

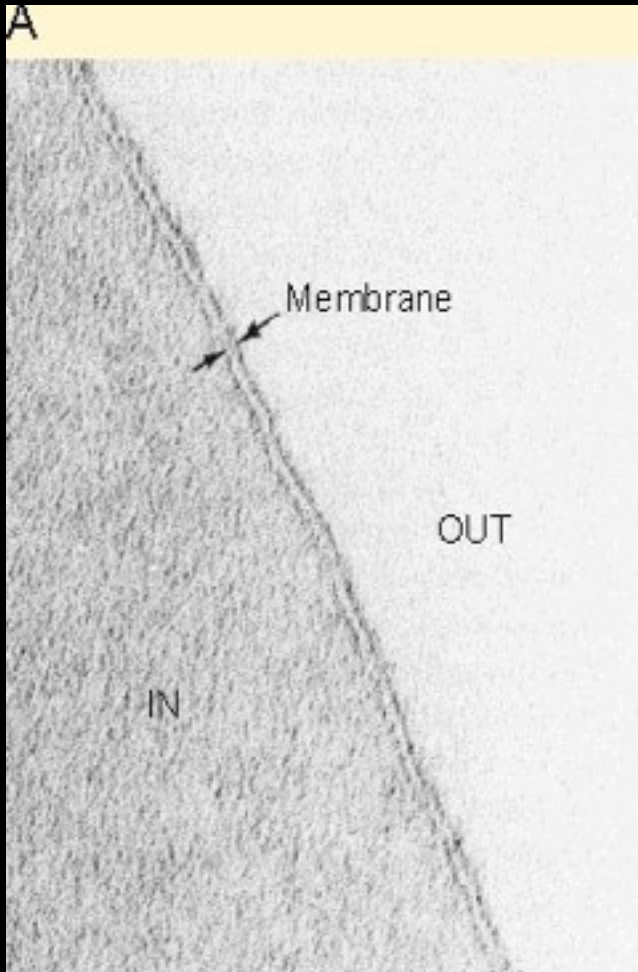


Chapitre II

La membrane plasmique

Pr. Boutaina BELQAT

I- Définition



- = **membrane biologique** très fine (75 Å de diamètre), de structure asymétrique, dont la fonction fondamentale :
- délimiter le milieu intracellulaire,
- le maintenir constant et,
- le séparer du milieu extracellulaire.

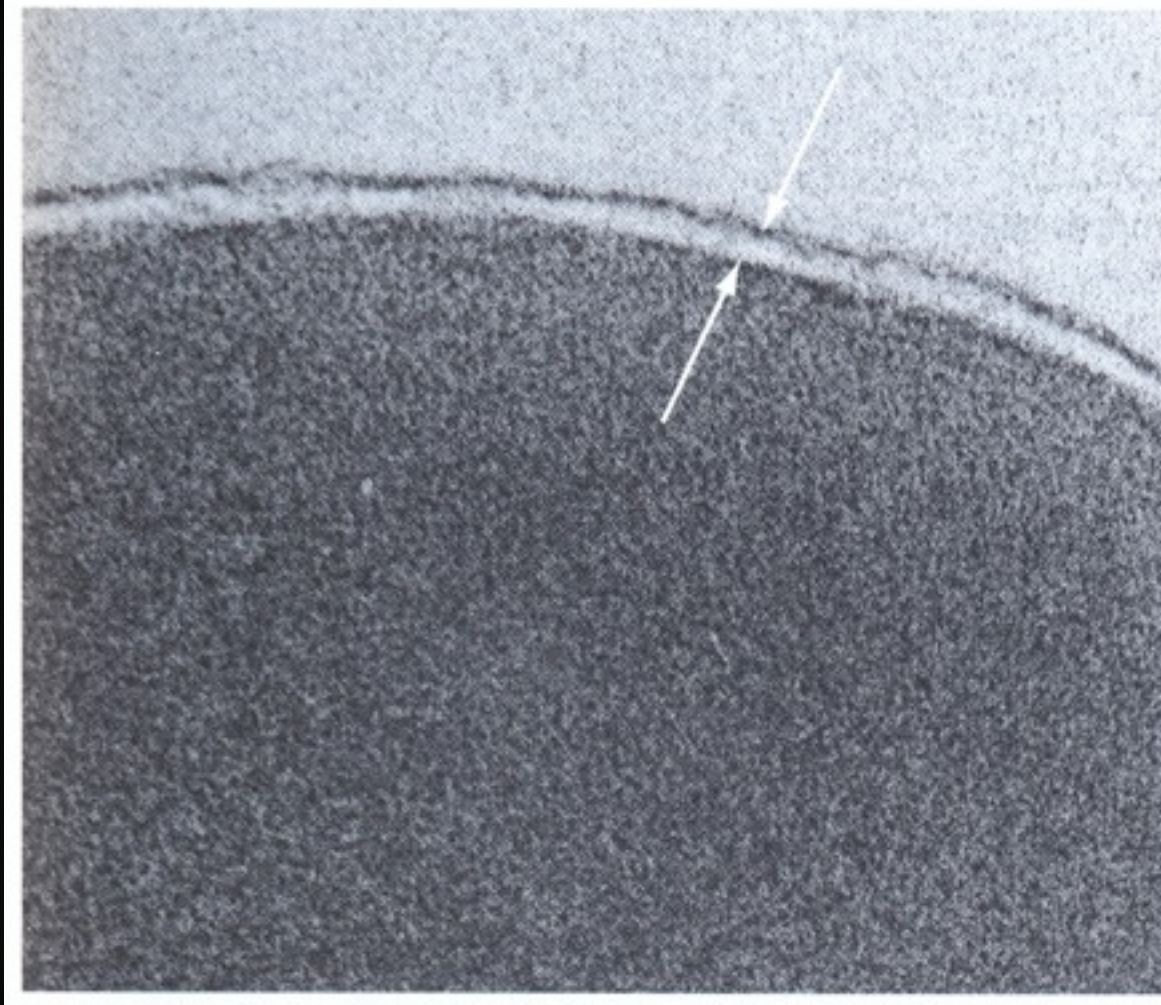


Figure 1. Aspect trilamellaire des membranes.
Micrographie électronique montrant la structure en trois assises

II– Isolement des membranes plasmiques et composition chimique

- L'isolement des membranes plasmiques par les techniques d'ultracentrifugation ne permet pas d'en étudier la composition biochimique avec précision à cause de la **présence de débris d'organites**.
- Les **hématies** sont utilisées, comme matériel d'étude, en raison de la simplicité de leur structure; ils sont **dépourvus de noyau** et d'**organites** cytoplasmiques.

II-1- Isolement des membranes des érythrocytes

Globules rouges humains qui sont le plus employés (collectés en grandes quantités par les banques du sang).

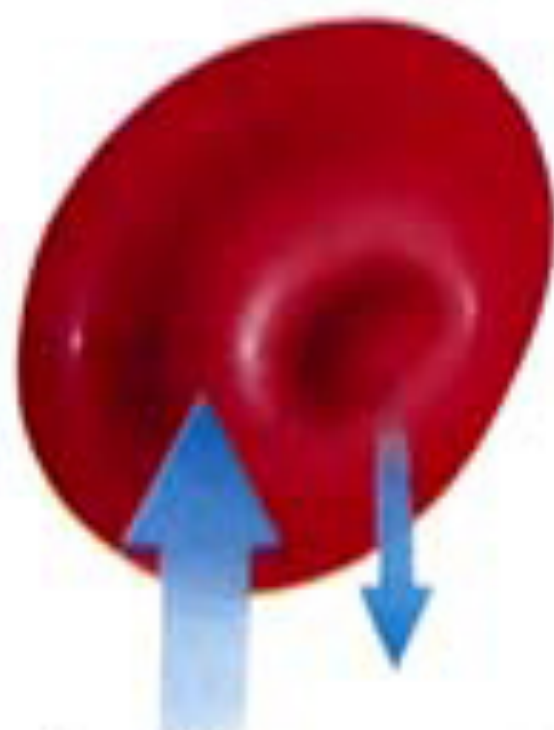
- Lavage des globules rouges dans une solution saline isotonique (NaCl 9‰, tamponné à pH 7,0 ou légèrement alcalin),
- Centrifugation
- Remise en suspension du culot de cellules ainsi obtenu dans un milieu hypotonique (solution tamponnée de NaCl à 5‰ ou moins).

II-1- Isolement des membranes des érythrocytes

- Les globules gonflent puis 15 secondes après le début de ce choc osmotique, de petits trous de 200 à 300 Å de diamètre se font dans la membrane plasmique.
- Dans ces conditions le hyaloplasme riche en hémoglobine sort des globules et se dilue dans le milieu hypotonique extracellulaire; les globules se vident ainsi de leur contenu. C'est le phénomène d'hémolyse.
- Après cette hémolyse les trous se referment et par centrifugation et lavages successifs on sédimente un culot de membranes plasmiques appelées **fantômes de globules rouges**



