

# **Les phénomènes de transport cellulaires**

Oliver Nüsse

Université Paris-Saclay, Faculté des Sciences, Orsay  
oliver.nusse@universite-paris-saclay.fr

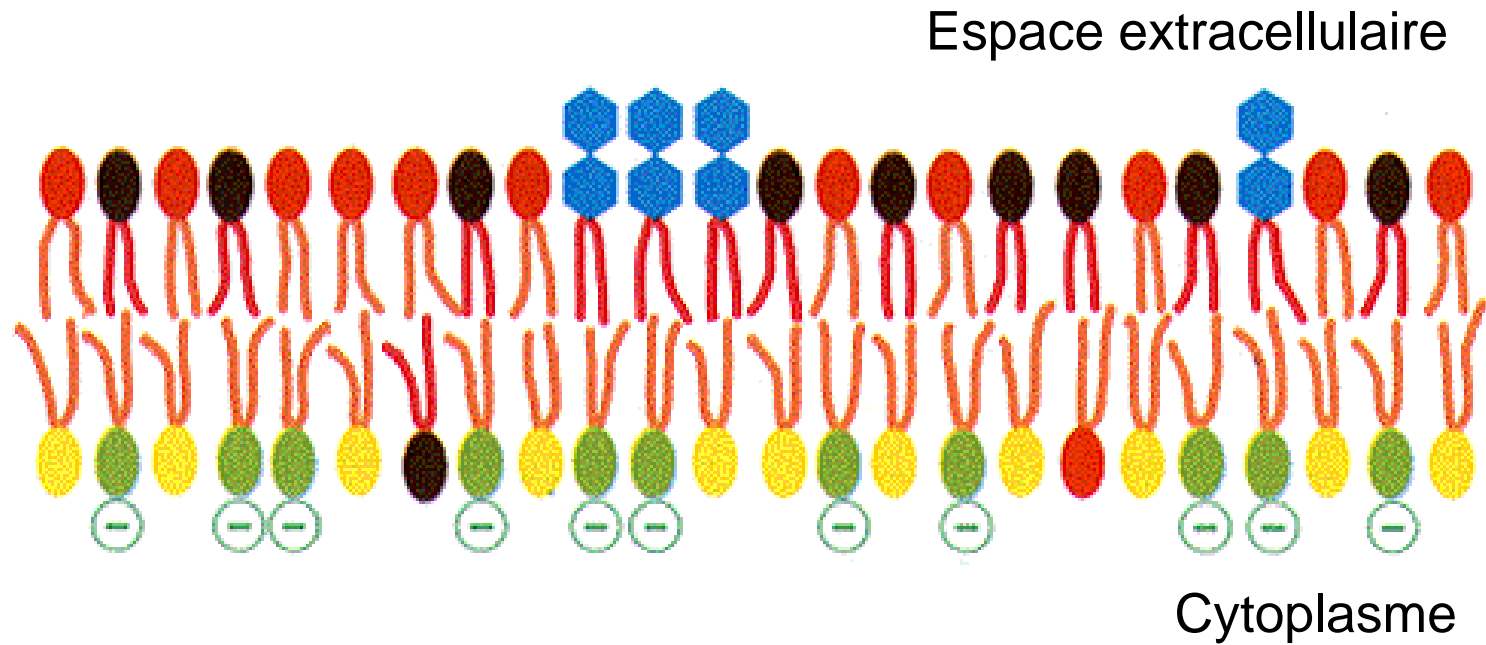
Licence de Biologie, L3, UE « Dynamique Cellulaire » 2024/2025

# Propriétés des membranes biologiques

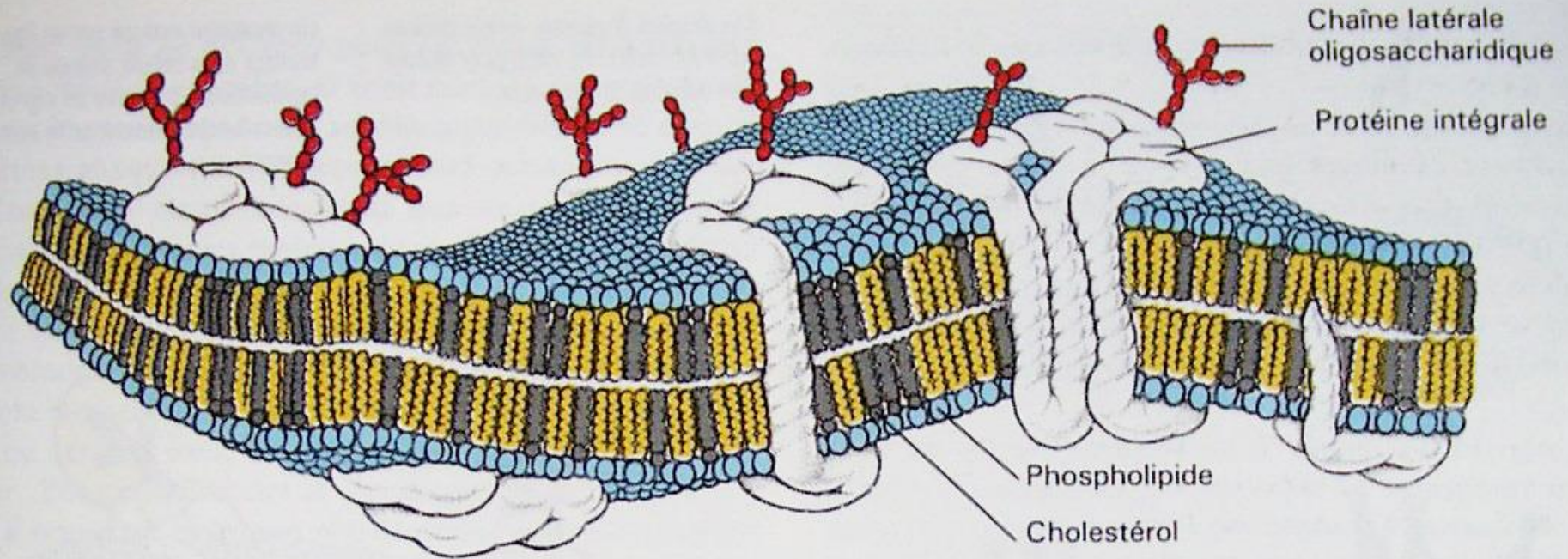
- Flexible
- Semi perméable
- Mécanismes de transport
- Asymétrique
- Protéines membranaires
- Fusion et fission

*Cours de biochimie*

# Asymétrie membranaire



# Structure de la membrane plasmique



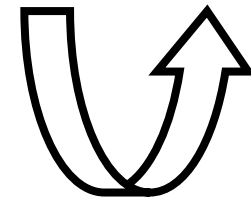
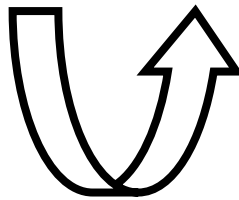
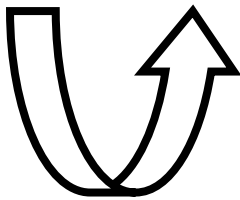
# Les membranes biologiques sont imperméables pour les macromolécules

Protéines, polysaccharides

Enzymes, molécules  
du cytosquelette,  
protéines du sérum,  
toxines protéiques

Glycogène,  
amidon

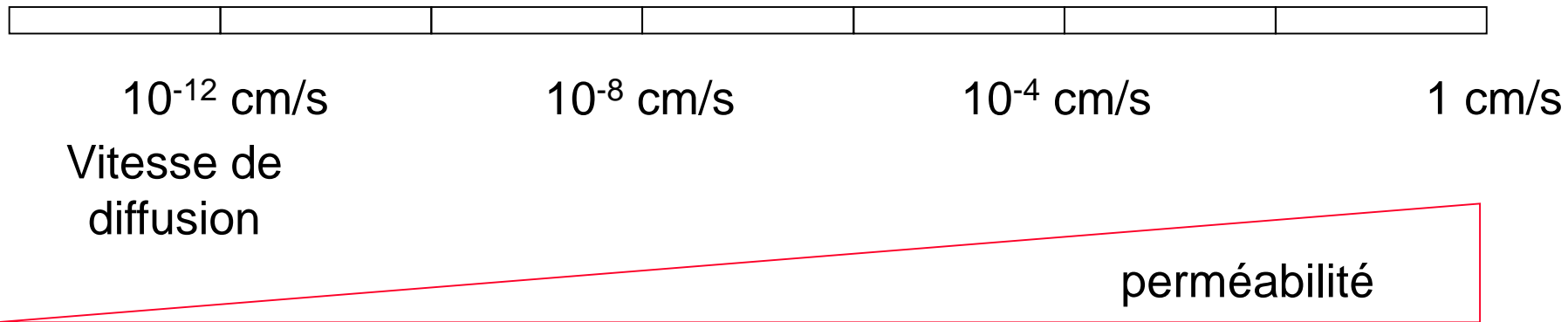
ARN, ADN  
cellulaire, virale,  
bactérienne



