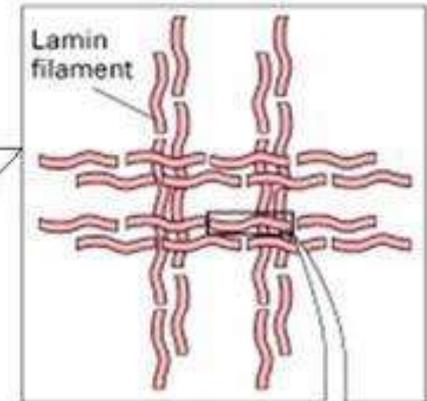
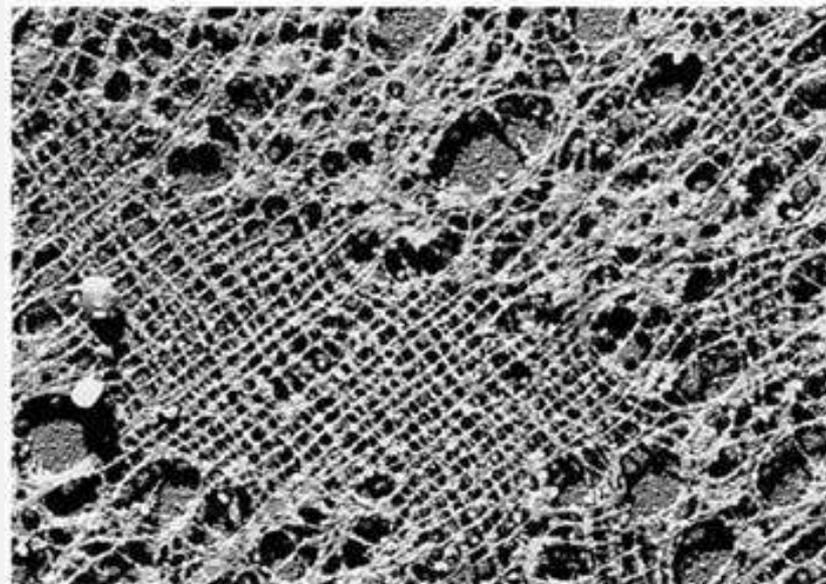
20 μ m

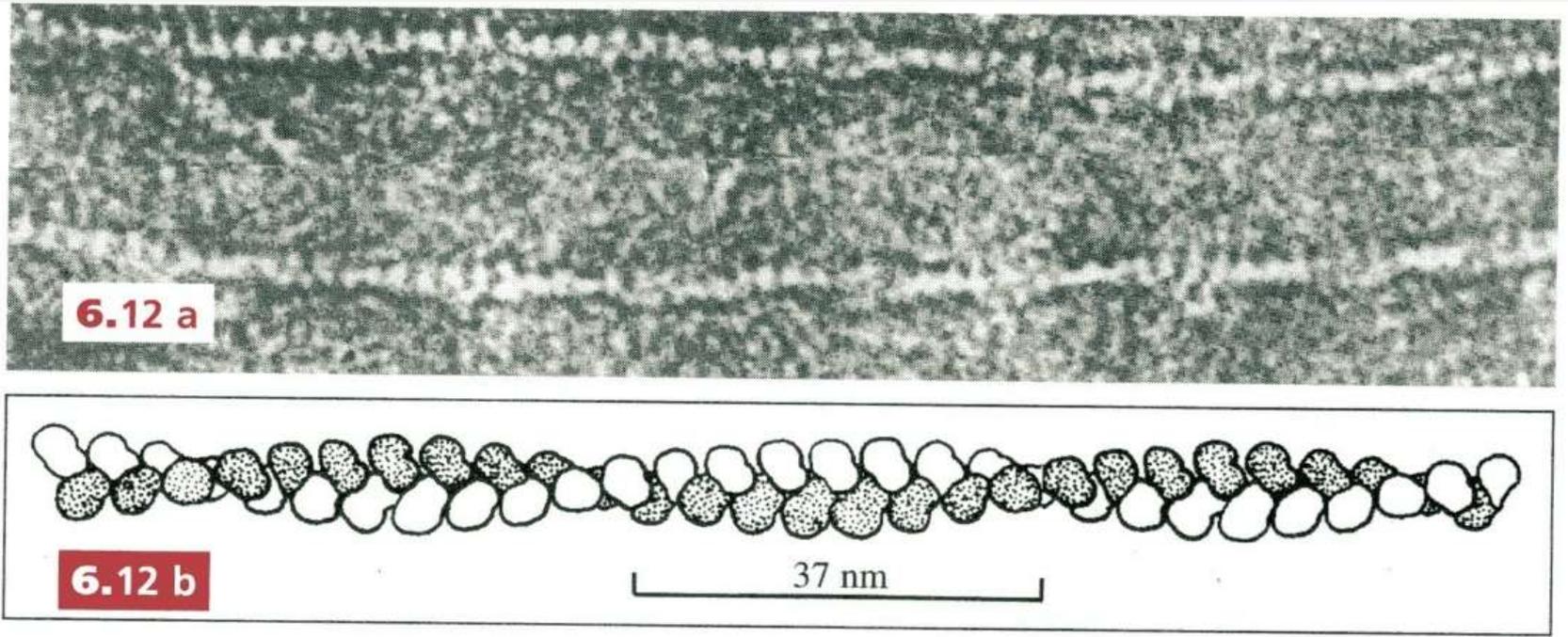
D'autres filaments intermédiaires : les lamines nucléaires



Localisation des lamines par immunofluorescence

Les lamines nucléaires polymérisées forment le nucléosquelette





Document 29. Organisation des filaments d'actine (= microfilaments).

a. Observation en microscopie électronique.