Équilibre



Entrée massive



Sortie massive

Isolement des membranes des érythrocytes



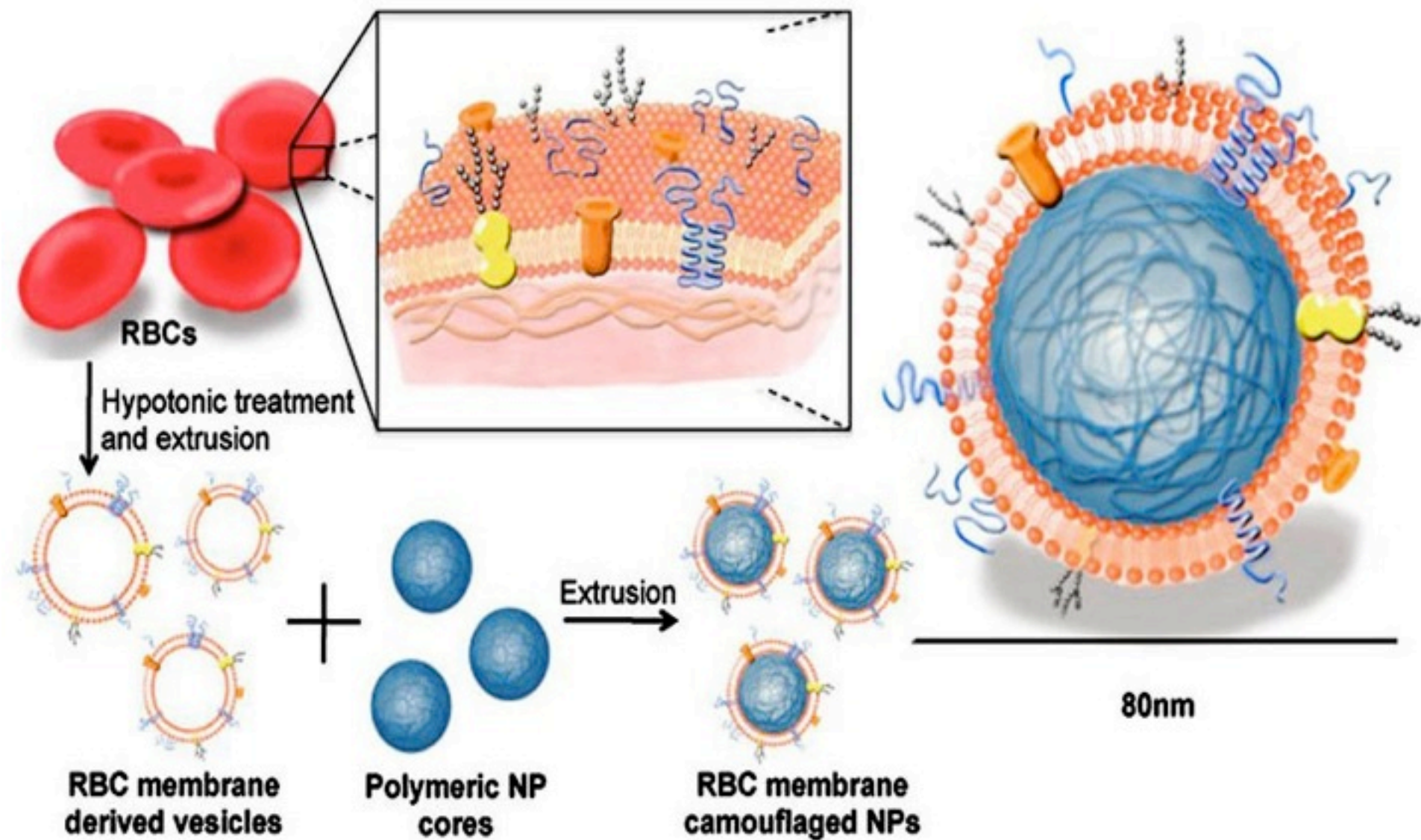
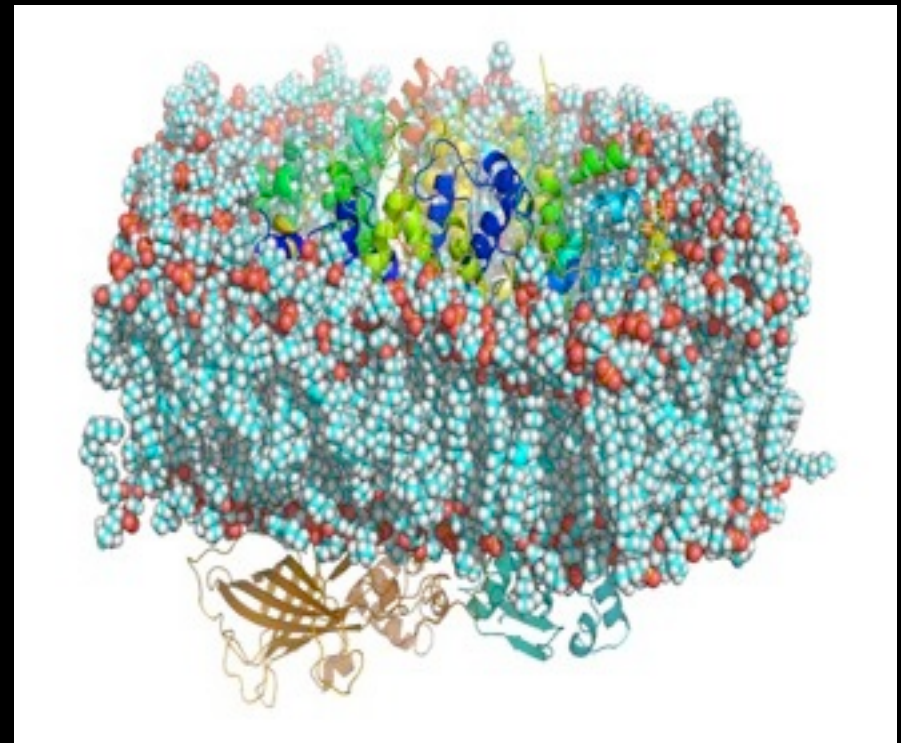
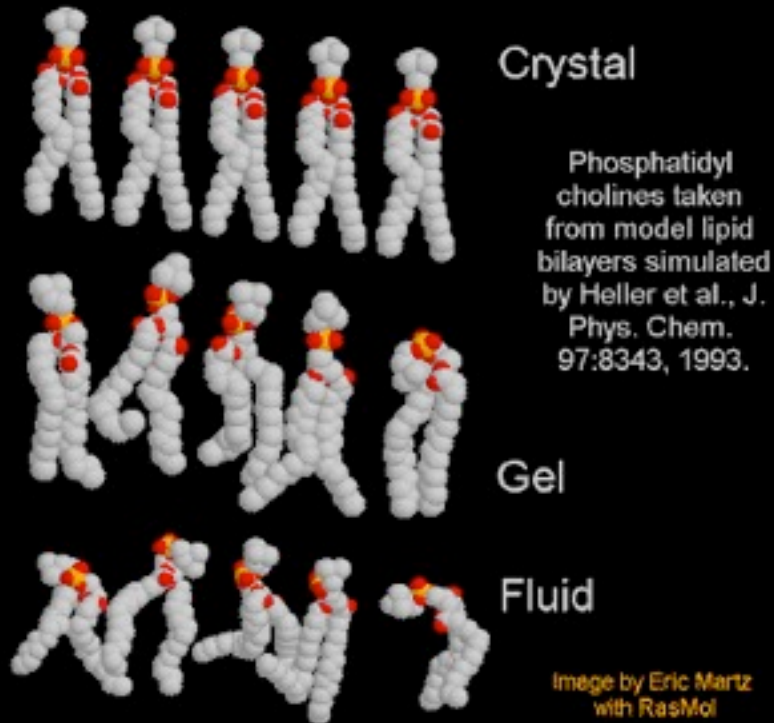


Figure 2. Isolement et observation de membranes plasmiques de globules rouges.

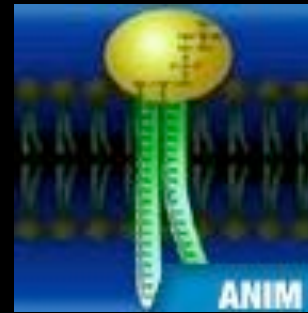
II-2- Analyse chimique des membranes plasmiques

– 40% de lipides
(phospholipides,
glycolipides...)

– 60% de protéines
(dont les glycoprotéines)



II-2-1- Les lipides



- Ce sont les constituants des corps gras (= combinaison d'alcools et d'acides gras).
- Les lipides membranaires sont **amphiphiles**:
- un **pôle hydrophile** (extrémité **soluble dans l'eau**) et ,
- un **pôle hydrophobe** (extrémité formée d'atomes de carbone et d'hydrogène, **insoluble dans l'eau**).

Les lipides sont essentiellement des lipides phosphorés ou **phospholipides** et du cholestérol en proportions variables suivant les types cellulaires et les espèces étudiées.



II-2-2- Les protéines membranaires

- Importantes par leur taille (30 à 50 fois plus volumineuses que les lipides; PM compris généralement entre 20000 et 215000),
- elles représentent 50% de la masse de la membrane.
- Elles n'ont pas de pôle, mais deux **extrémités hydrophiles**.
- Tout au long de la protéine alternent des zones hydrophiles et hydrophobes en fonction de la nature des acides aminés qui les constituent.

III– Organisation moléculaire

- E. Corter et F. Grendel supposèrent que les membranes cellulaires étaient composées d'une **double couche de molécules lipidiques**.
- Ils firent éclater des globules rouges et séparèrent l'hémoglobine des membranes.
- Puis ils effectuèrent une dissolution des lipides membranaires dans l'acétone.
- Quand on mélangeait cette préparation avec de l'eau, les lipides remontaient à la surface et s'étaient en une pellicule d'une seule épaisseur de molécules.
- La surface de cette monocouche lipidique correspondait au double de la surface des membranes plasmiques des globules rouges utilisés.



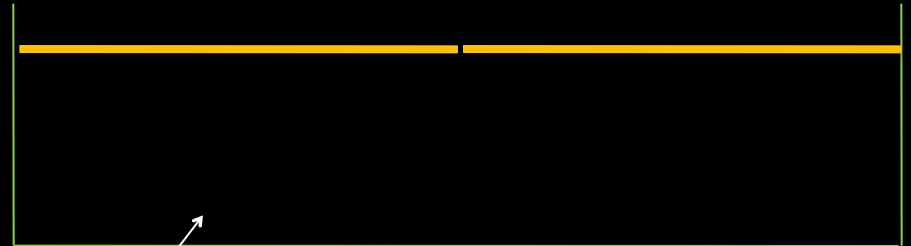
les lipides de la membrane
plasmique forment une couche
bimoléculaire.

Surface = S



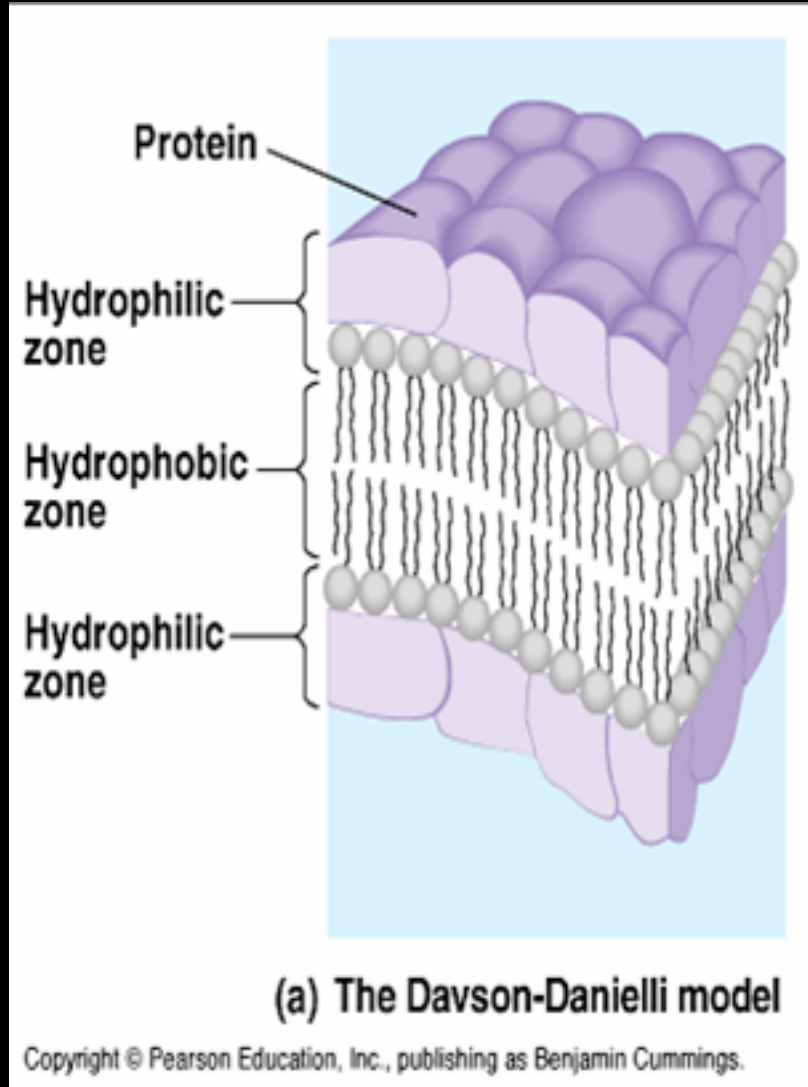
Membrane plasmique:
double couche de
molécules lipidiques.

Surface = $2S$



acétone

Modèle de Davson et Danielli (1935)



- Les membranes cellulaires seraient composées :
 - d'une double couche de lipides encadrée,
 - par deux couches de protéines.