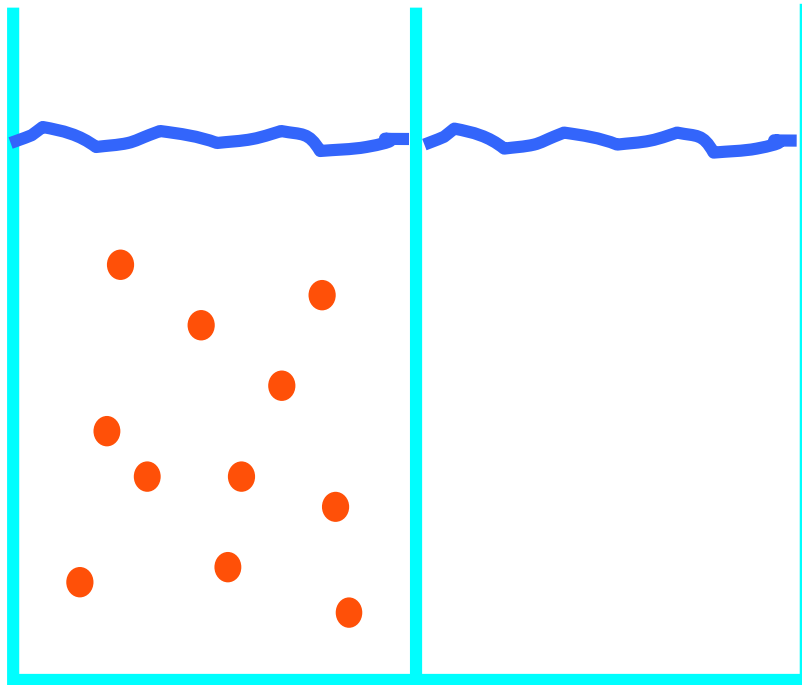
membrane

# Perméabilité des membranes biologiques

Ions minéraux	Molécules polaires chargées	Molécules polaires non-chargées	Petites molécules polaires non-chargées	Gaz et molécules hydrophobes
H <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , Ca <sup>2+</sup>	ATP, acides aminés	Glucose, saccharose	H <sub>2</sub> O, éthanol, glycérol	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , benzene