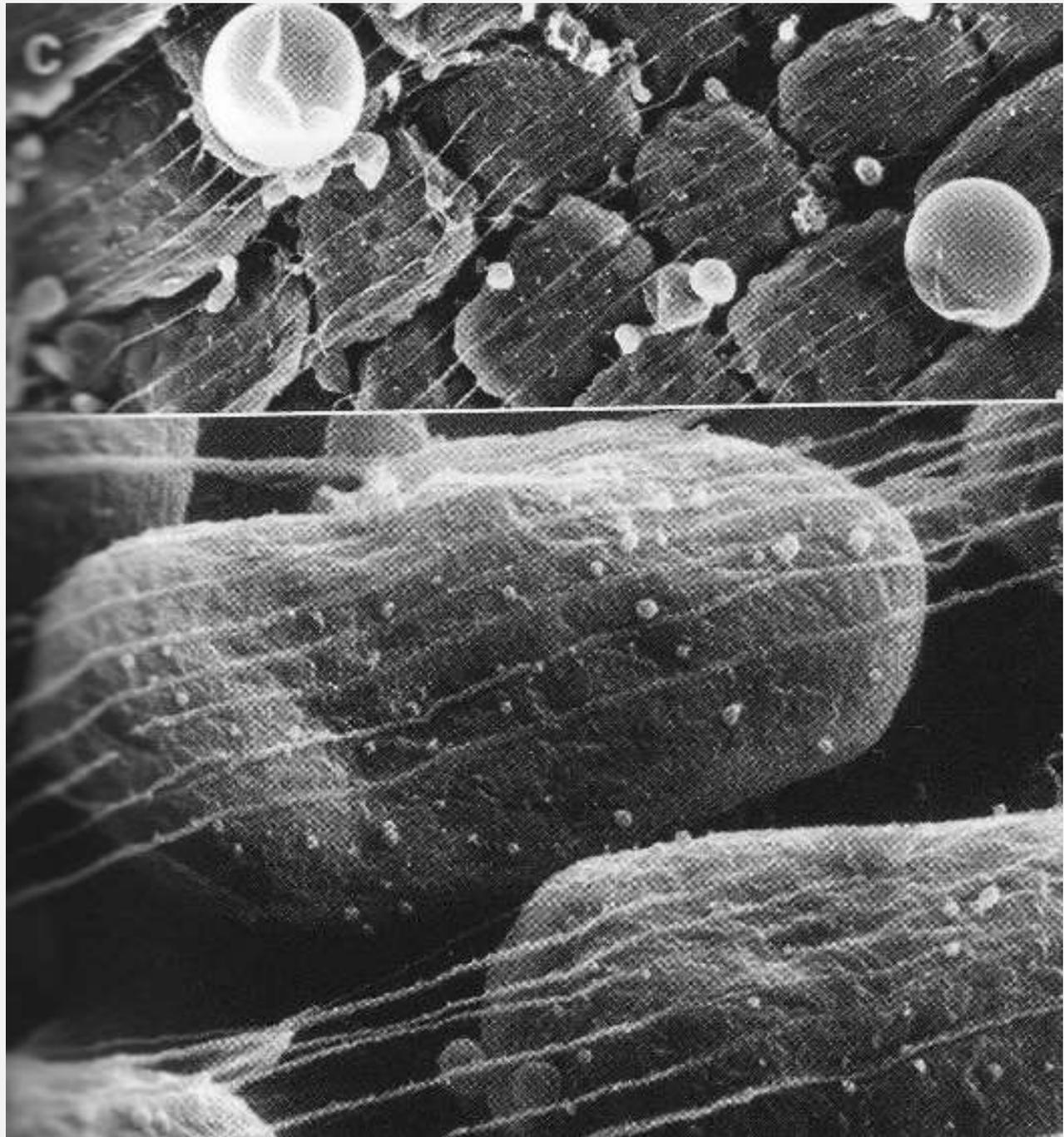
b. Représentation schématique du filament d'actine.