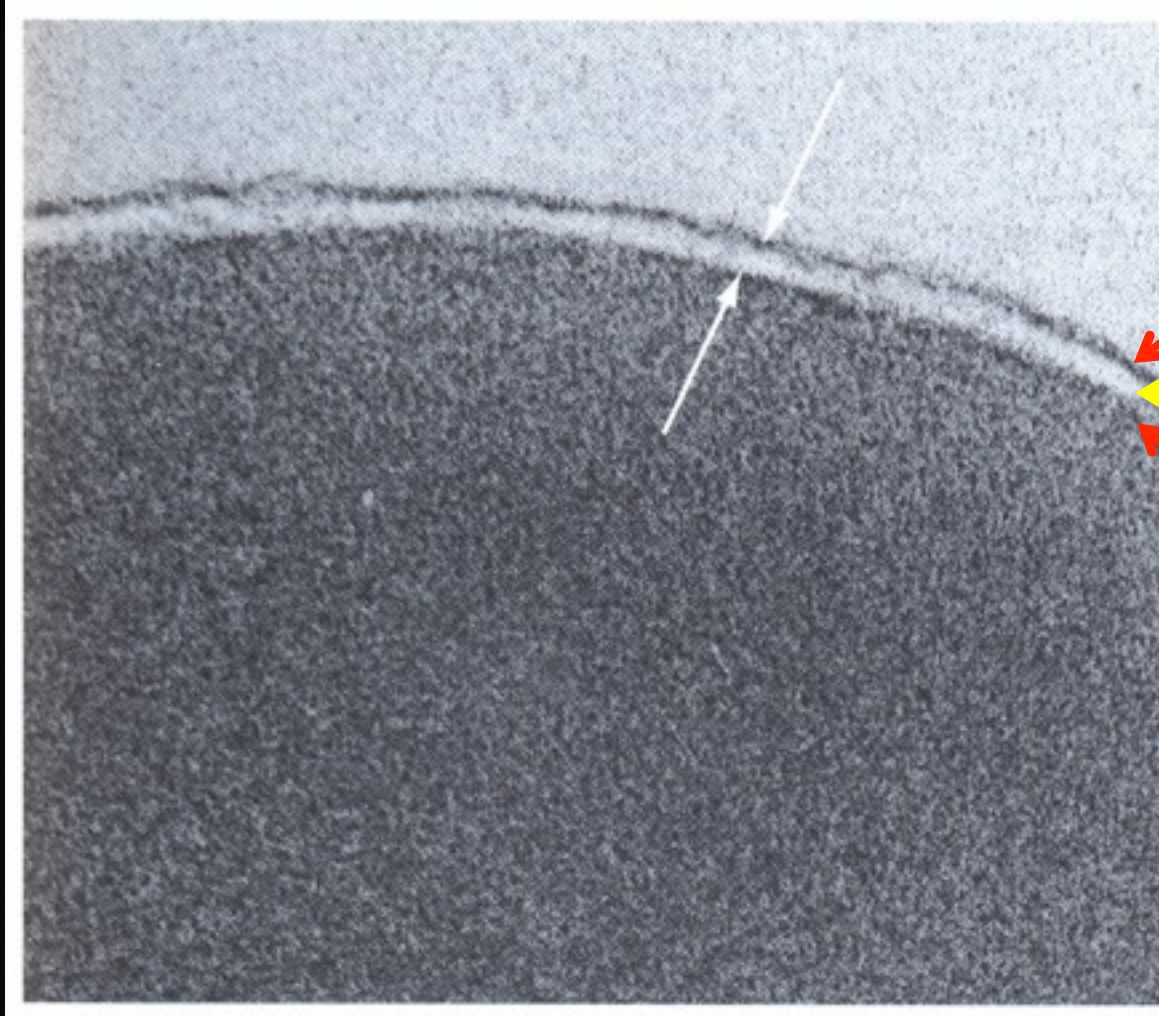
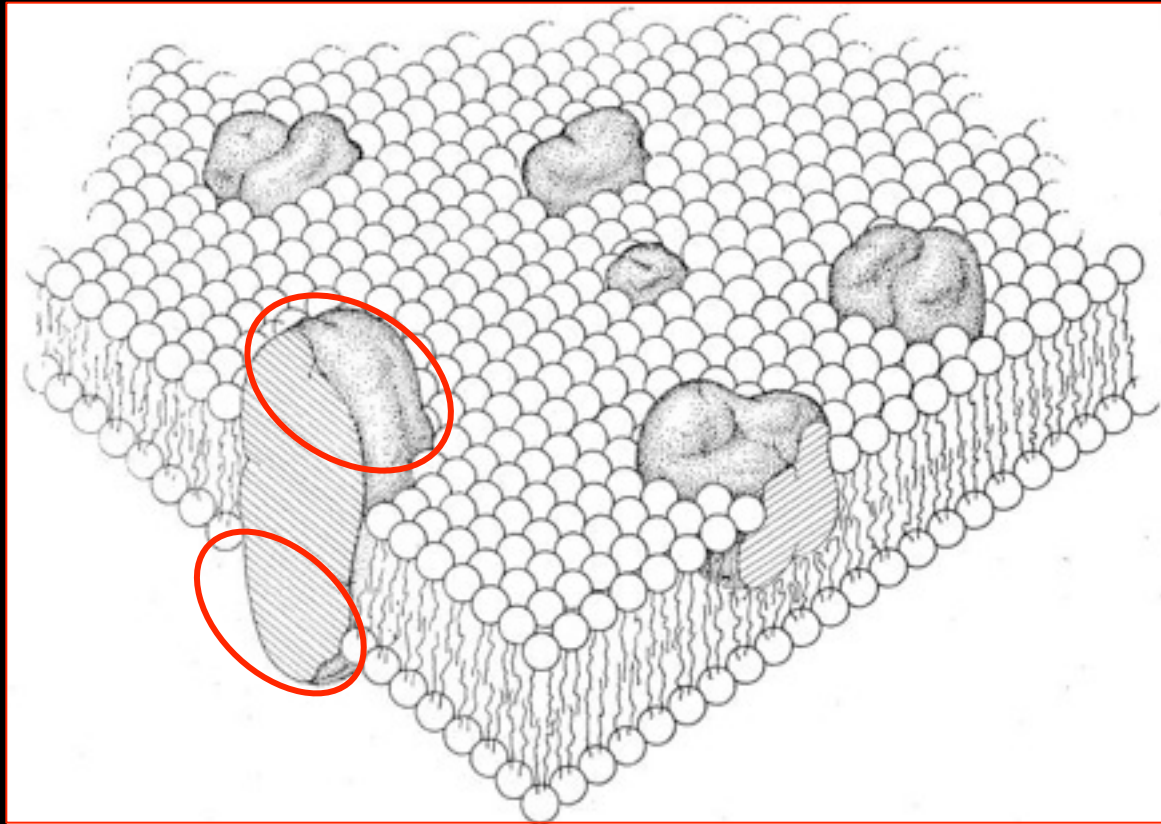


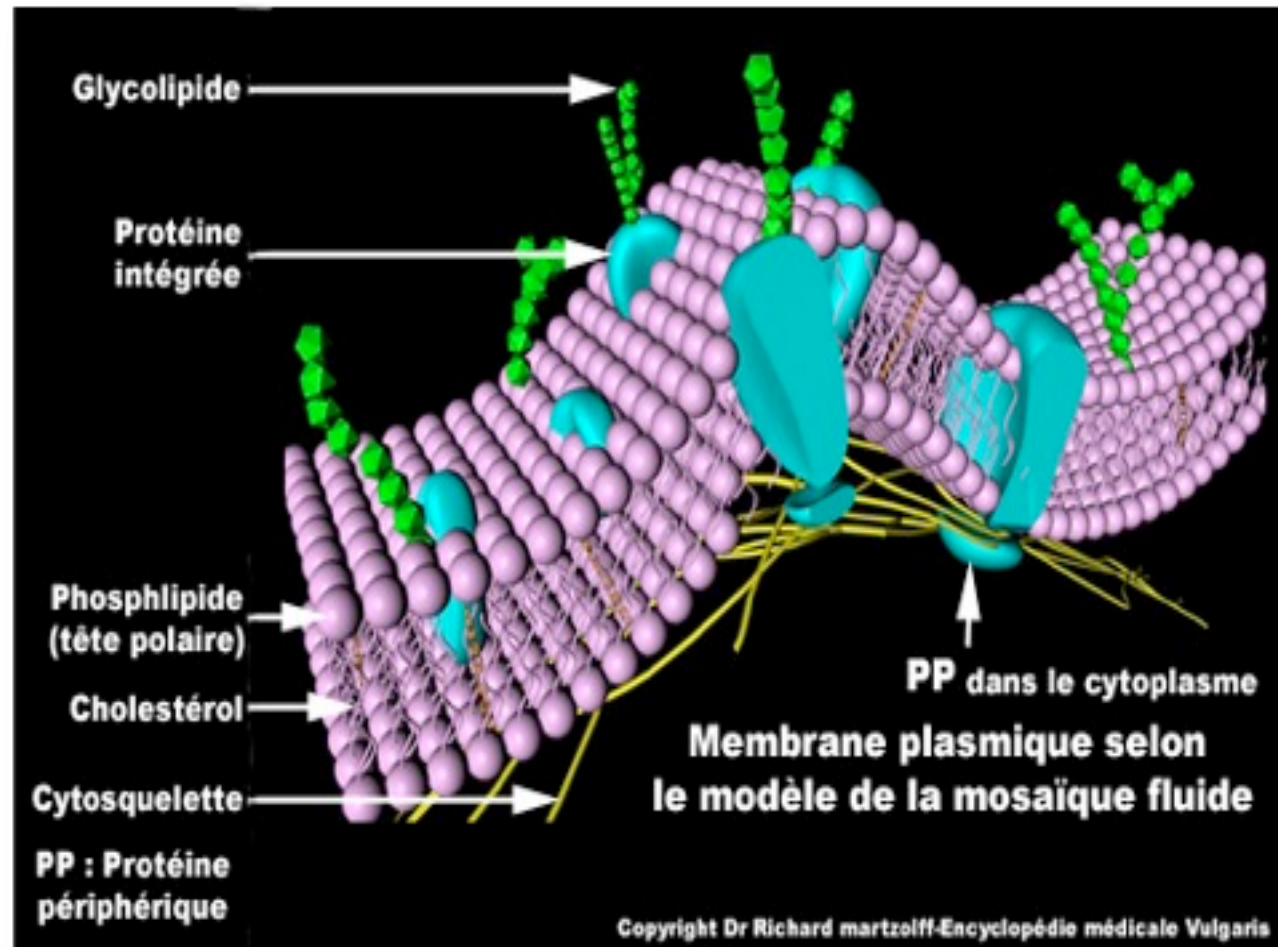
Figure. Structure trilamellaire des membranes (trois feuillets: deux feuillets sombres de 20\AA de part et d'autre d'un feuillet clair de 35\AA).
(Microscope électronique, grossissement X 150000)

S.J. Singer et G. Nicolson (1972)

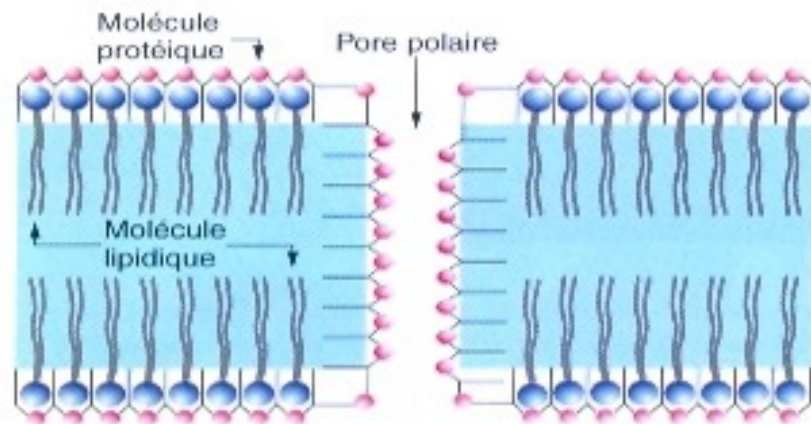


Les protéines membranaires sont **dispersées** et **individuellement insérées** dans la **bicouche lipidique** et seules leurs **parties hydrophiles** émergent suffisamment pour entrer en contact avec l'eau.