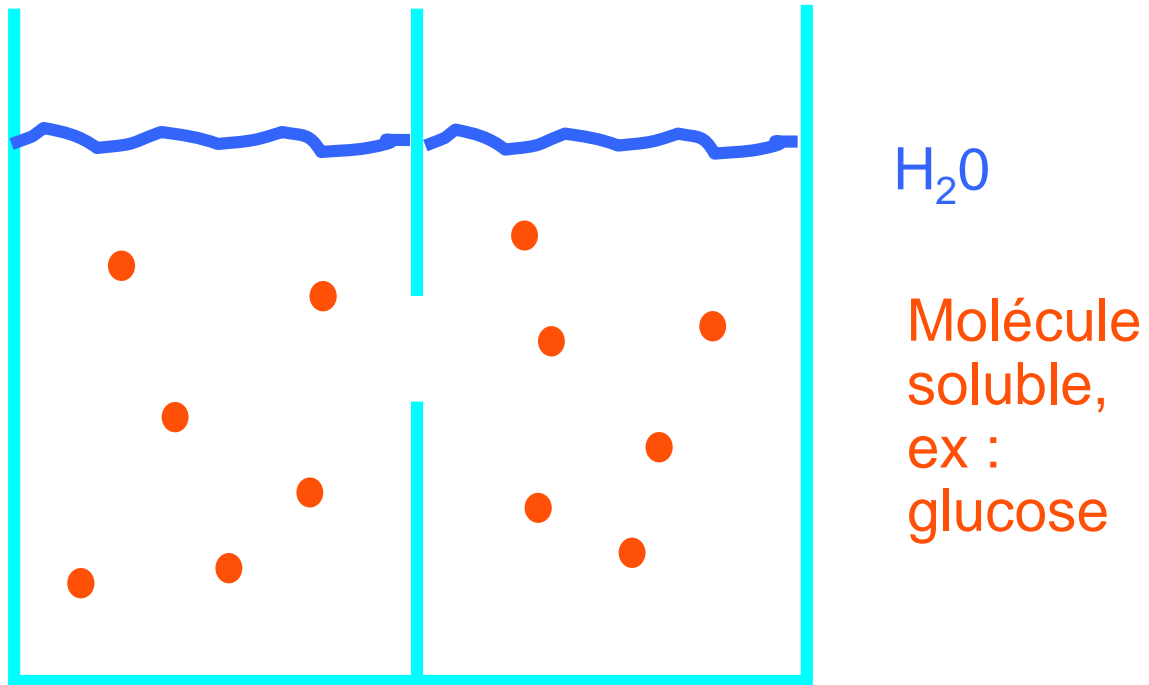
# Diffusion



H<sub>2</sub>O

Molécule  
soluble,  
ex :  
glucose

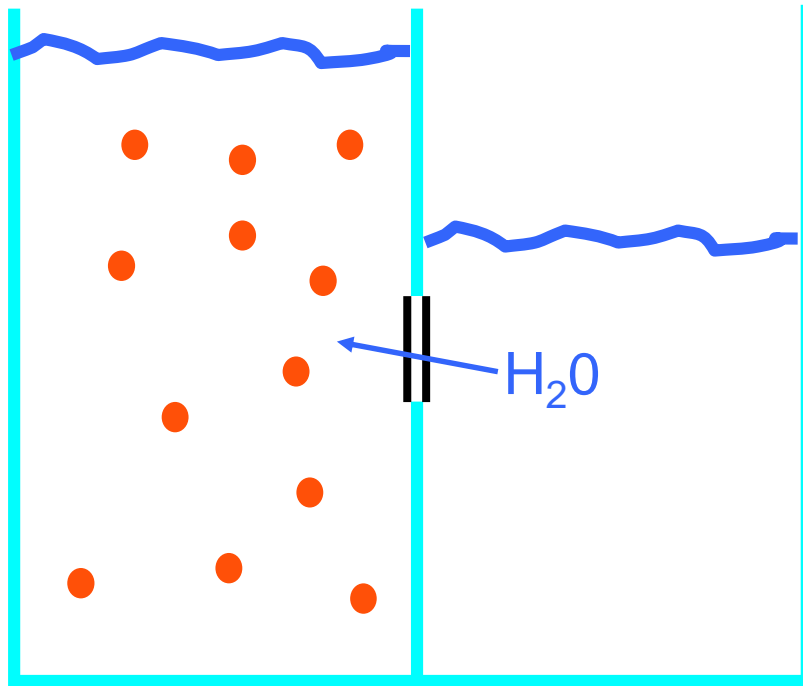
# Diffusion



**La loi de la diffusion, loi de Fick, cours de biochimie**



# Osmose

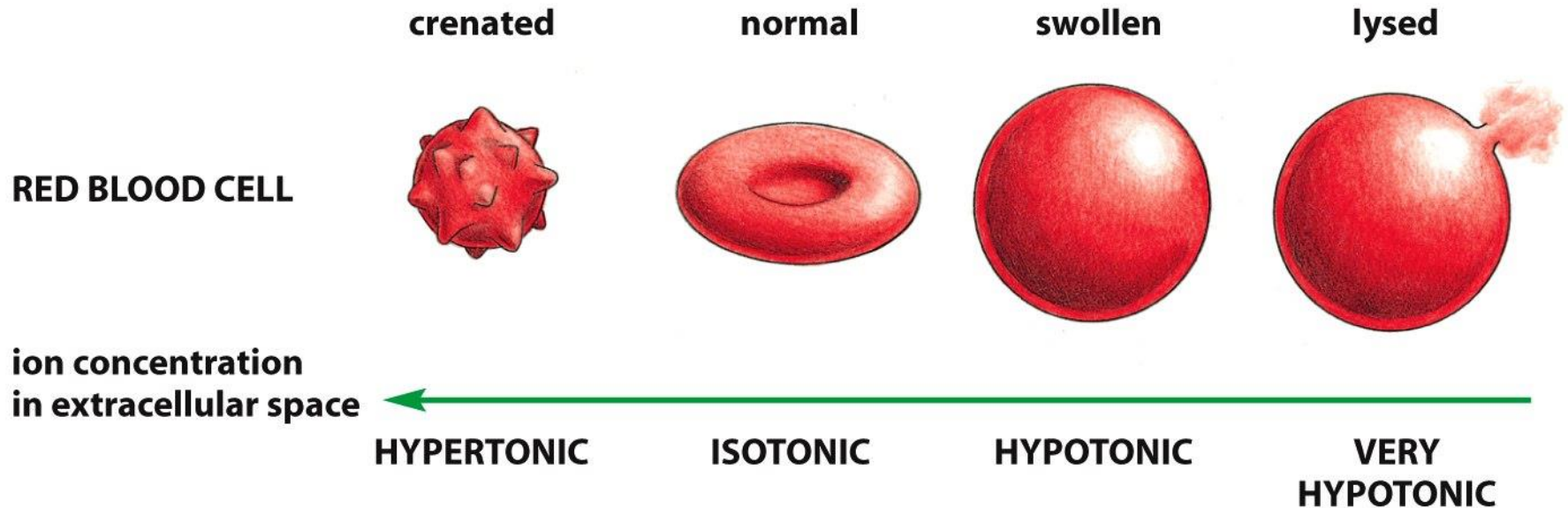


$H_2O$

Molécule soluble,  
ex :  
glucose

Membrane lipidique

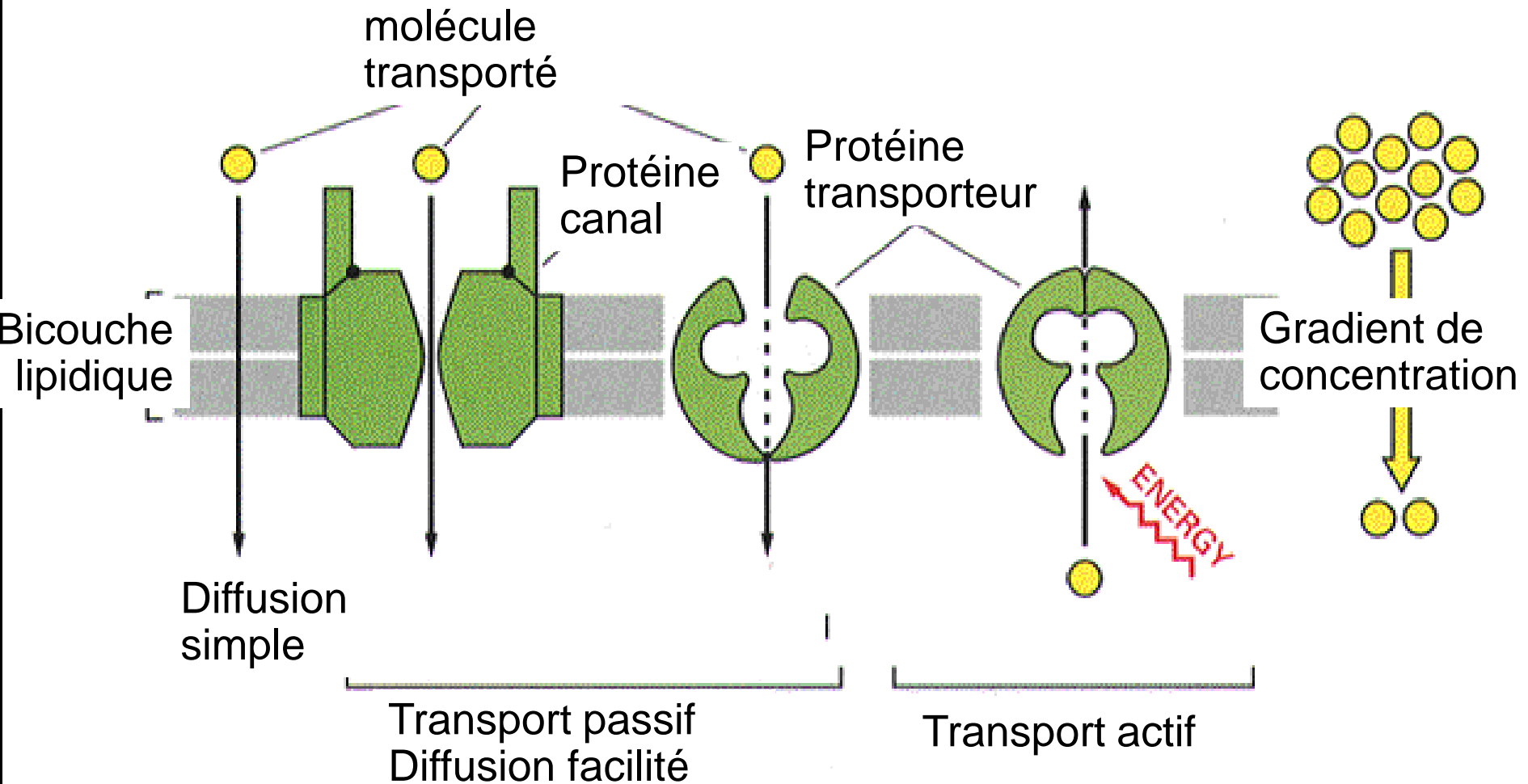
# La réponse des globules rouges aux changements d'osmolarité extracellulaire



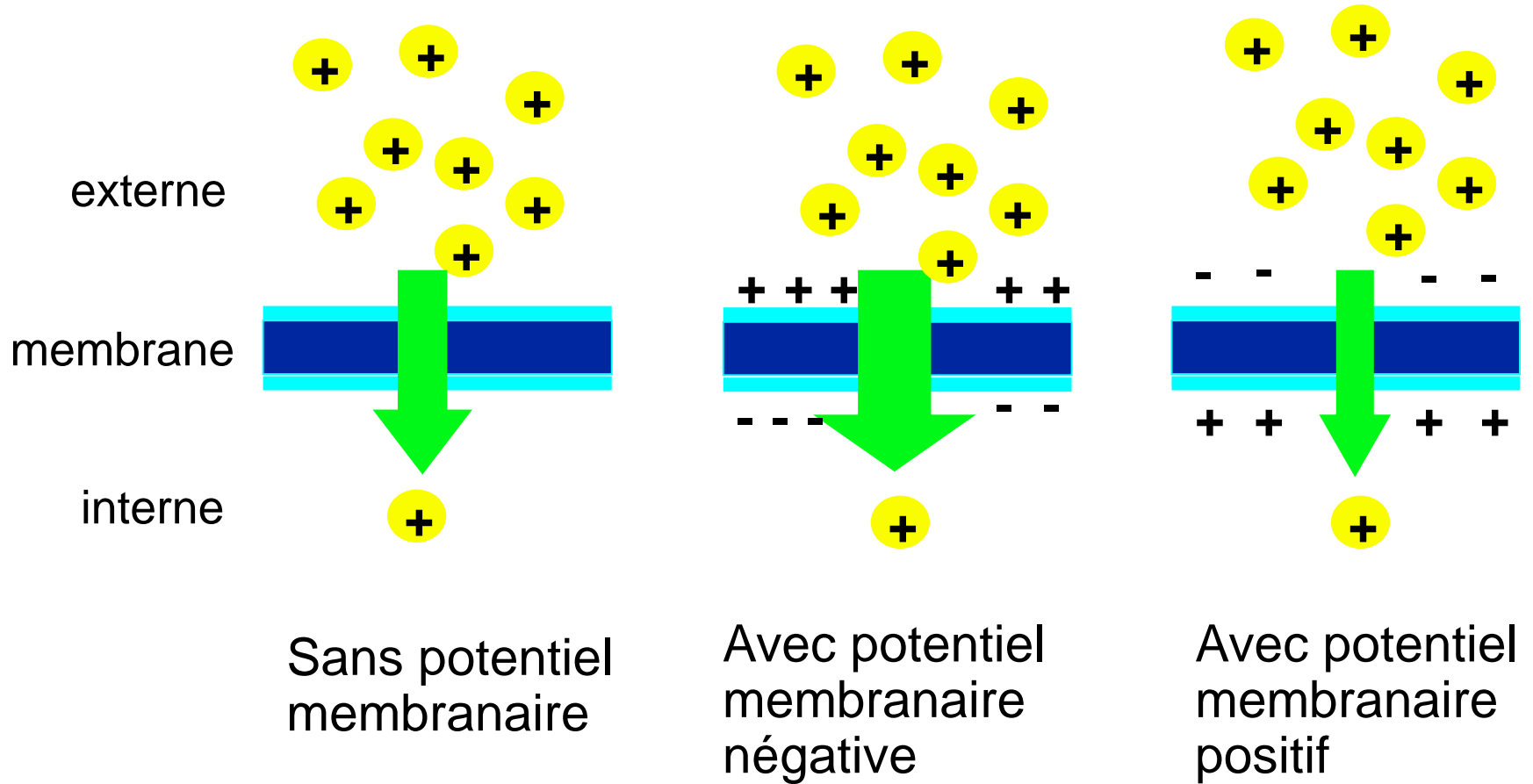
# Transport et Énergie

- Tout transport a besoin d'énergie, par ex. :
- Chaleur: Agitation thermique générale (mouvement brownien)
- Gradients de concentration
- Gradients de potentiel électrique
- Métabolisme (ATP)