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

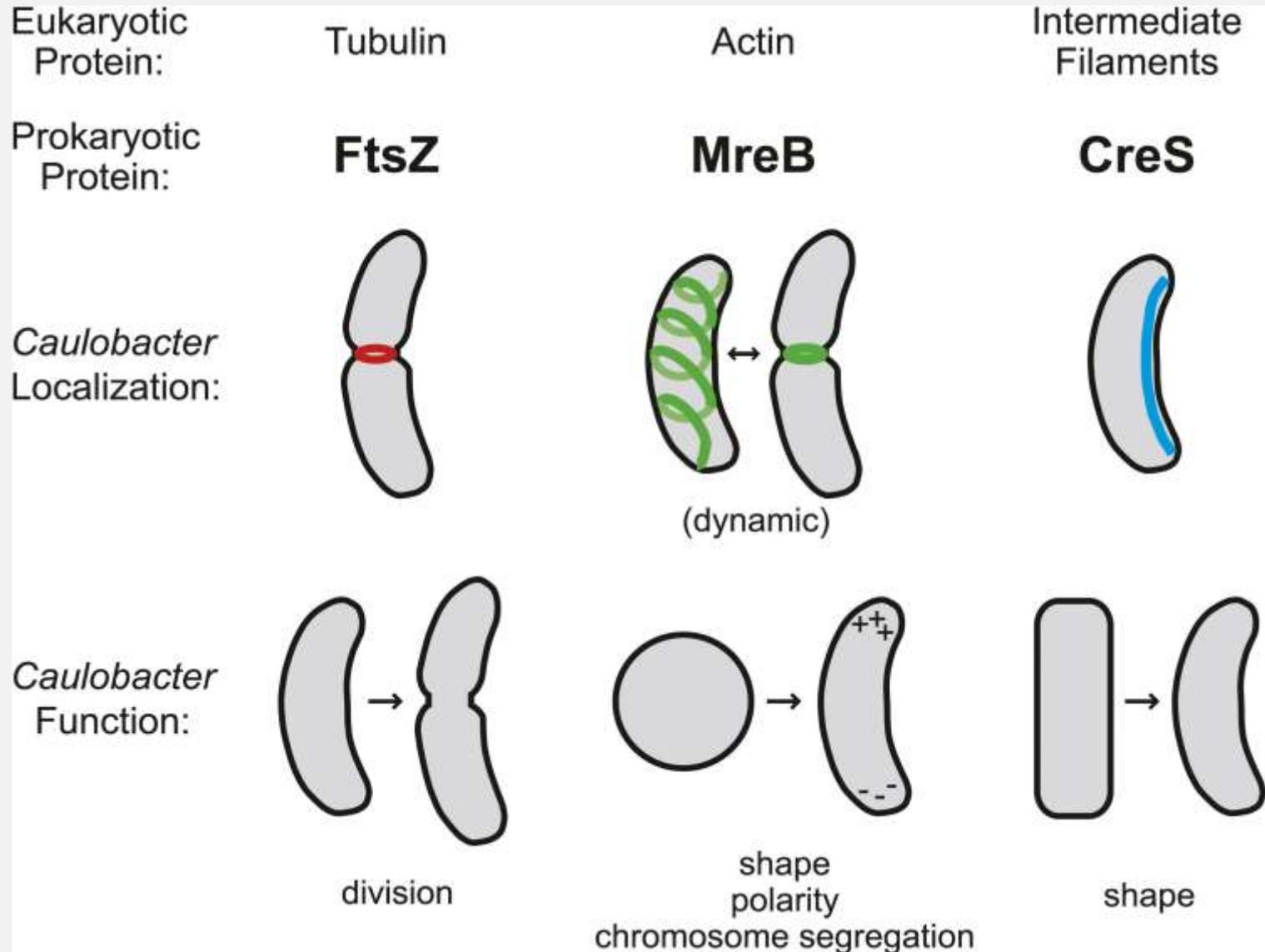
(ROLAND JC et Coll., " Atlas de biologie cellulaire ", Dunod Ed., 2001).

Microfilaments d'actine et cyclose

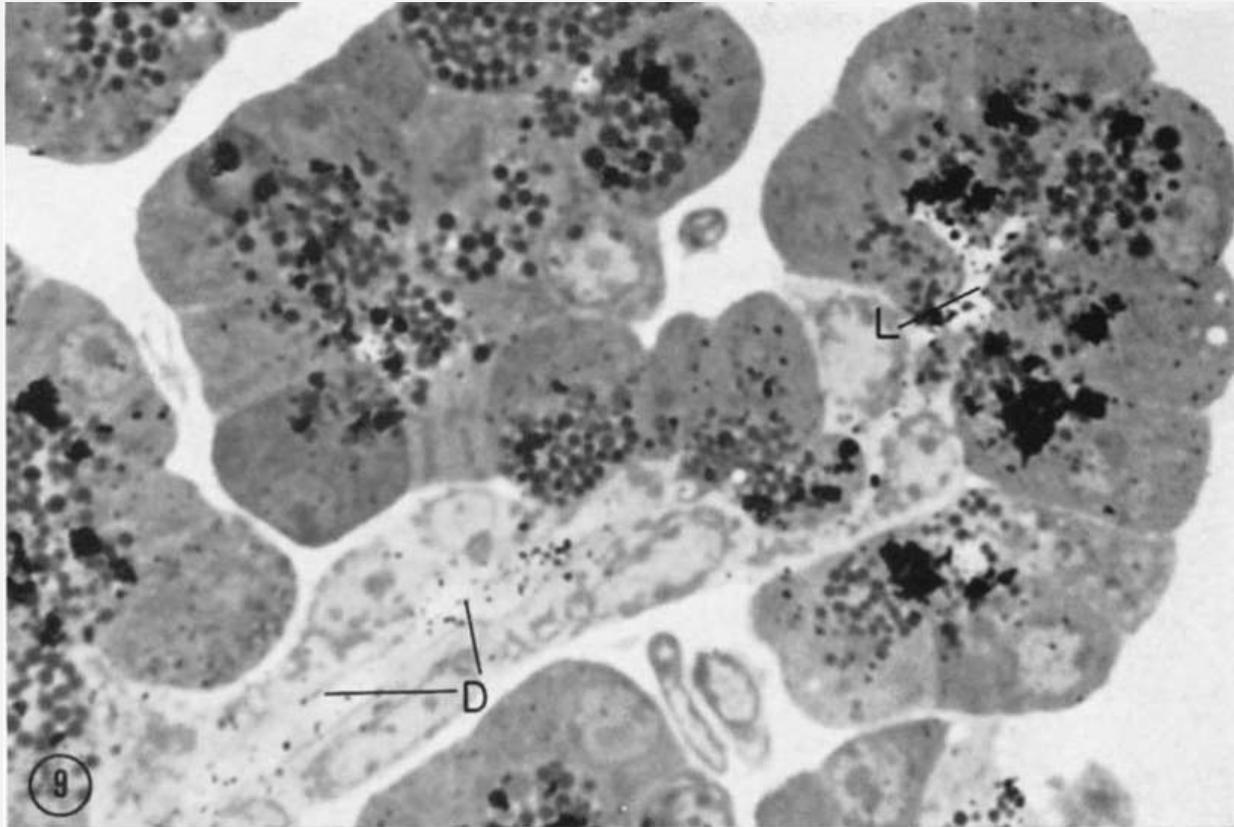
**MEB de cellule de
l'algue verte
Nitella, dans la
région du cortex.**
Les organites sont
des chloroplastes,
les structures
filamenteuses des
filaments d'actine.