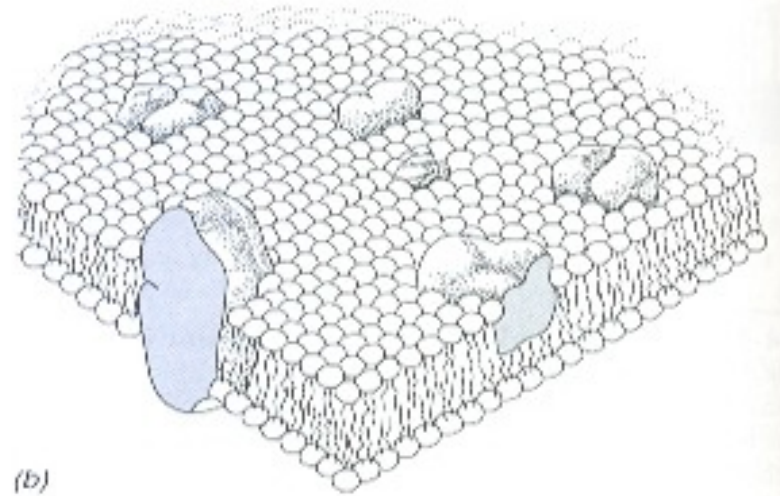
Modèle de la mosaïque fluide (membrane = une mosaïque constituée d'une double couche fluide de phosphoglycérolipides dans laquelle flottent des molécules protéiques)



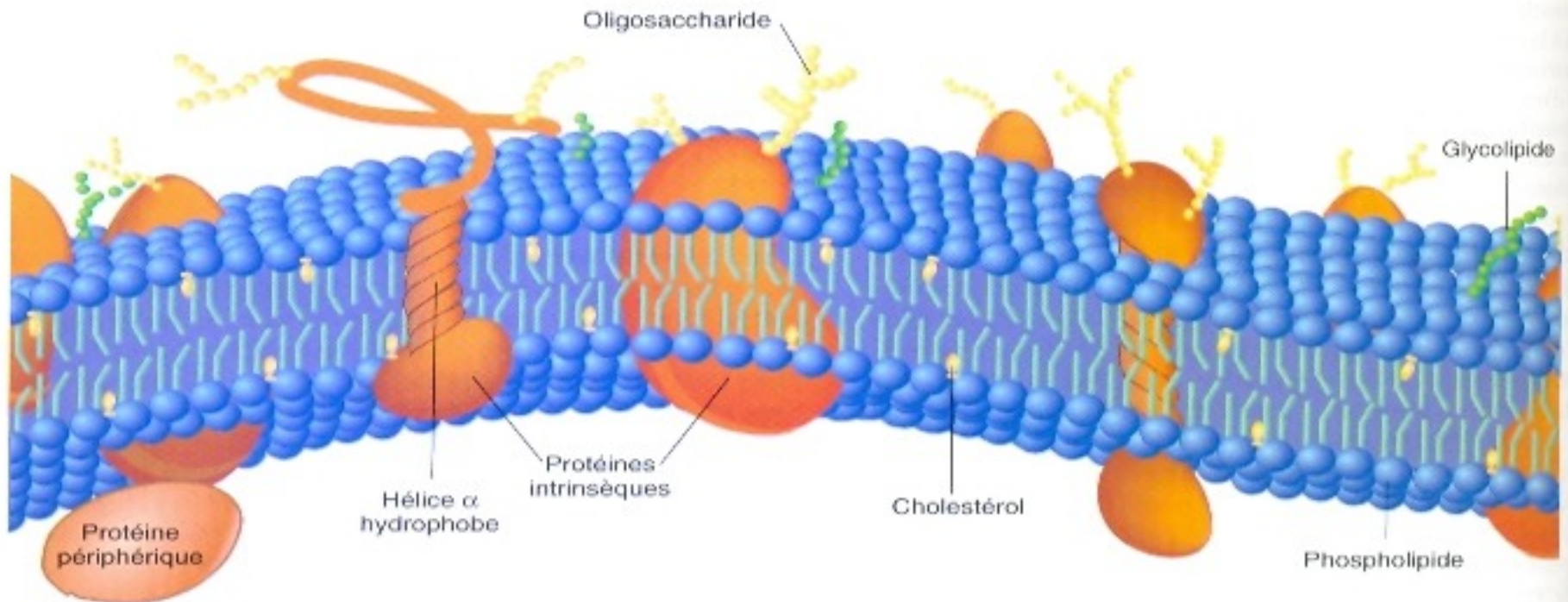
Modèle de la mosaïque fluide



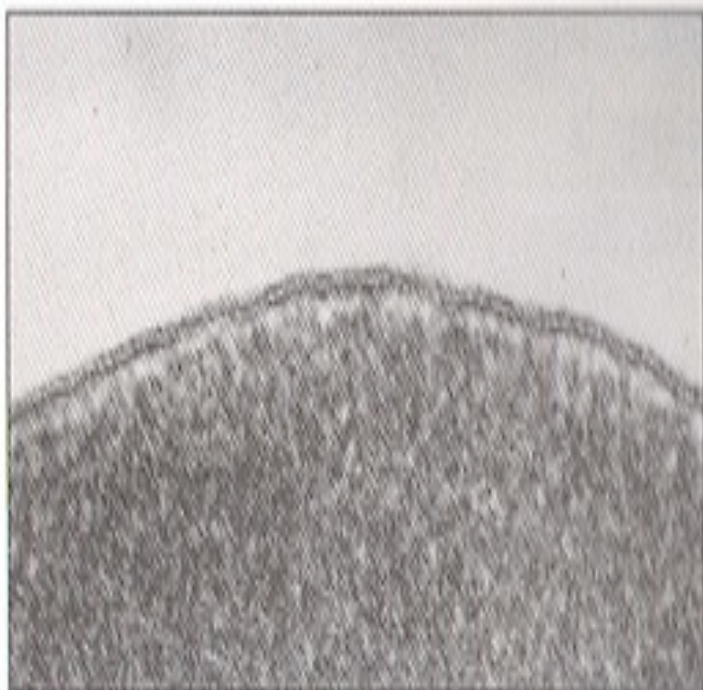
(a)



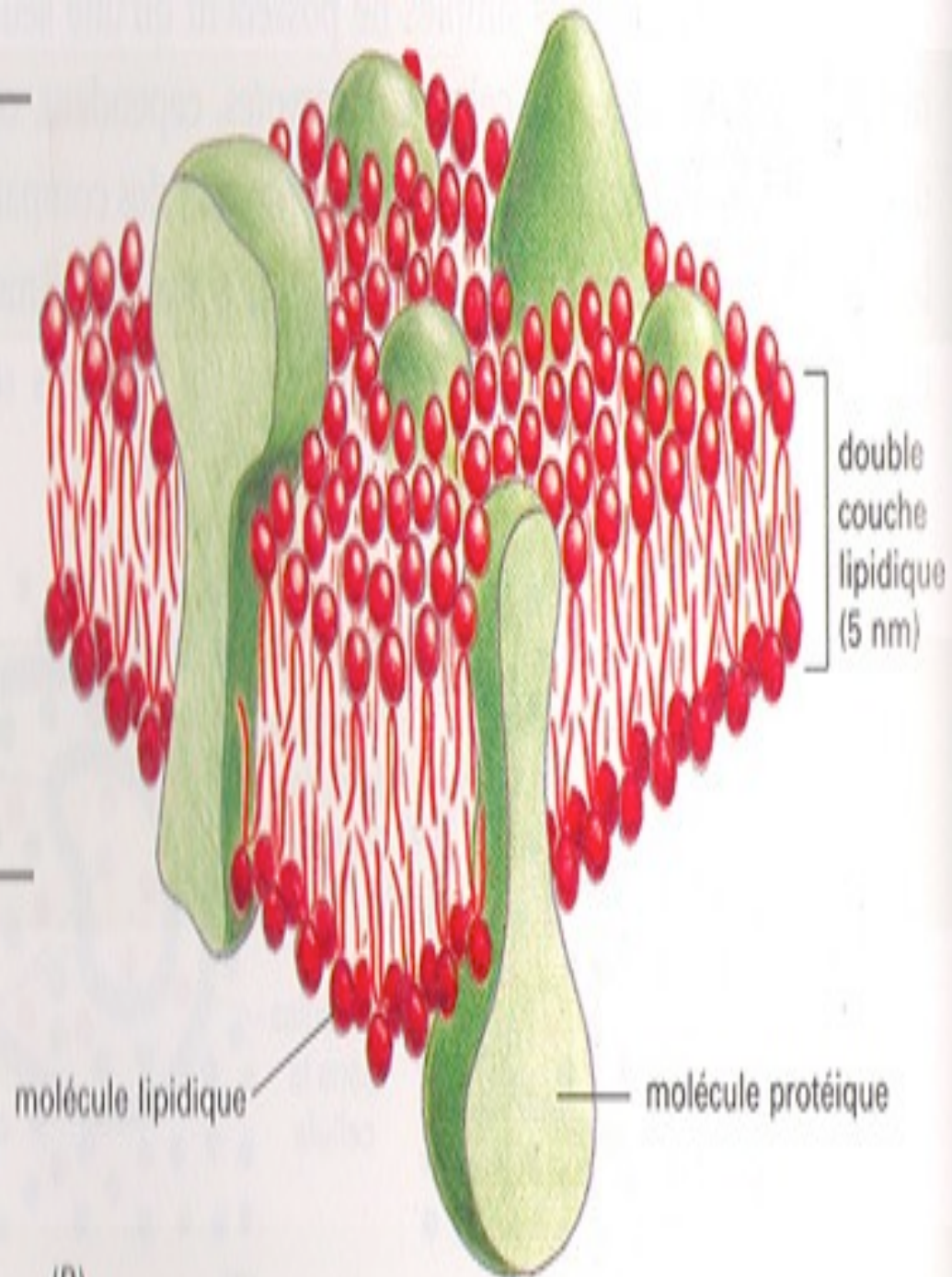
(b)



(c)



(A)



(B)

V- Régulation des échanges entre la cellule et le milieu externe

- La membrane plasmique agit à la manière d'une **barrière semi-perméable** entre le compartiment cellulaire et l'environnement extracellulaire.
- Sa perméabilité doit être suffisamment sélective pour permettre:
 - l'entrée des molécules essentielles (glucose, acides aminés...),
 - le rejet des déchets du métabolisme,
 - le transit, dans les deux sens, d'ions spécifiques assurant les concentrations ioniques intracellulaires qui diffèrent fortement de la composition ionique des liquides extracellulaires.
- Les échanges entre la cellule et son environnement se font:
 - soit par **perméabilité** à travers la membrane pour les **petites molécules** = **perméabilité membranaire** ou **transport transmembranaire**,
 - soit par **voie vésiculaire** pour les grosses

V-1- Perméabilité transmembranaire

Toutes les substances ne traversent pas la barrière membranaire sans restrictions:

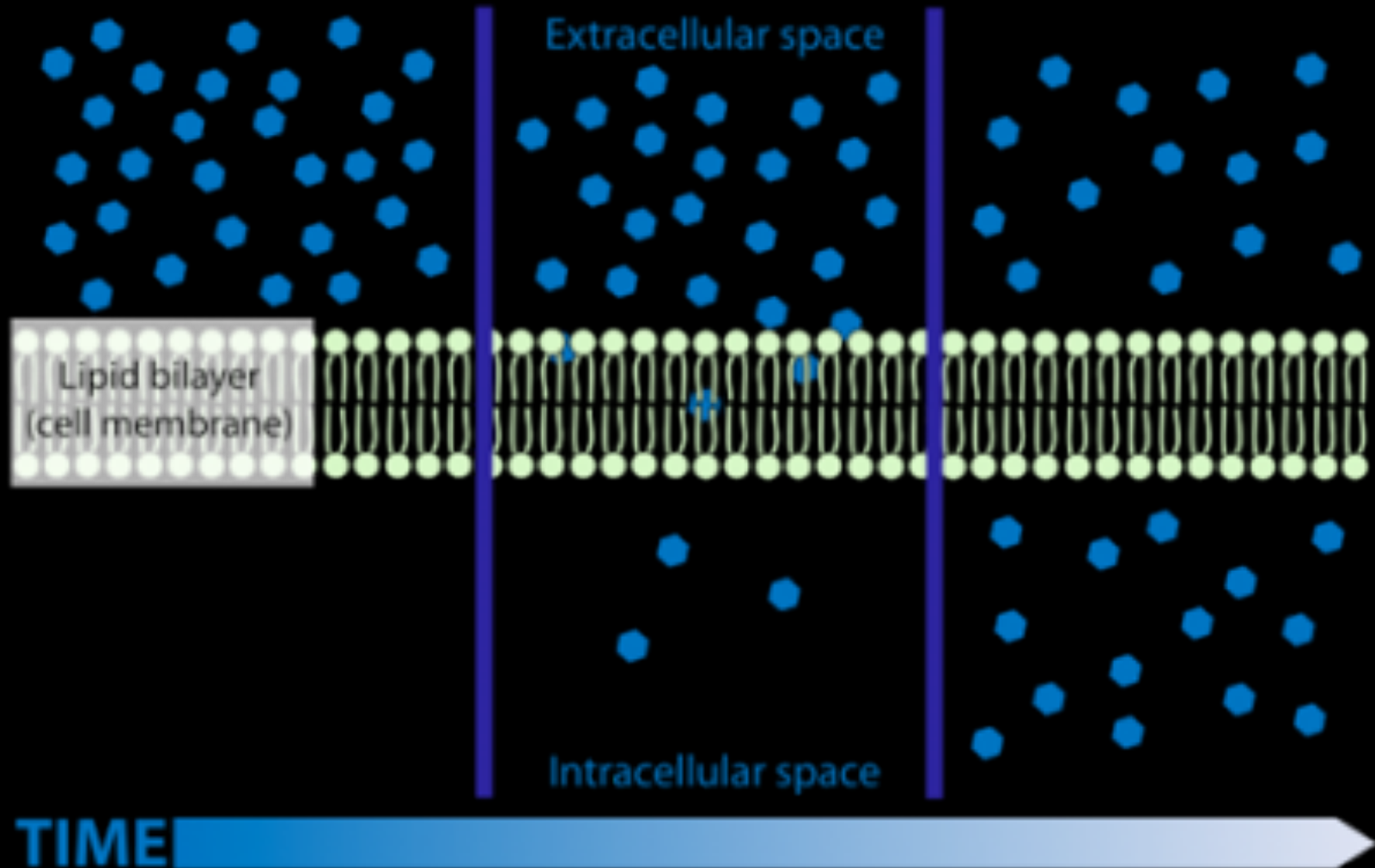
- La cellule a la capacité d'admettre de nombreuses variétés de petites molécules et de refuser son accès à d'autres.
- Toutes les substances ne traversent pas la membrane à la même vitesse.

V-1- Perméabilité transmembranaire

V-1-1- Participation des

- Le caractère hydrophobe de la partie interne de la phase lipidique bimoléculaire fait d'elle une barrière **imperméable** à la plupart des molécules polaires (hydrophiles).
- Les études expérimentales effectuées sur des membranes artificielles constituées d'une couche bimoléculaire de phospholipides ont montré que :
 - ☀️ Toute molécule diffuse à travers la membrane si le temps lui est donné,
 - ☀️ La **vitesse de diffusion** varie en fonction de la taille des molécules et de leur solubilité dans l'huile (les molécules hydrophobes, comme les hydrocarbures et l'oxygène, se dissolvent dans la membrane et la traversent aisément.
 - ☀️ De deux molécules également solubles dans les lipides, c'est la plus petite des deux qui traversera la

Toute molécule diffuse à travers la membrane
si le temps lui est donné

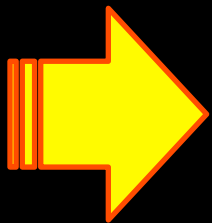


V-1- Perméabilité transmembranaire

V-1-1- Participation des lipides



Le gradient obéit aux lois du gradient des concentrations (tendance à l'équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane).

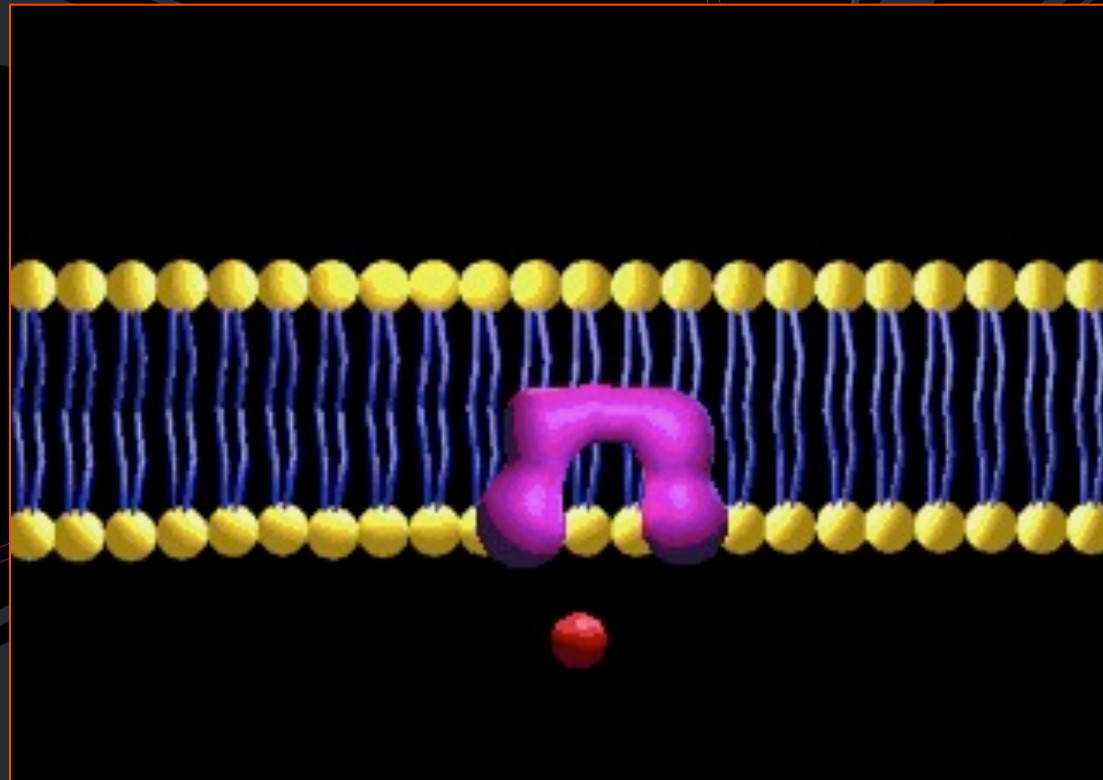


H₂O, petite molécule non chargée, et les petites molécules hydrophobes d'un PM faible pénètrent dans la cellule par simple diffusion physique, les molécules en solution migrant **des zones de forte concentration vers celles de faible concentration.**

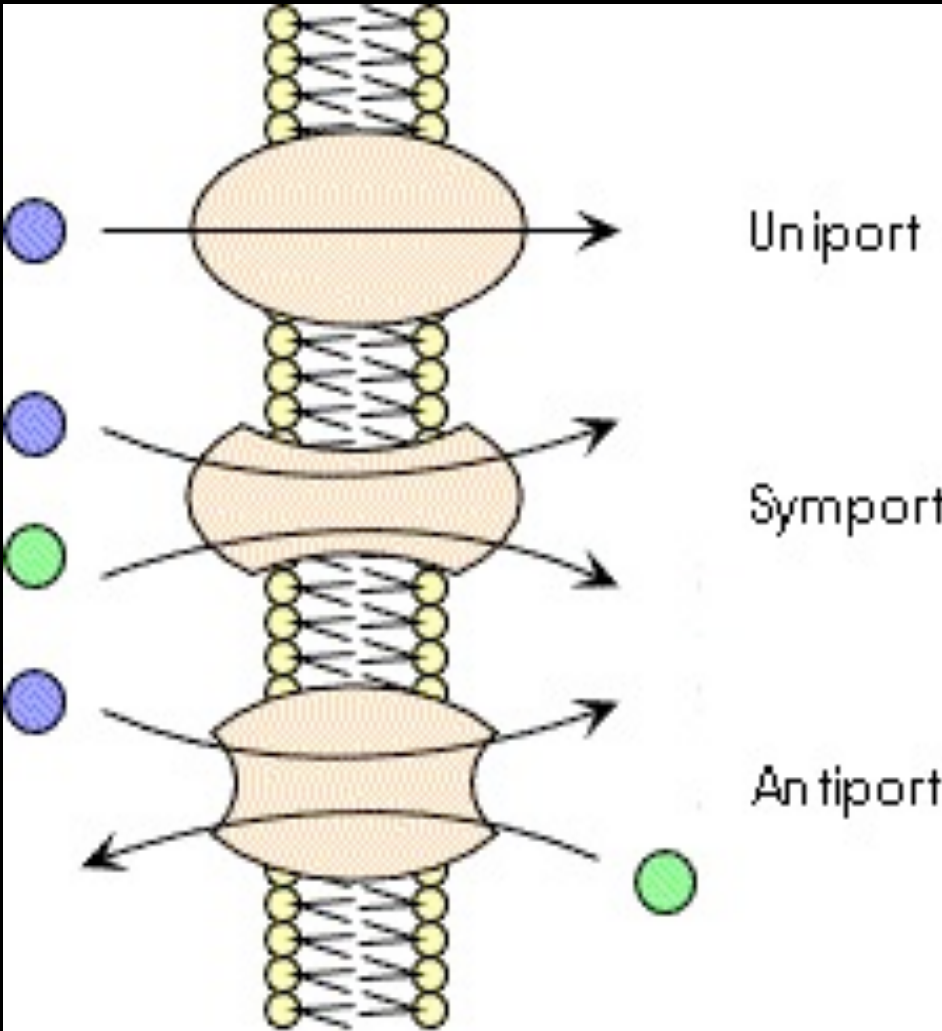
V-1- Perméabilité transmembranaire

V-1-2- Participation des protéines

Le transport des **petites molécules non liposolubles** se fait grâce à des **protéines transmembranaires spécialisées**, chacune étant responsable du transfert d'un type de molécules ou d'un groupe de molécules étroitement apparentées.