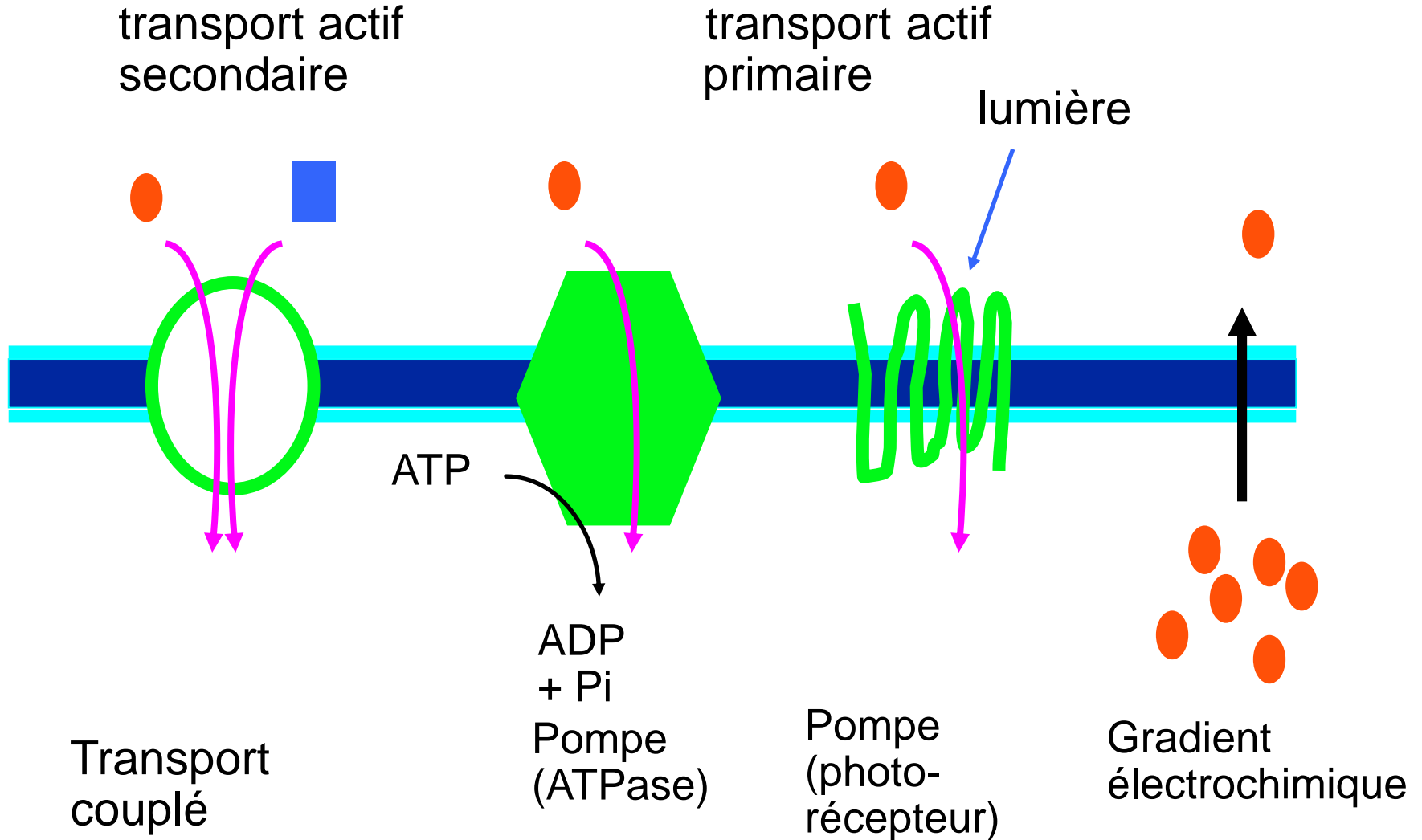
# Les formes de transport membranaire



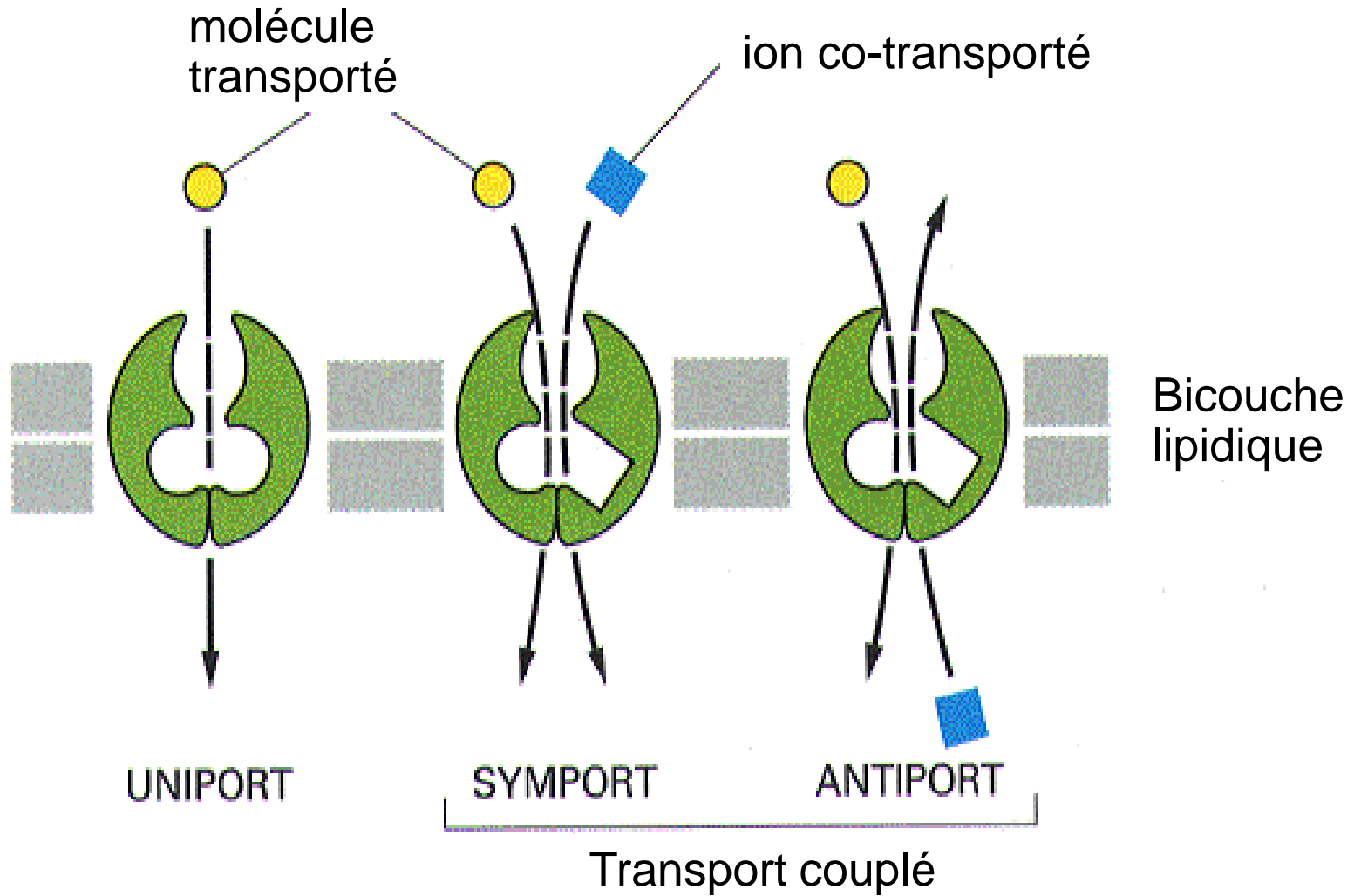
# Gradient électrochimique



# Transport actif - 3 méthodes



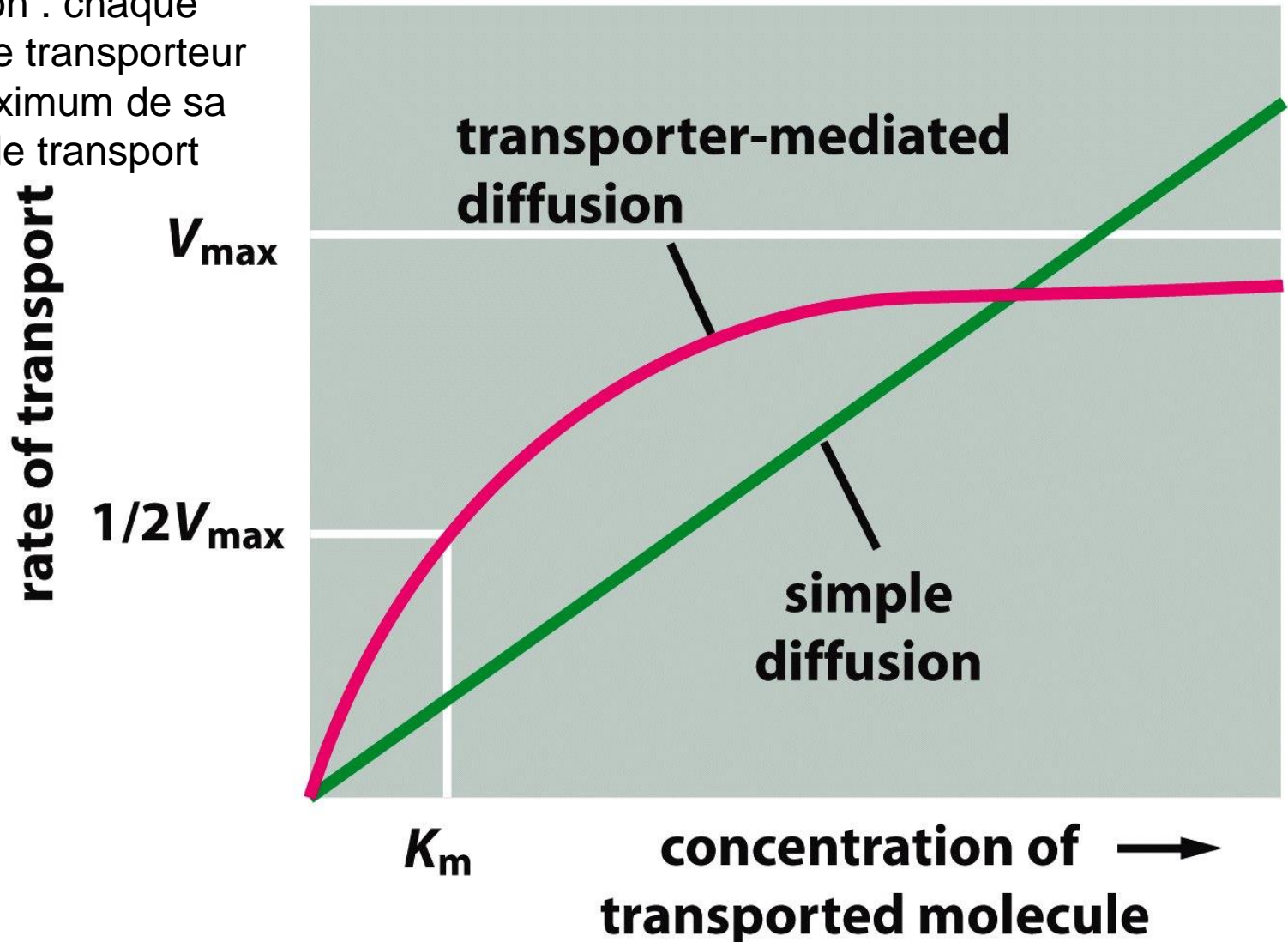
# Les transporteurs



Les transporteurs sont des protéines qui assurent un transport actif ou passif

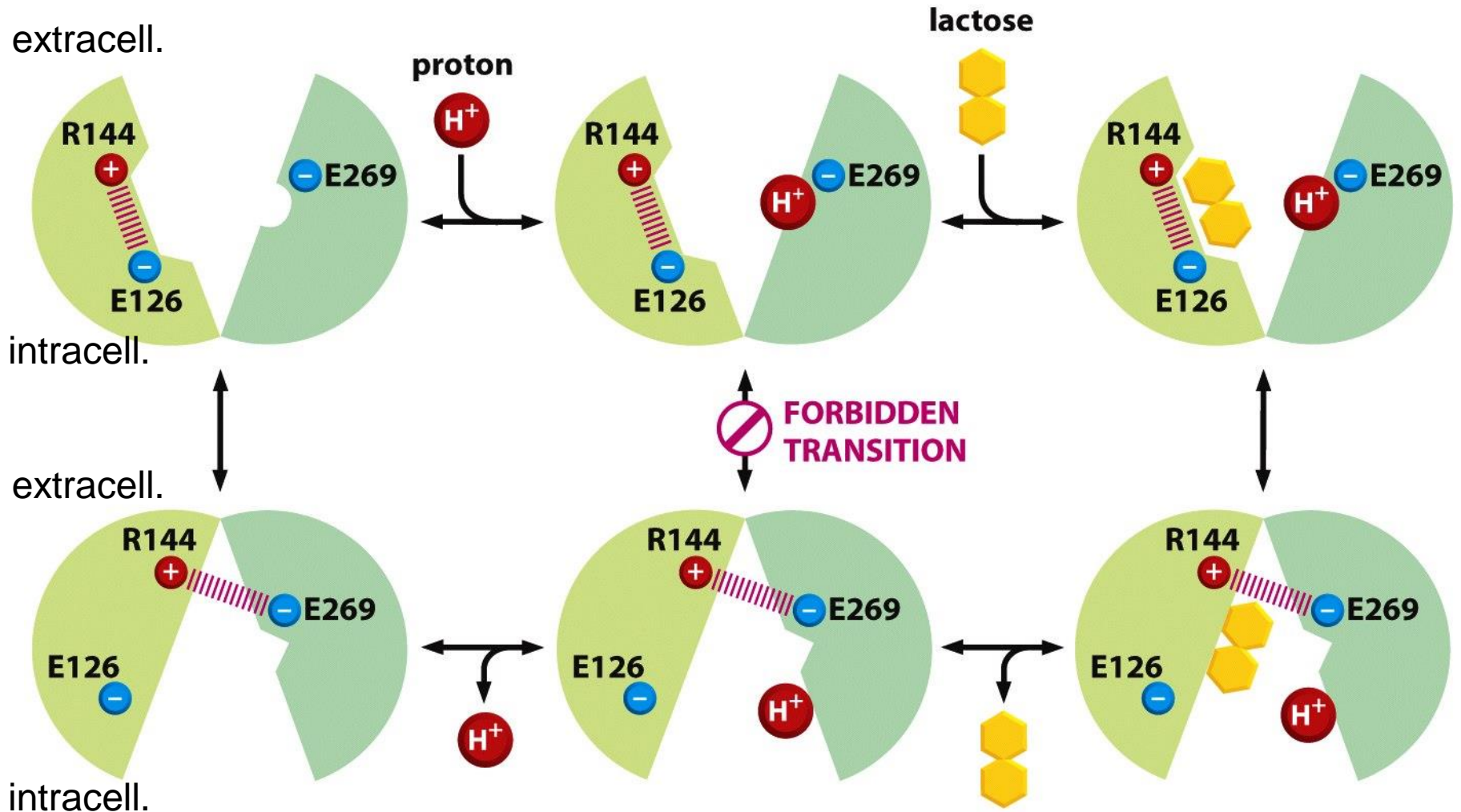
# La cinétique de diffusion simple et de diffusion à l'aide d'un transporteur