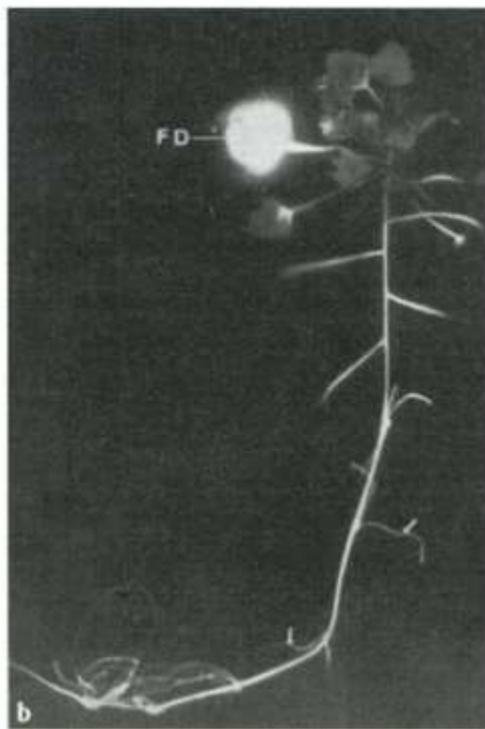
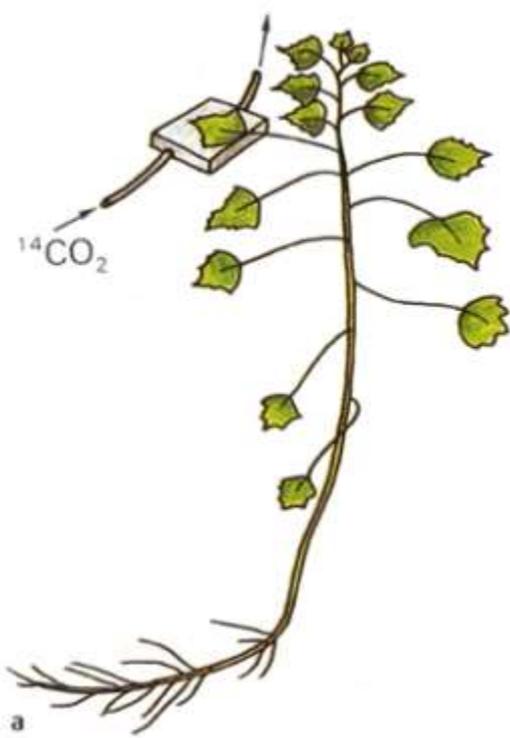
Le cytosquelette d'une eubactérie (*Caulobacter*)



Expériences de Palade : Mise en évidence d'un flux de matière dans la cellule acineuse pancréatique

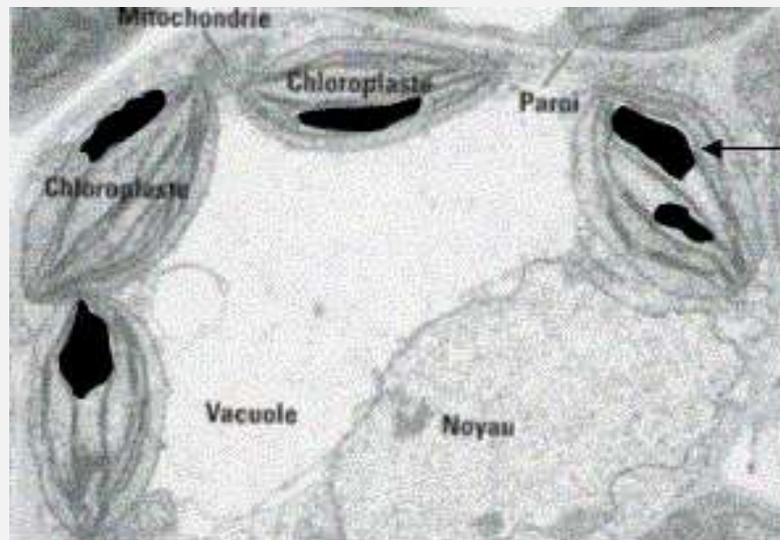


Autoradiographie d'un acinus pancréatique après un temps de chasse de 117 minutes.



Mise en évidence de l'entrée de C dans la cellule végétale chlorophyllienne

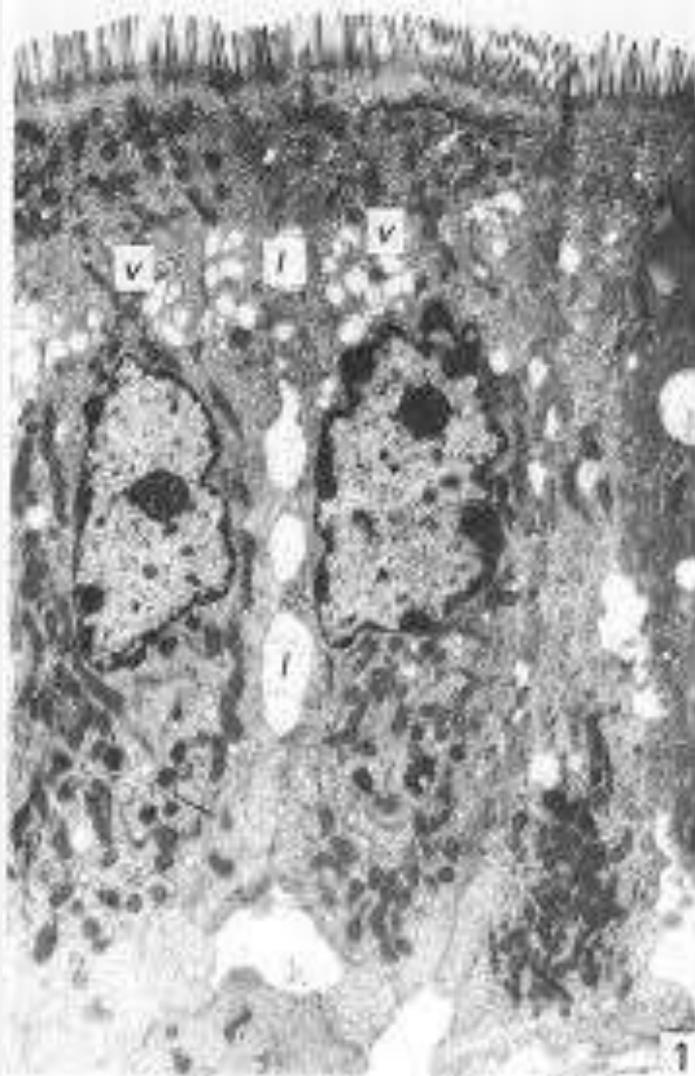
Protocole de marquage radioactif et résultats (plant de châtaigne d'eau).