Les protéines de transport appartiennent à l'une des catégories suivantes:



- Les protéines de type **uniport**
(une seule molécule ou un seul ion dans un sens ou dans l'autre)
- Les protéines de type **symport**
(deux substances de nature différente dans la même direction)
- Les protéines de type **antiport**
(deux substances de nature différente dans la même

V-1-3- Déplacement des substances à travers les membranes cellulaires

Fondamentalement ce déplacement peut emprunter deux voies :

- Une **voie passive**, par **diffusion**, si la molécule transportée n'est pas chargée ; dans ce cas, seul le **gradient de concentration** détermine la direction du transport qui est dit **transport passif**, et
- une **voie active**, par un mécanisme de transport nécessitant de l'énergie, si le soluté porte une charge nette (cas des ions) ; son transport est alors influencé par le **gradient de concentration** mais aussi par le **gradient électrique** à travers la membrane (potentiel de membrane) ; dans ce cas, le transport est dit **transport actif**.

TRANSPORT PASSIF

TRANSPORT ACTIF

Diffusion simple

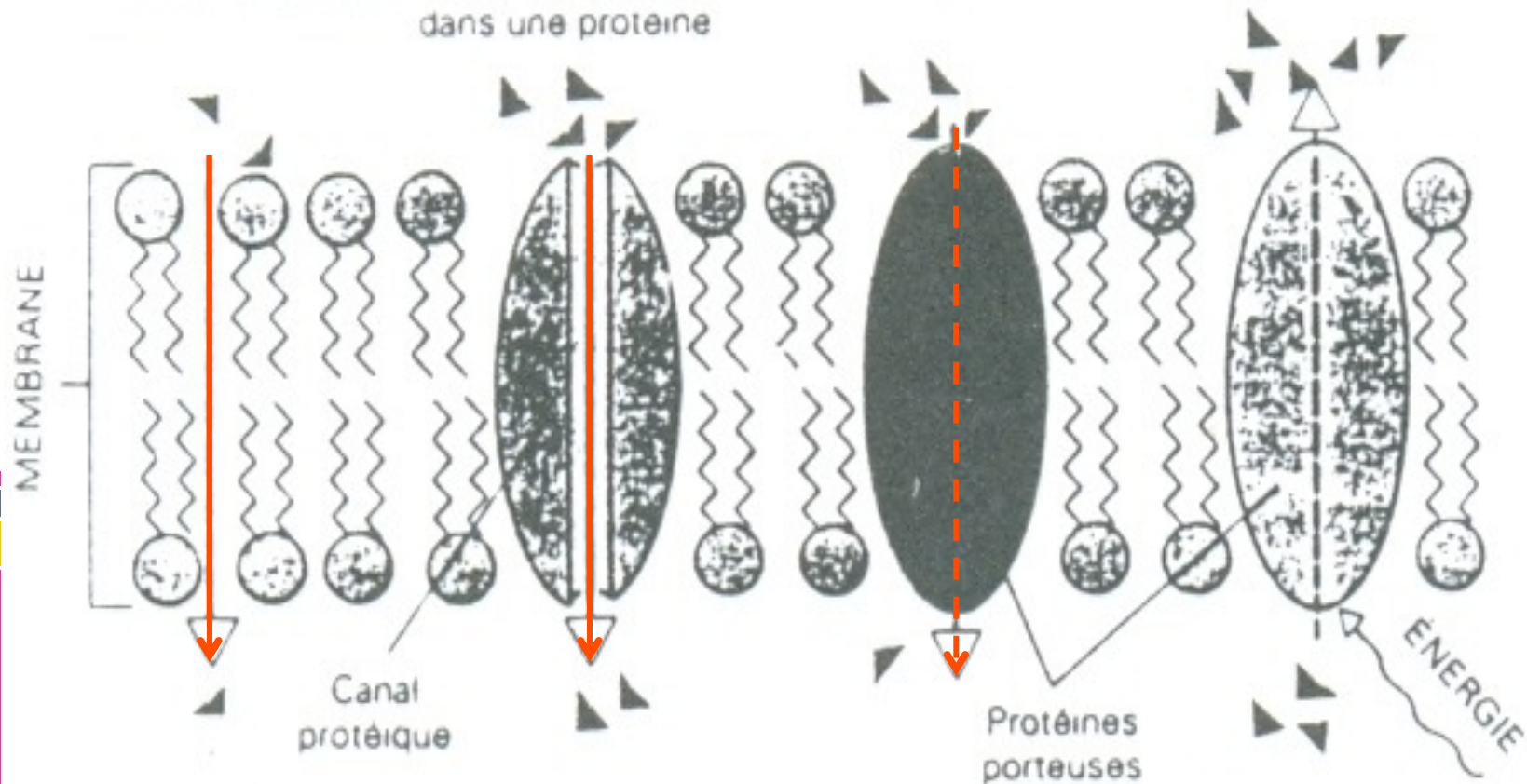
À travers la
bicouche lipidique

À travers
un canal aqueux
dans une protéine

Diffusion facilitée

Liaison avec
un transporteur

Dépense d'énergie
et liaison avec
un transporteur

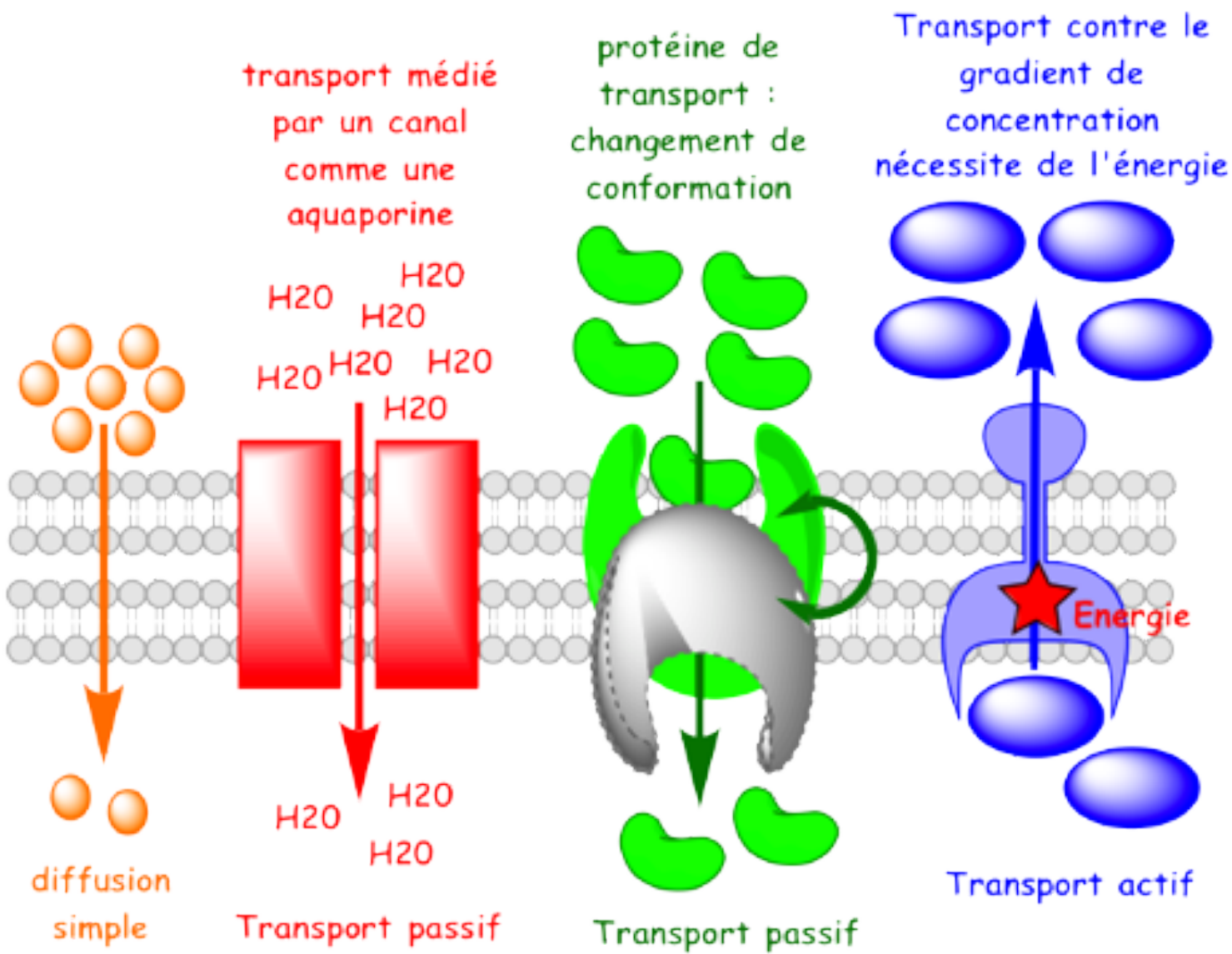


Concentration élevée

Extérieur

Intérieur

Concentration faible



V-1-4- Diffusion de l'eau à travers les membranes

L'osmose

- L'**osmose** est un phénomène physique passif qui se produit seulement si les solutions sont séparées par une **membrane semi-perméable**. Elle est influencée par des solutés qui sont trop gros pour traverser la membrane.
- Seul le **solvant** (eau) peut alors **traverser** la membrane du côté **hypotonique** (le moins concentré) vers le côté **hypertonique** (le plus concentré) jusqu'à ce que les solutions soient **isotoniques** (de même concentration).