Saturation : chaque molécule de transporteur est au maximum de sa vitesse de transport

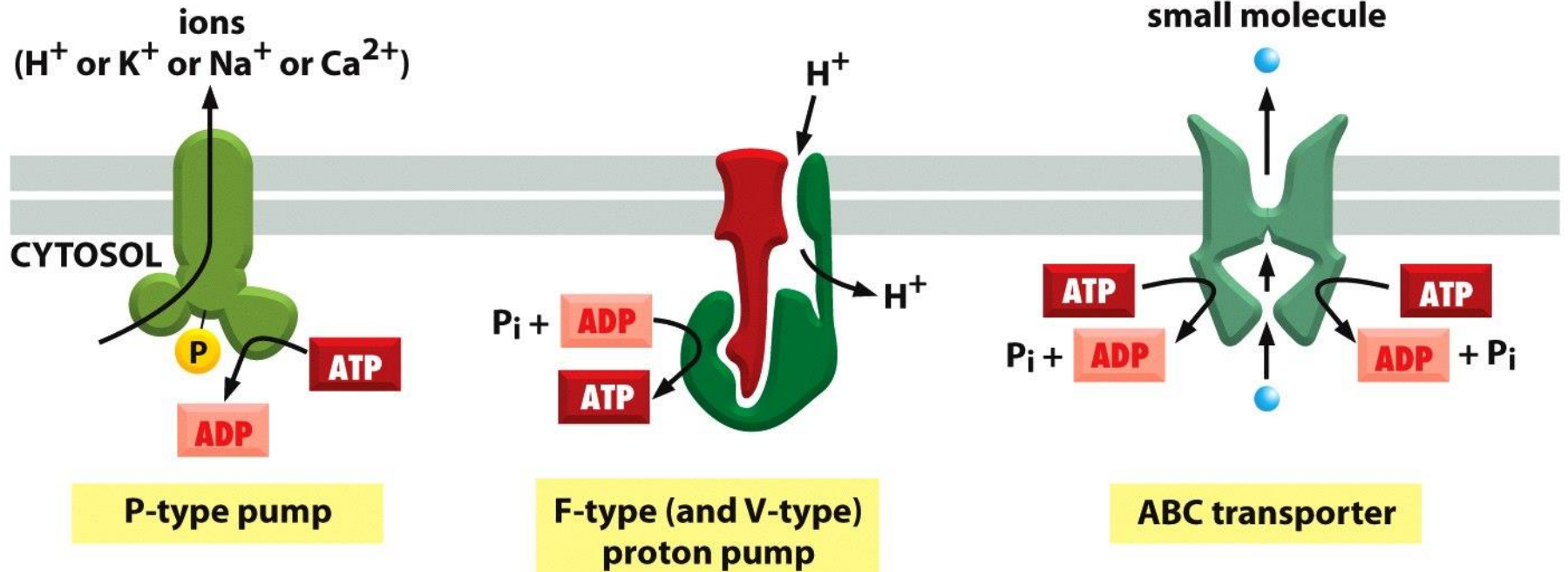




# Le mode d'action du transporteur bactérien de lactose



# 3 types de pompes utilisant l'ATP



P-phosphorylation

F-type génère ATP en utilisant un gradient de  $H^+$  (mitochondrie...)

V-type pompe  $H^+$  dans lysosomes par ex

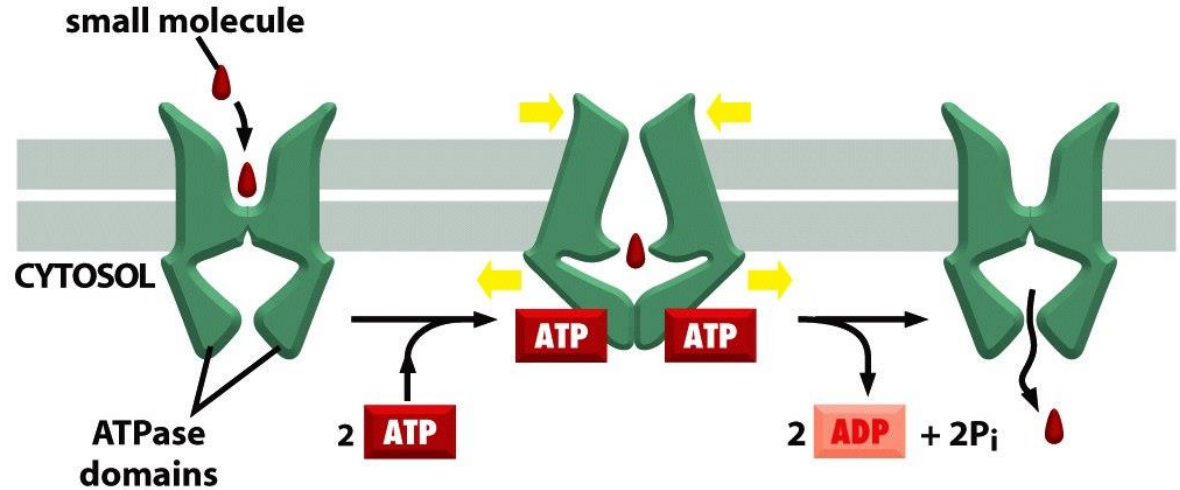
Transporteur ABC contient 2 « ATP-binding cassette »

# Les transporteurs ABC comme exportateur de drogues

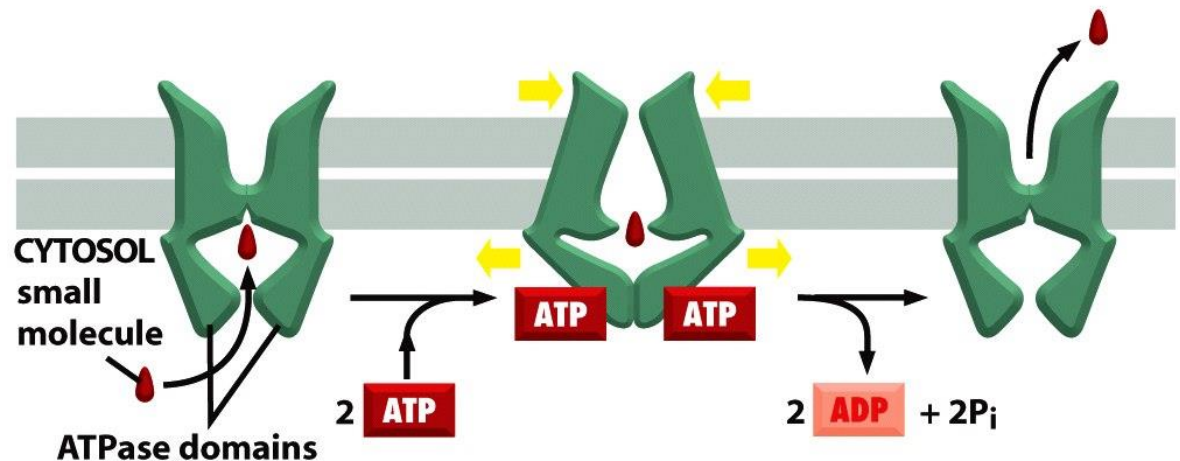
ABC transporteurs :

- Très nombreux (78 chez E coli, >150 chez l'homme)
- Transport unidirectionnel
- Import ou export
- Multidrug resistance protein (MDR) et résistance à la chimiothérapie du cancer