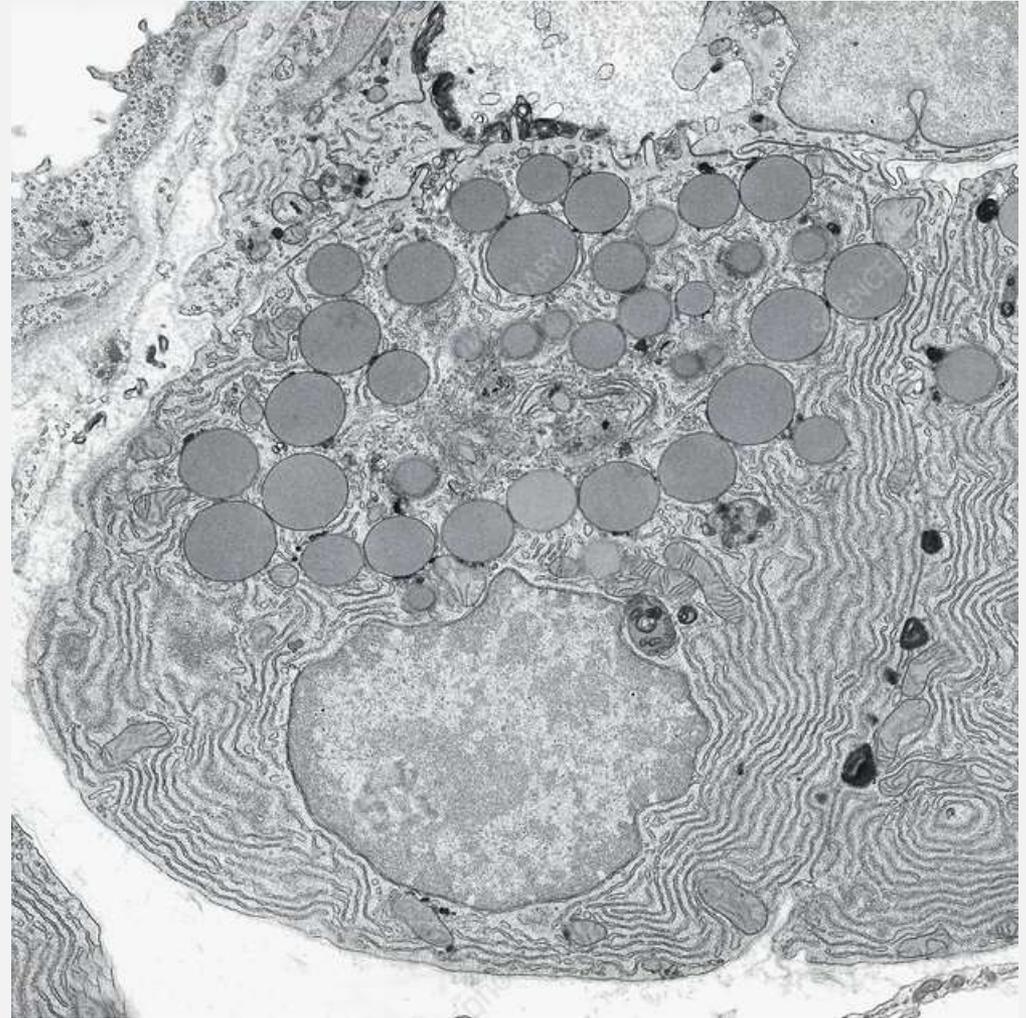
Carbone incorporé dans l'amidon du chloroplaste

Autoradiographie de cellule d'élodée.