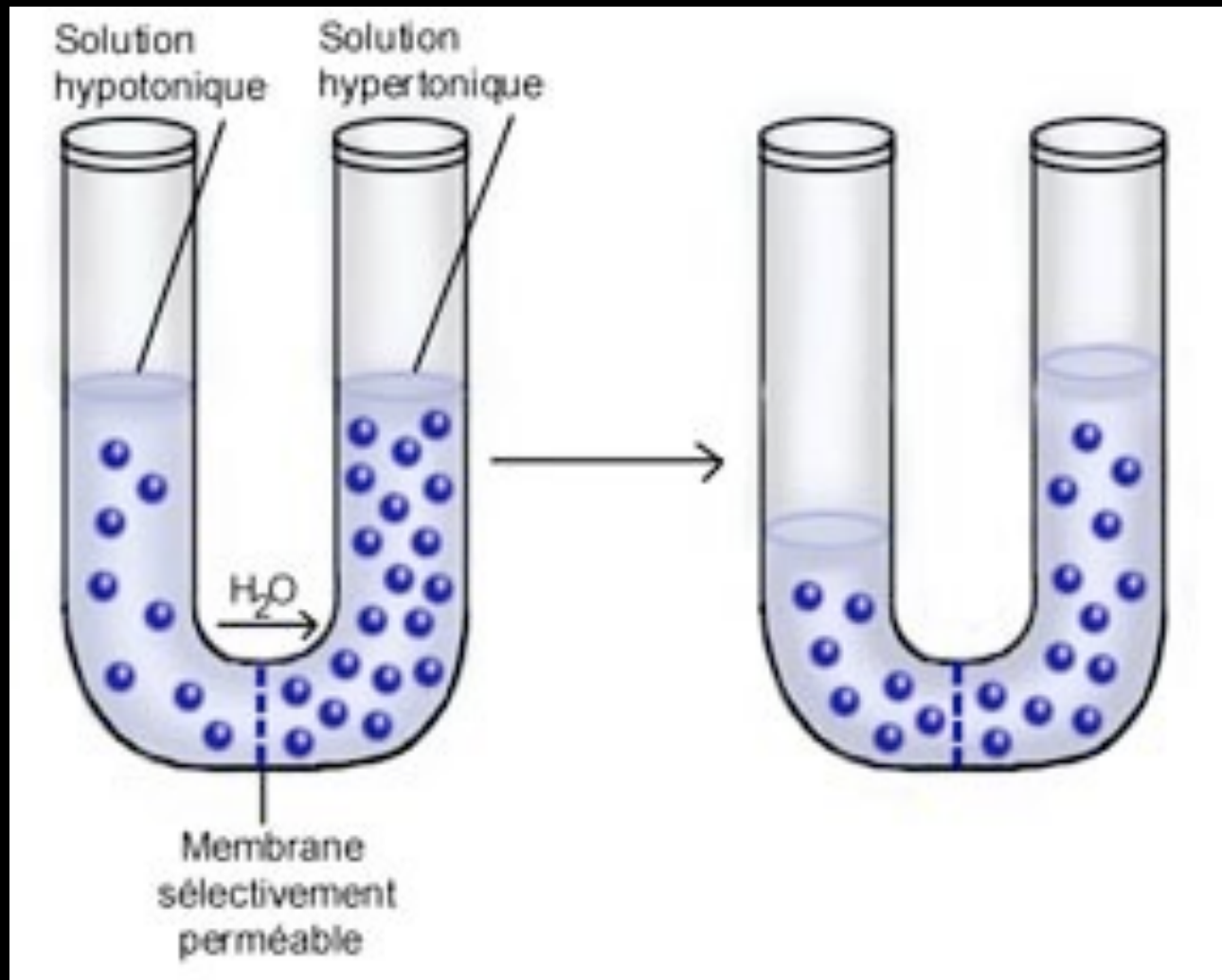
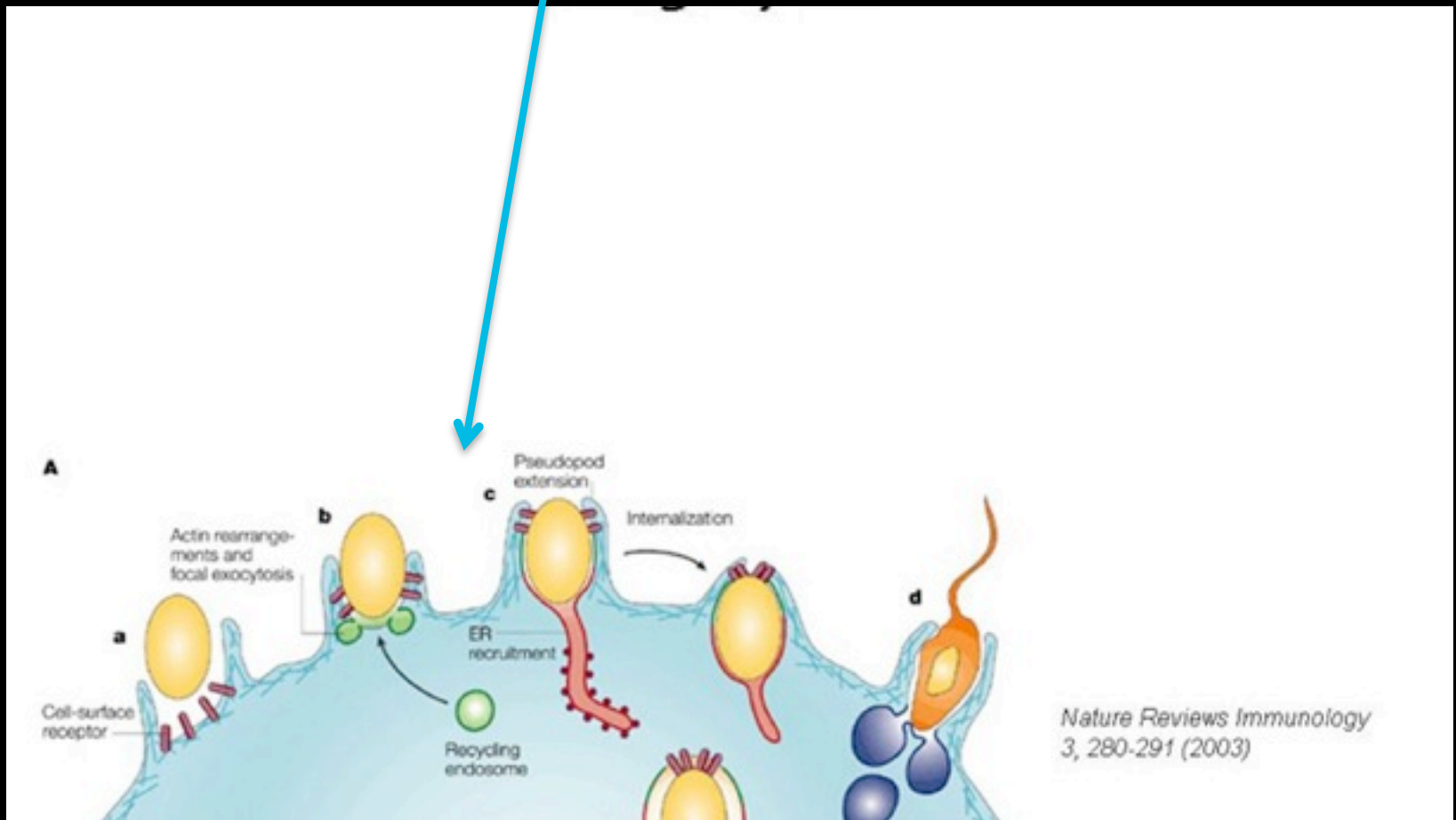
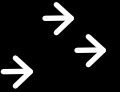


Figure 14. Osmose. Deux solutions de glucose de concentrations différentes sont séparées par une membrane perméable au solvant mais imperméable au soluté. La forme en U du récipient facilite l'observation des changements de volume.

VI-2– Transport par voie vésiculaire

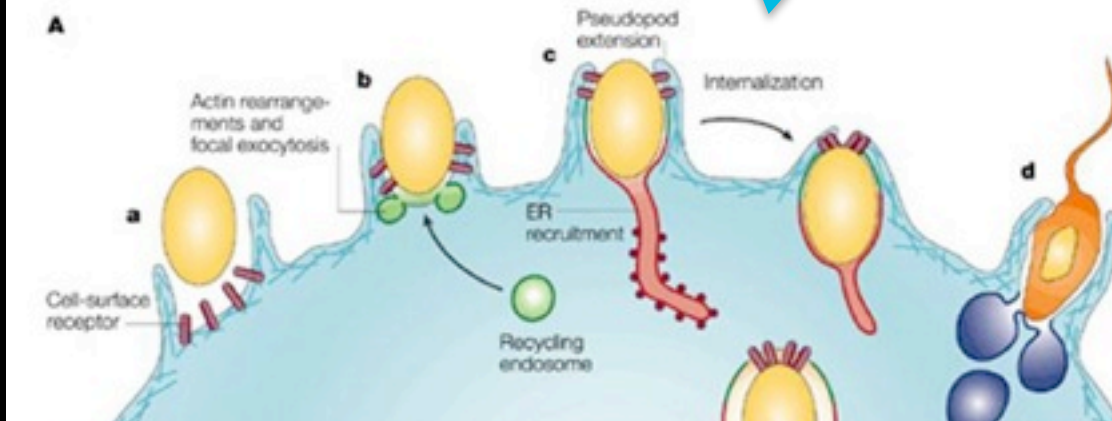
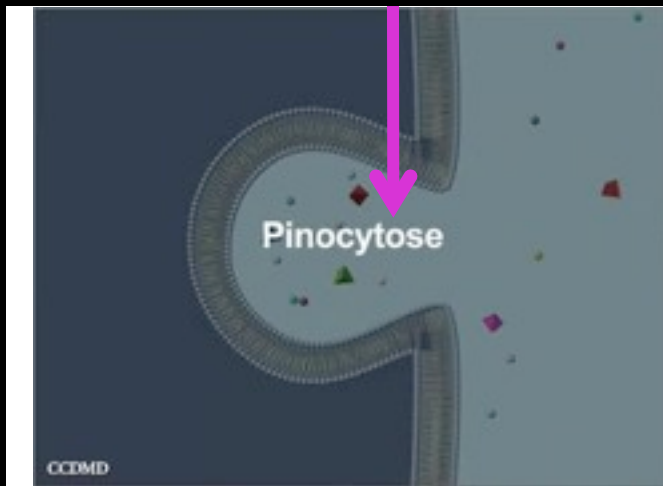
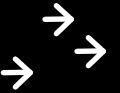
La pénétration de gros matériaux extracellulaires par des vésicules cytoplasmiques peut s'effectuer de deux façons distinctes, la **phagocytose** et l'**endocytose***



Nature Reviews Immunology
3, 280-291 (2003)

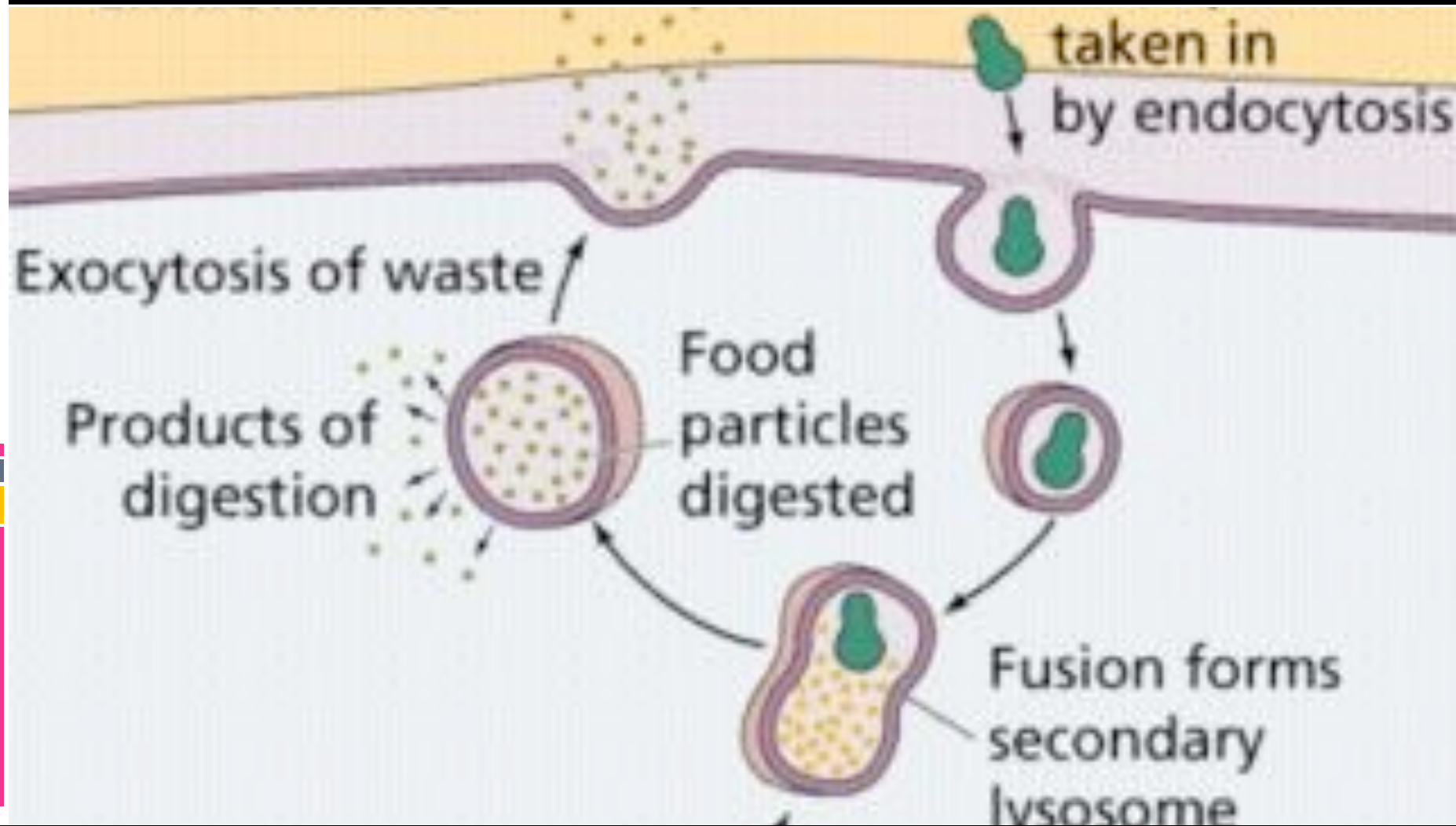
VI-2– Transport par voie vésiculaire

La pénétration de gros matériaux extracellulaires par des vésicules cytoplasmiques peut s'effectuer de deux façons distinctes, la **phagocytose** et l'endocytose (pinocytose)*