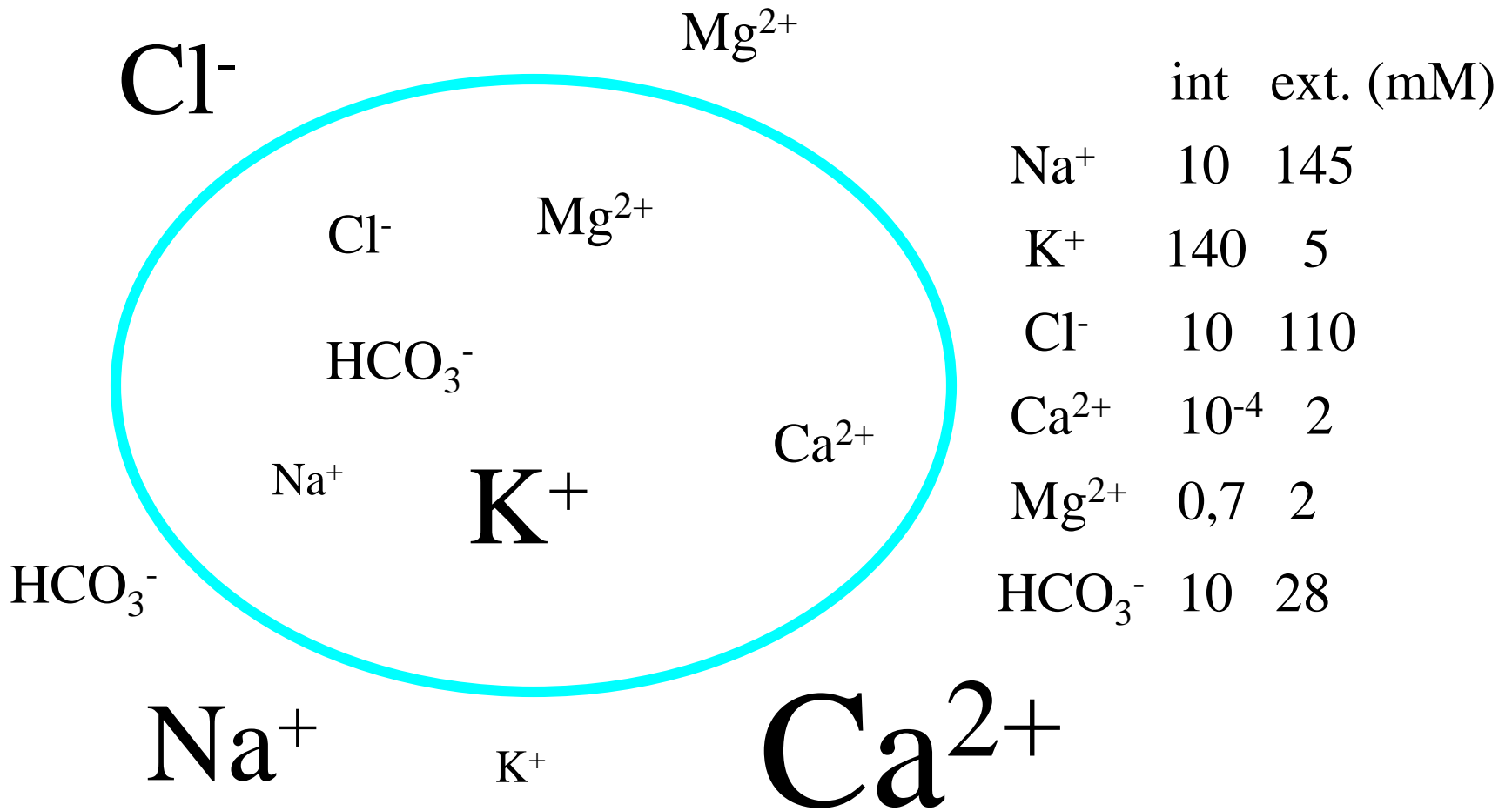
## (A) A BACTERIAL ABC TRANSPORTER



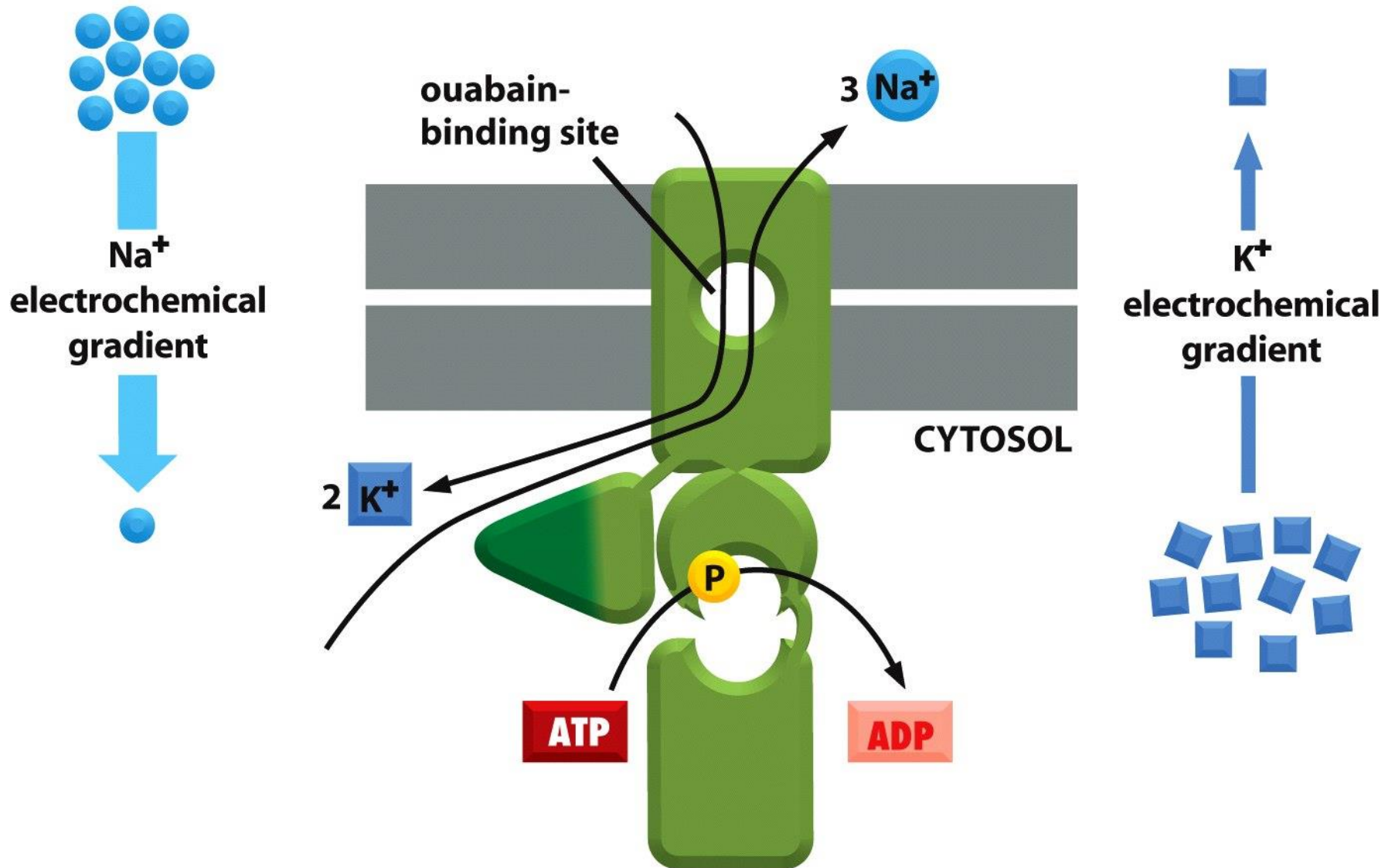
## (B) A EUKARYOTIC ABC TRANSPORTER



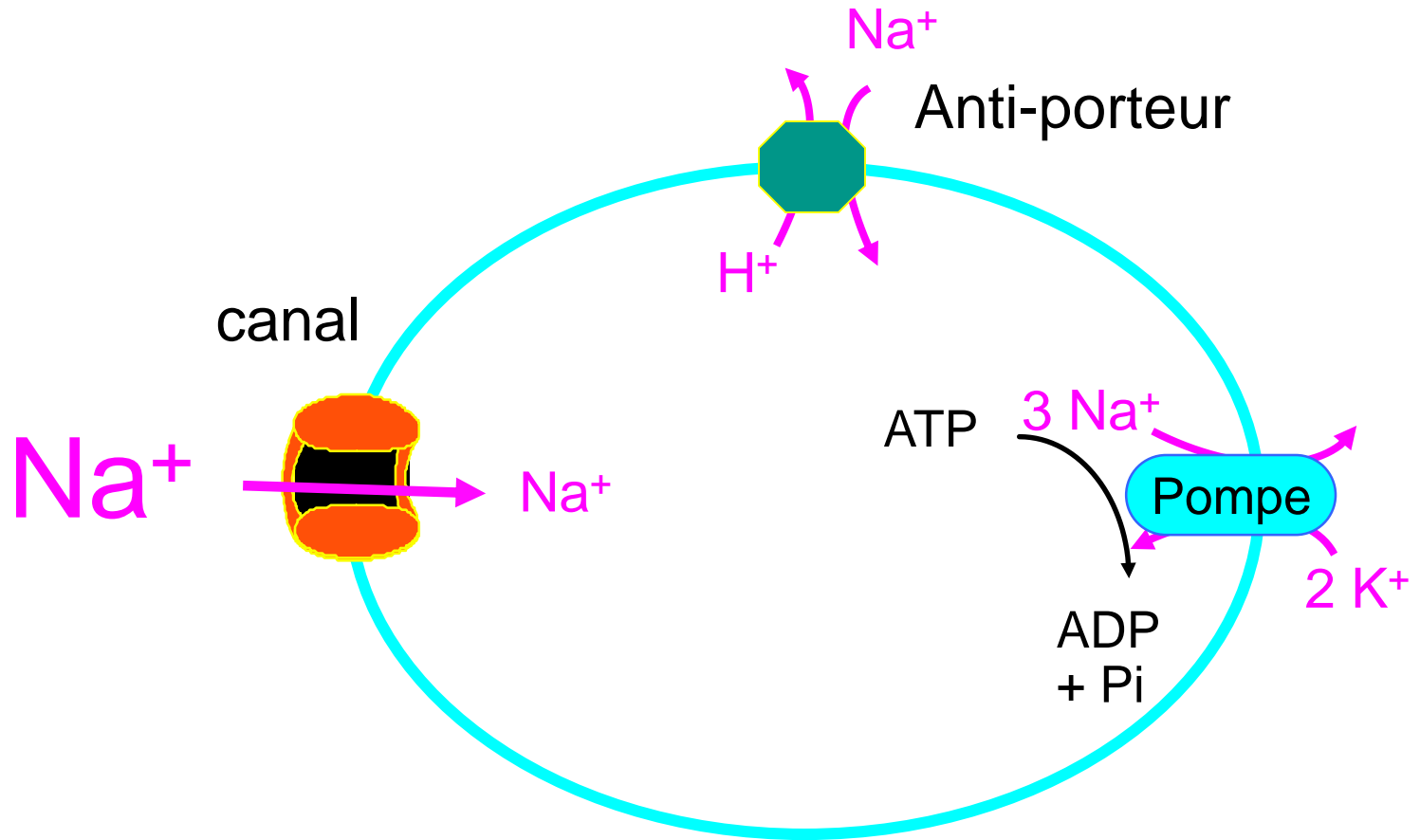
# Les ions et la membrane cytoplasmique



# La $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPase ou pompe $\text{Na}^+\text{-K}^+$ maintient le gradient de concentration de $\text{Na}^+$ et $\text{K}^+$