Compartimentation fonctionnelle et échanges entre compartiments

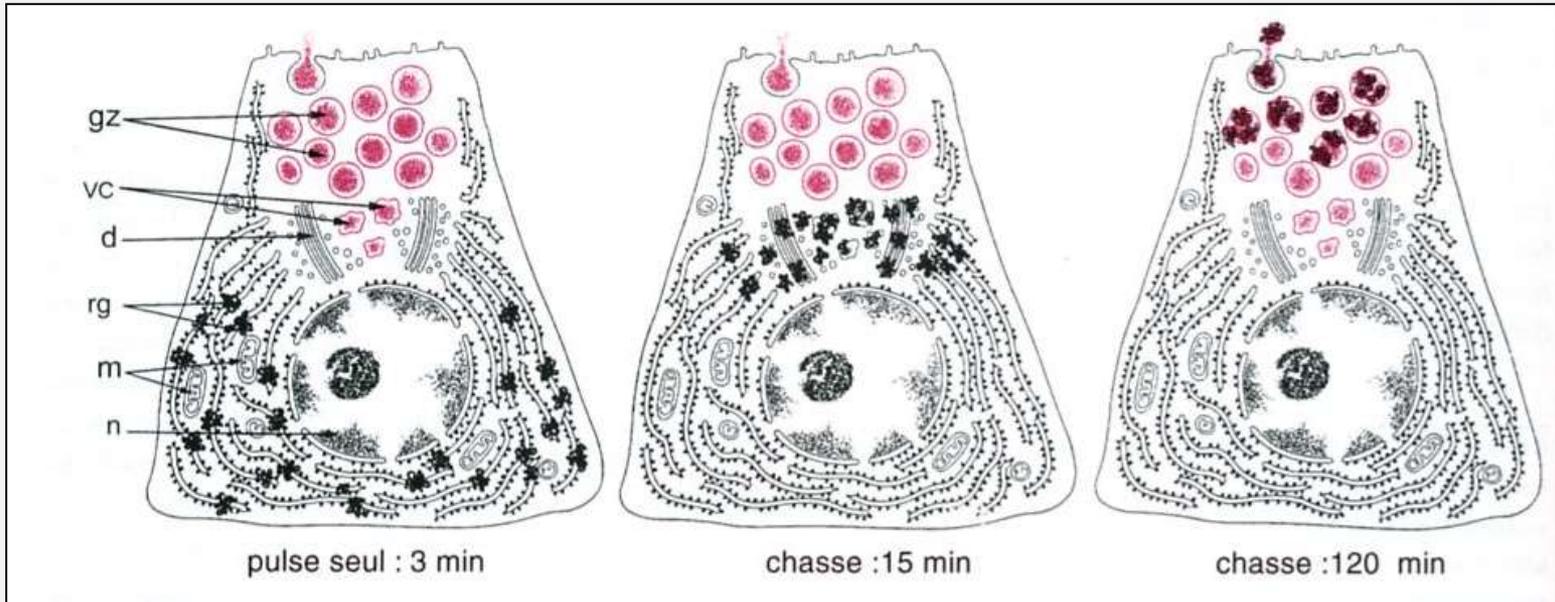


Entérocytes (x 3700)



Un pancréatocyte

<https://www.sciencephoto.com/media/1063259/view/pancreatic-acinar-cell-tem>



Document 30.
Expériences de Palade :
flux de matière et
coopération fonctionnelle
dans la cellule acineuse
pancréatique.

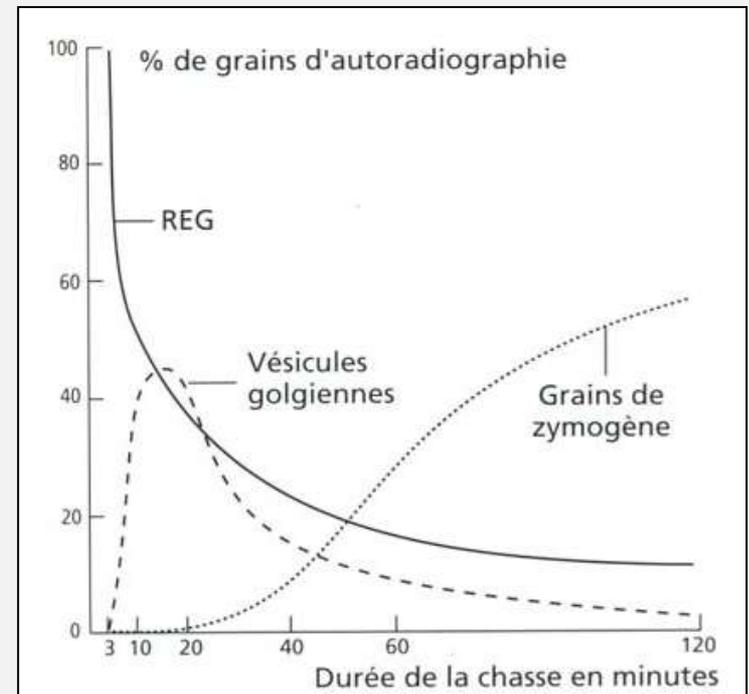
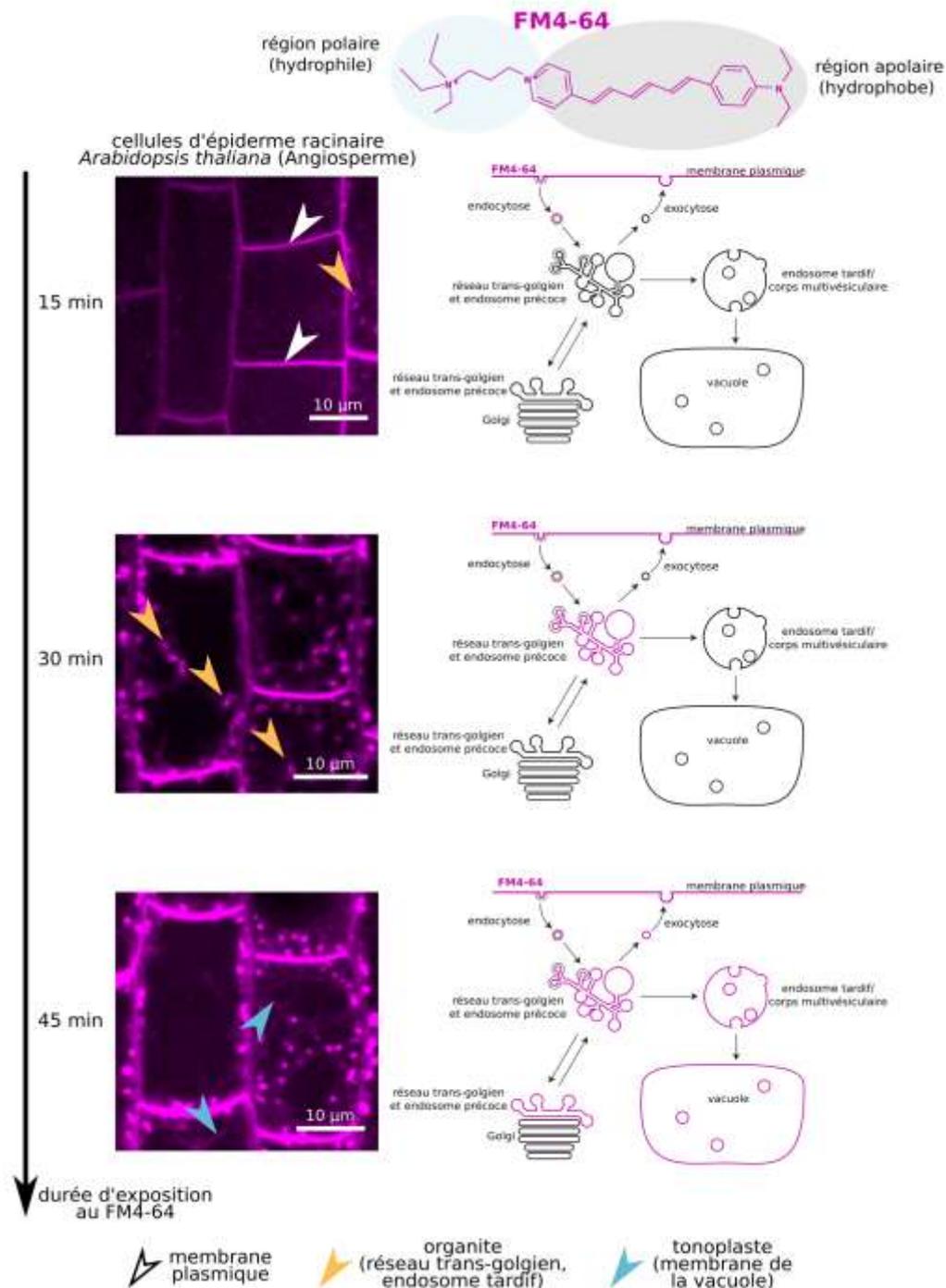