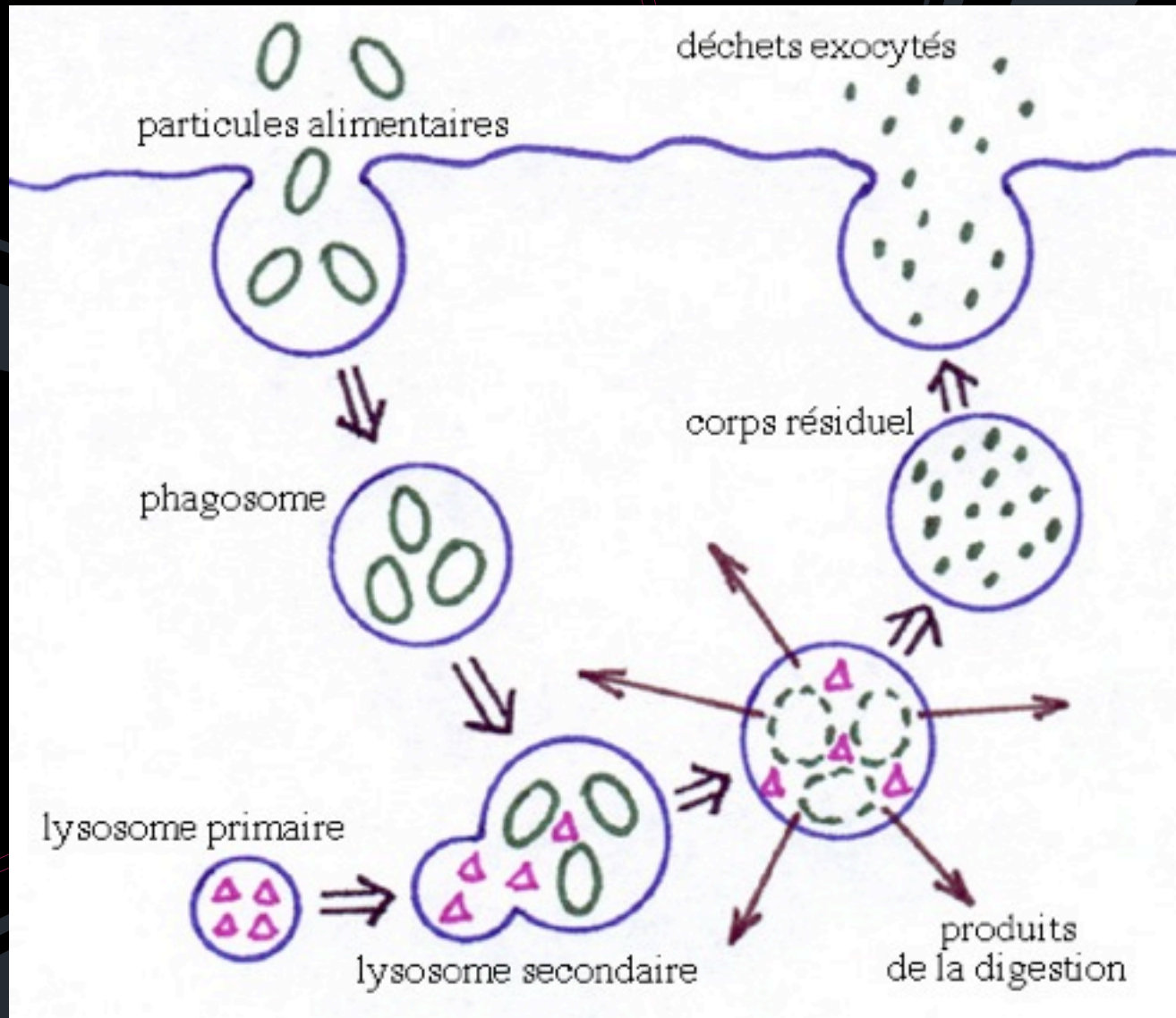
Nature Reviews Immunology
3, 280-291 (2003)

* : La terminologie a subi un remaniement au cours des dernières années. En 1963, Christian de Duve introduisait le terme **endocytose**, terme général qui regroupait les deux types d'activités, l'ingestion de particules solides (phagocyte) ou la pénétration de liquides et solutés (pinocytose). Actuellement, le terme pinocytose est devenu inhabituel, et le terme « endocytose » est devenu d'usage commun pour **décrire la prise du liquide et des molécules dissoutes ou en suspension** et elle se distingue de la phagocytose. → →



VI-2-1-1- La phagocytose

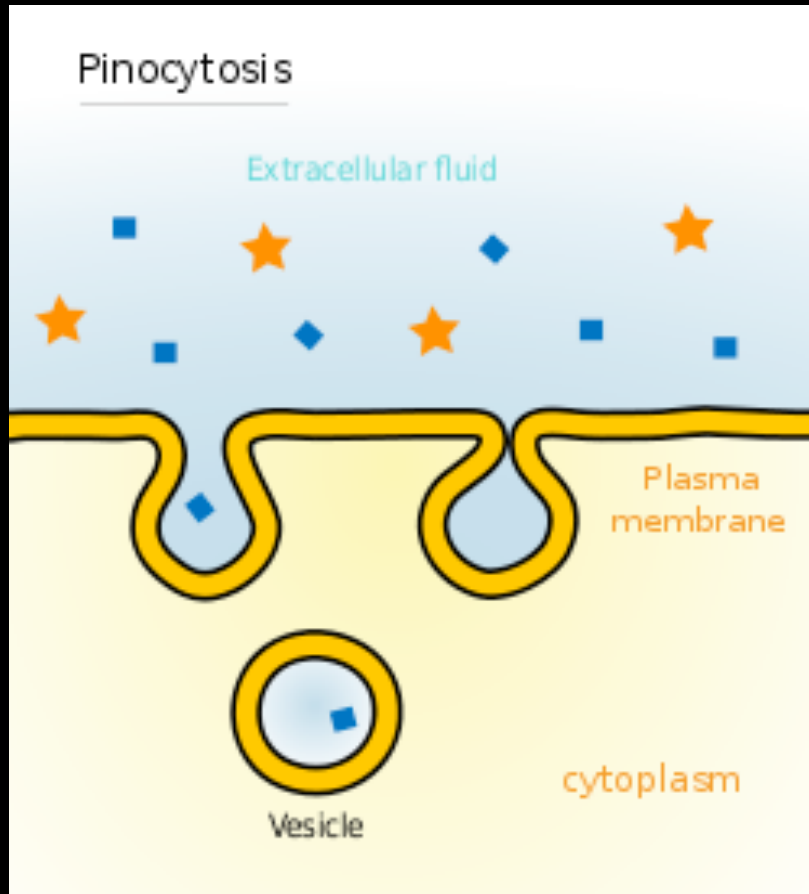
Elle correspond à l'ingestion de **grosses particules solides** dont la taille peut atteindre plusieurs micromètres.



VI-2-1-2- L'endocytose

- Correspond au prélèvement d'une **gouttelette** (diamètre < 0.1 microns) d'un **liquide extracellulaire** contenant ou non des petites molécules.
- On peut diviser grossièrement l'endocytose en deux catégories :
 - **l'endocytose en vrac** et,
 - **l'endocytose par récepteur interposé**. L'**endocytose par récepteur interposé (ERI)** aboutit à la capture de molécules extracellulaires spécifiques (ligands) après leur liaison à des récepteurs de la surface externe de la membrane plasmique.

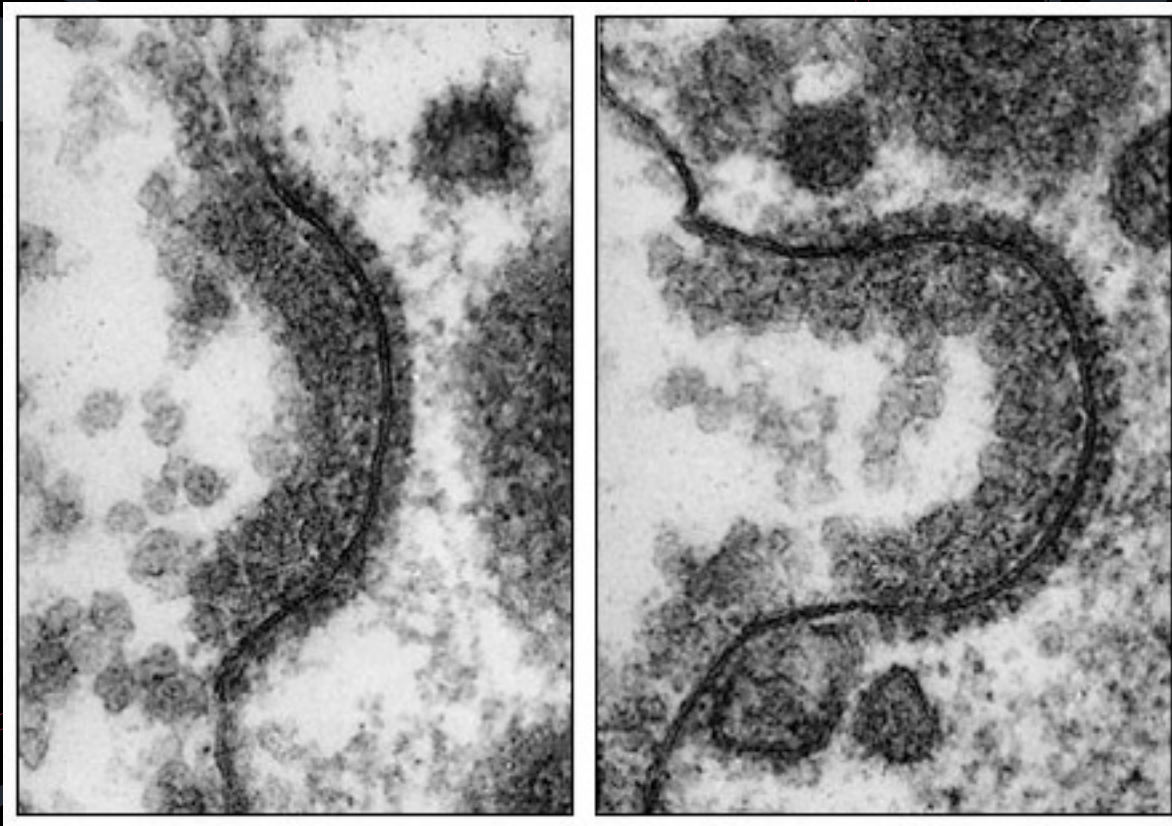
Endocytose en vrac =



capture non
spécifique de liquides
extracellulaires sans
aucune
reconnaissance par la
surface membranaire.

Endocytose par récepteur interposé =

processus hautement spécifique grâce à des récepteurs, protéines transmembranaires amphiphiles, groupées en des régions déterminées de la membrane, qui reconnaissent sélectivement une substance donnée.



Clathrine