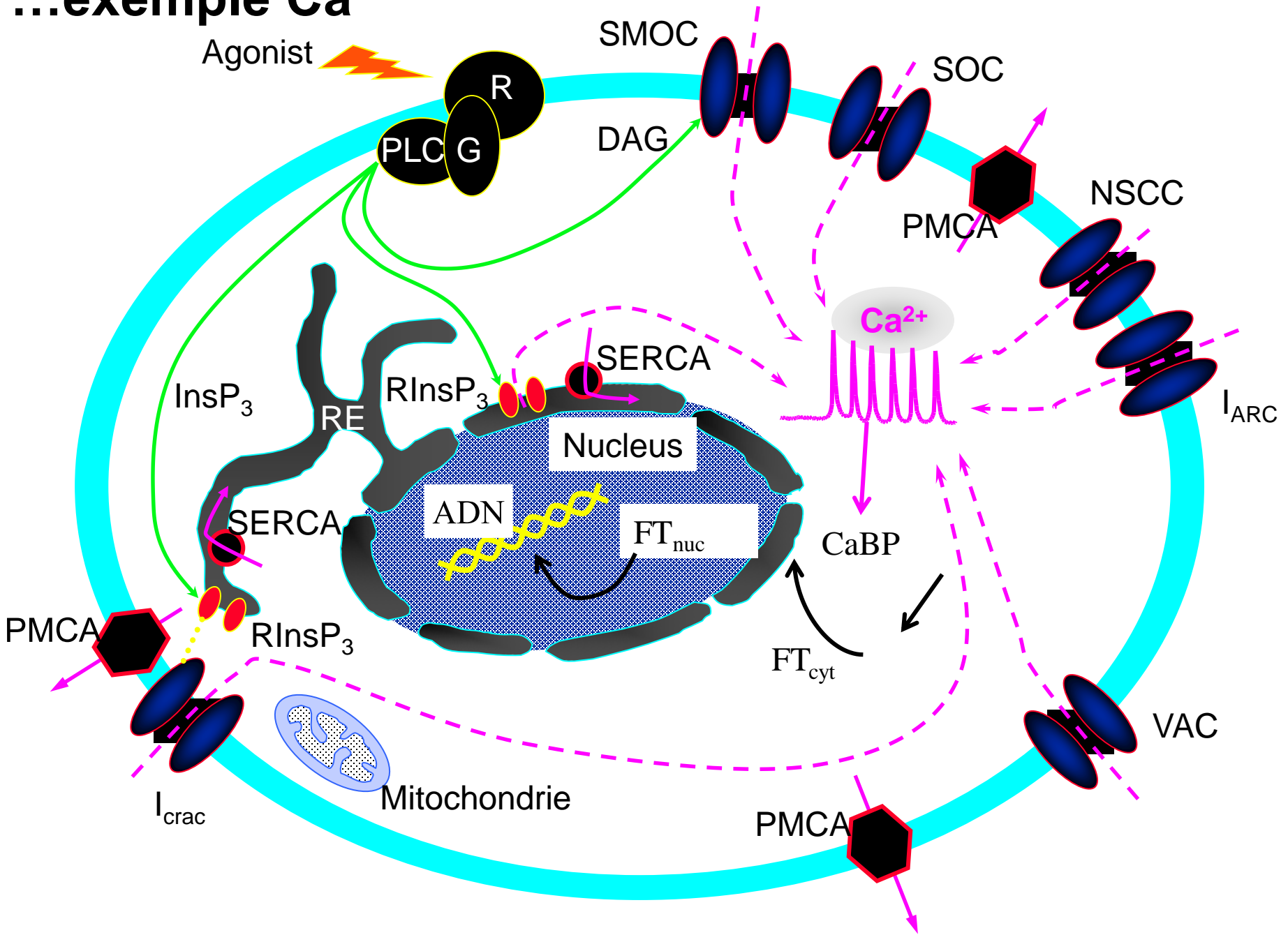
# Le transport des ions exemple $\text{Na}^+$



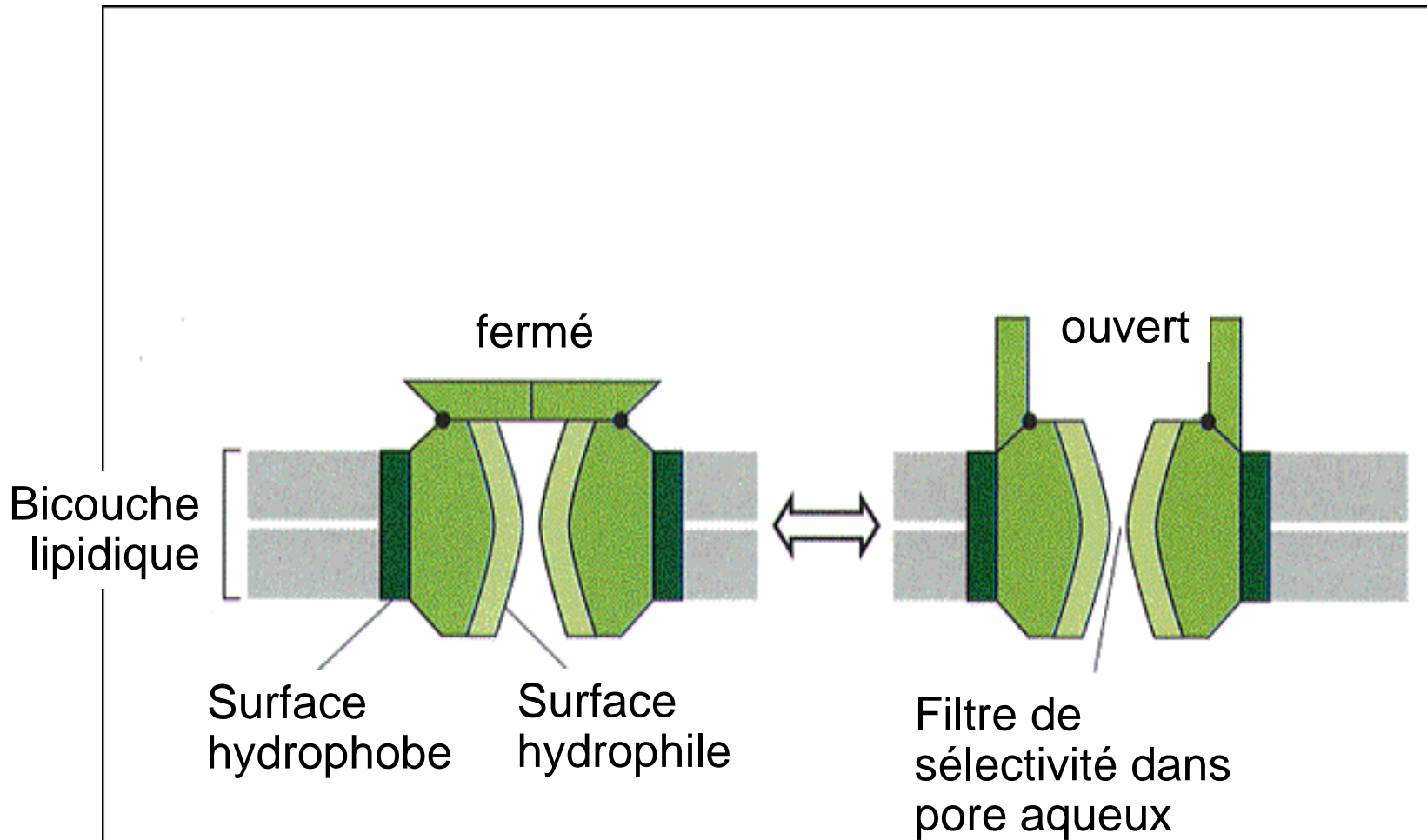
Plusieurs moyens de transport pour le même ion dans une même cellule

# ...exemple $\text{Ca}^{2+}$

Agonist 



# Les canaux ioniques s'ouvrent transitoirement





# L'ouverture des canaux ioniques

Activation  
par:

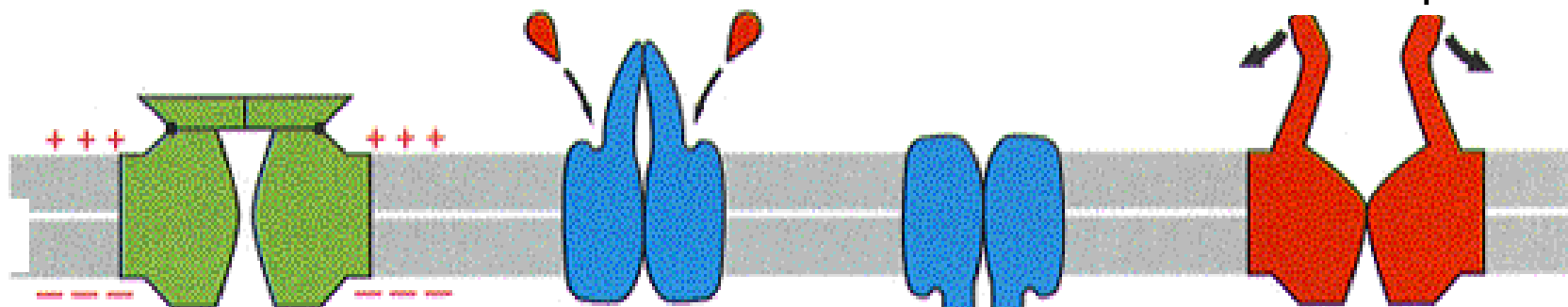
Voltage

Ligand  
extracell.