Figure 1.22

Mise en évidence d'échanges entre membranes dans des cellules d'épiderme racinaire chez *Arabidopsis thaliana*

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/cellules-et-molecules/membranes/les-membranes-biologiques-des-structures-dynamiques>

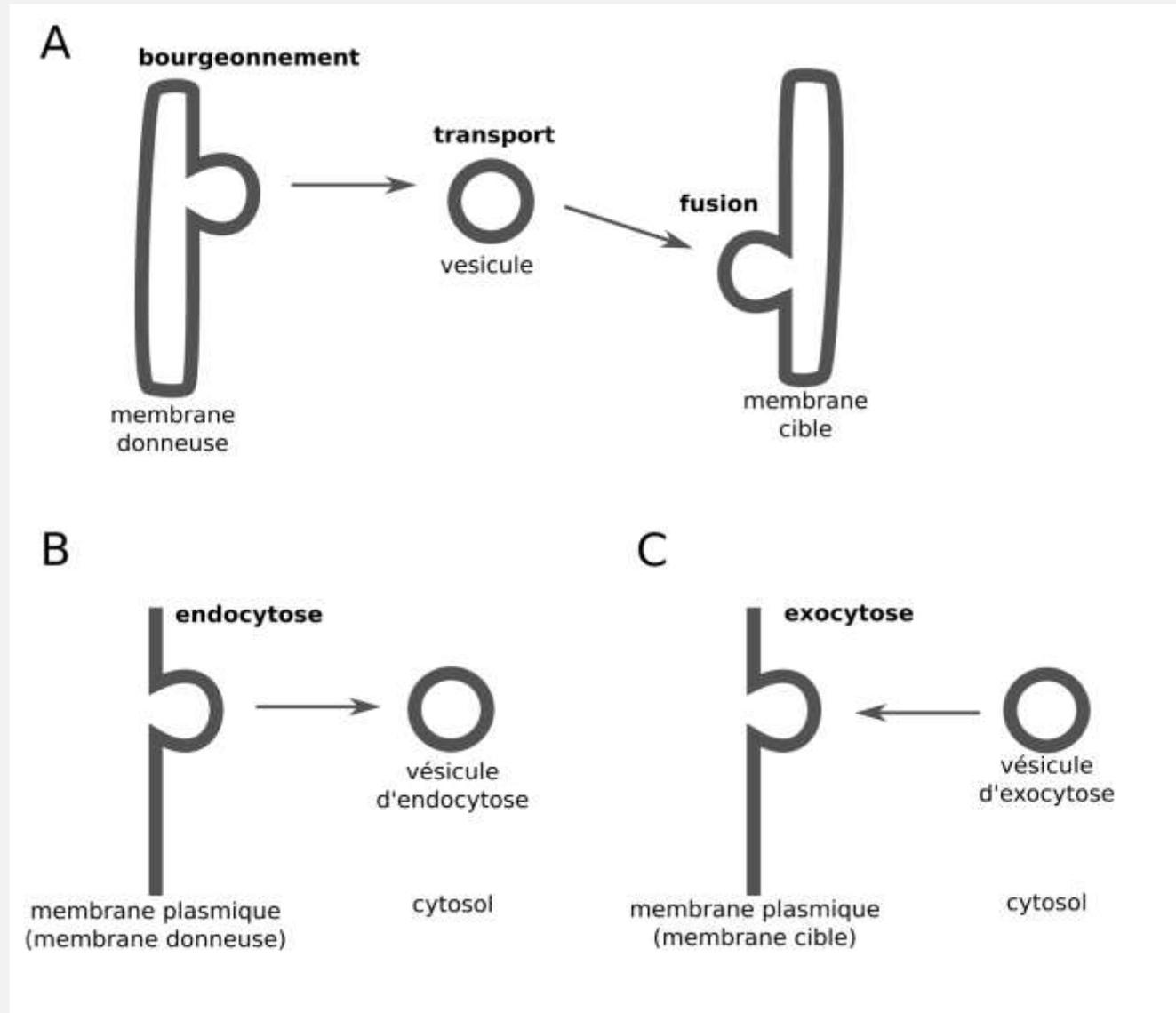


Document 31. Étapes du transport vésiculaire.

(A) Cas général.

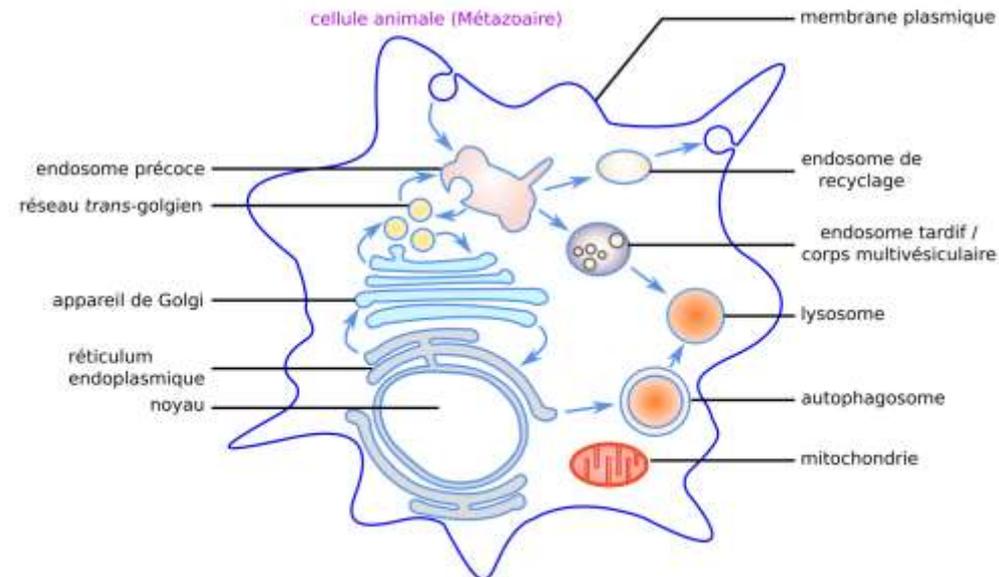
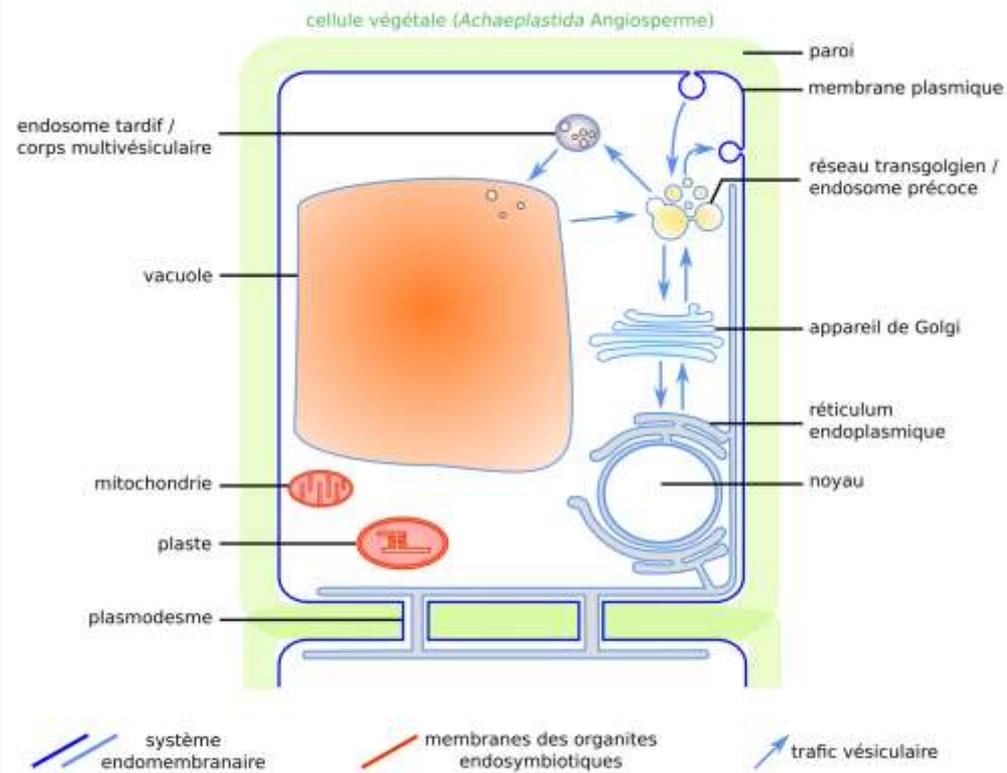
(B) Endocytose :
bourgeonnement
de la membrane
plasmique.

(C) Exocytose :
fusion avec la
membrane
plasmique.



Document 32. Flux de membranes entre compartiments des cellules eucaryotes.

Cellule végétale (haut) et cellule animale (bas)



[Adapté de M. P. Platre and Y. Jaillais, “Guidelines for the Use of Protein Domains in Acidic Phospholipid Imaging,” *Methods Mol. Biol.*, vol. 1376, pp. 175–94, Jan. 2016, doi: 10.1007/978-1-4939-3170-5_15].

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/cellules-et-molecules/membranes/les-membranes-biologiques-des-structures-dynamiques>