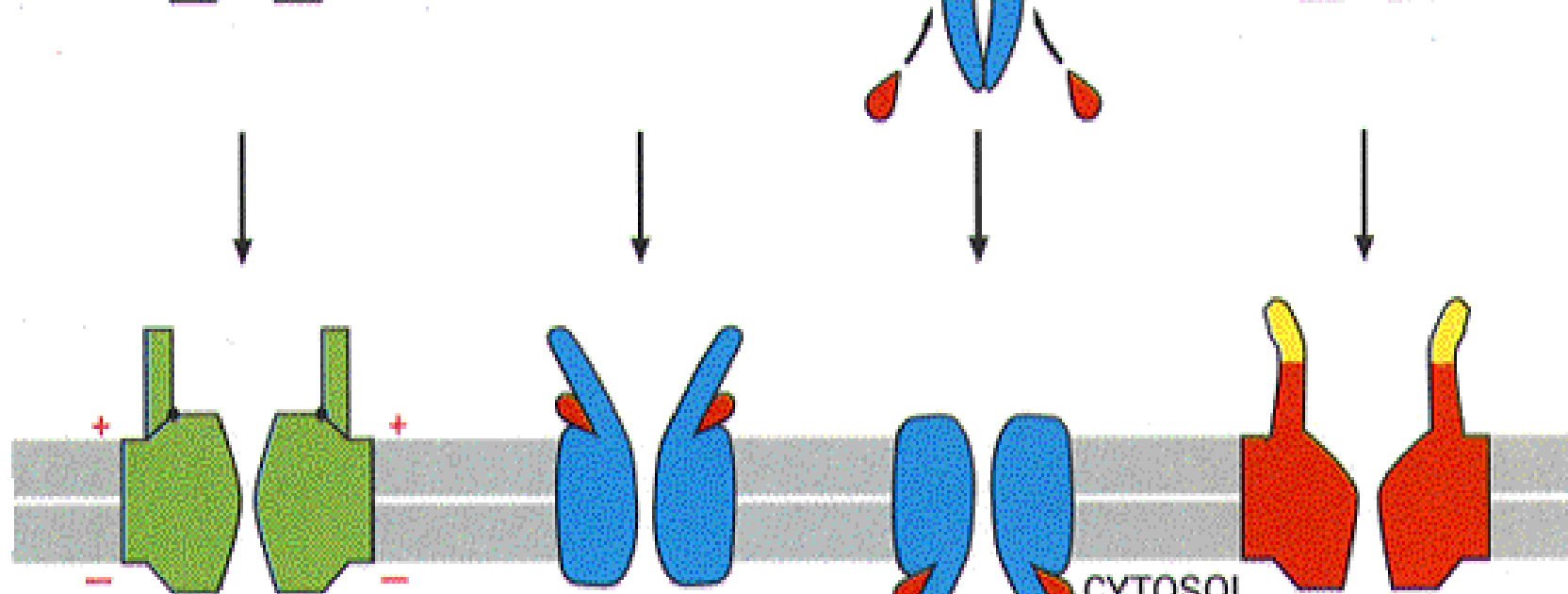
Ligand  
intracell.

mécanique

fermé



ouvert



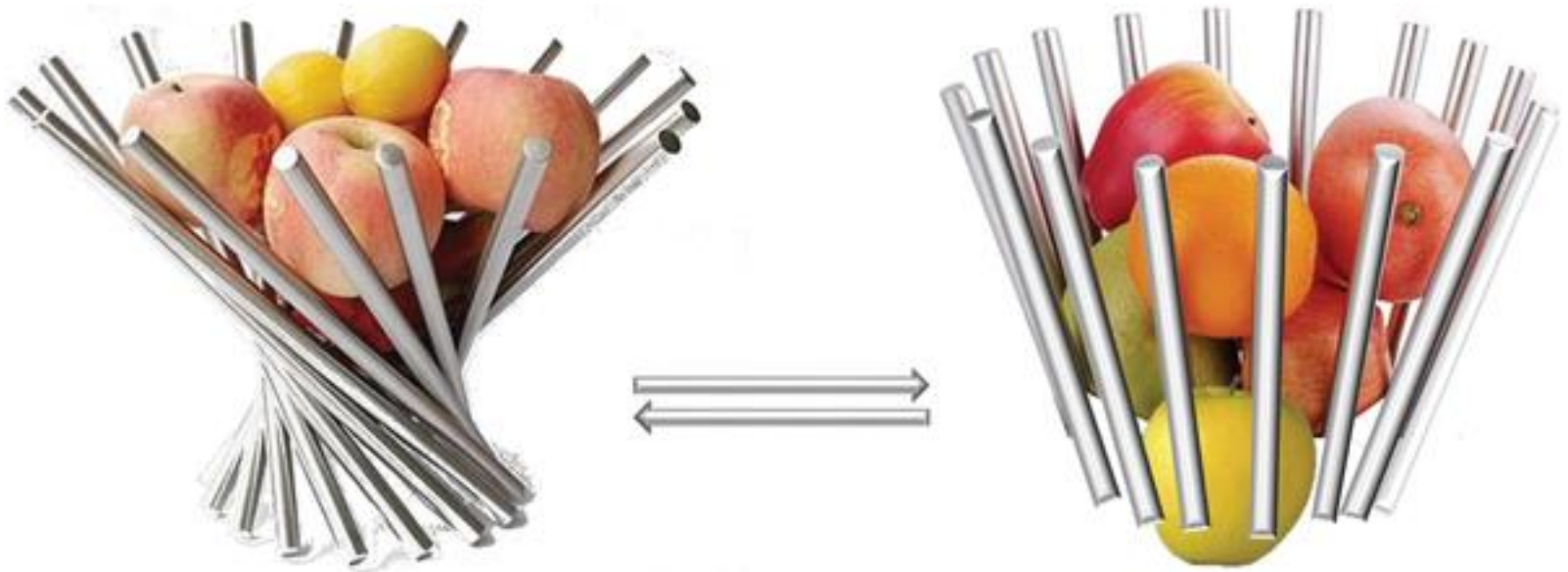
Exemples : neurones

jonction  
neuromusculaire

rétine

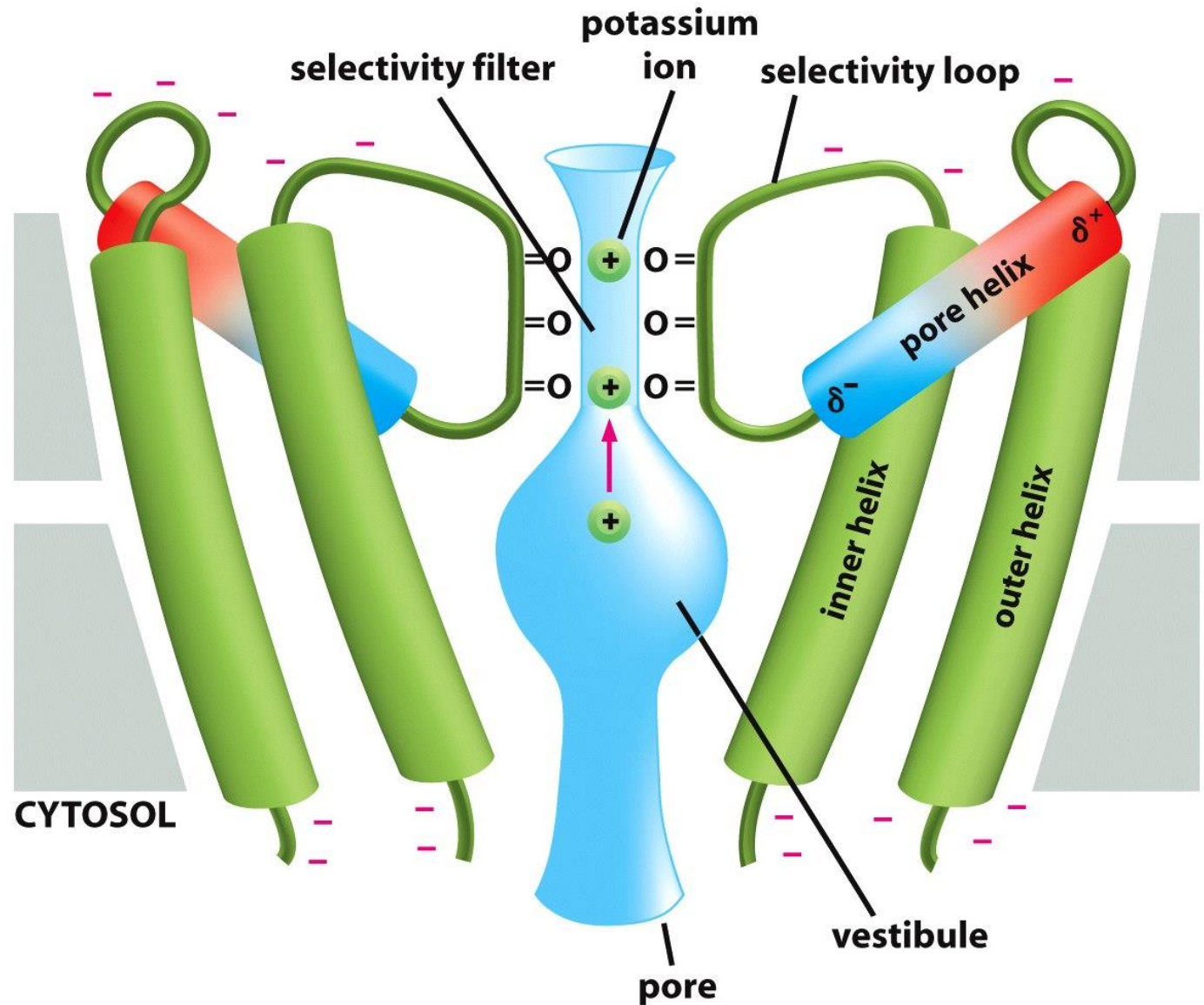
oreille interne

**Fig 8. Metaphoric representation of channel gating in a hNMDAR receptor.**



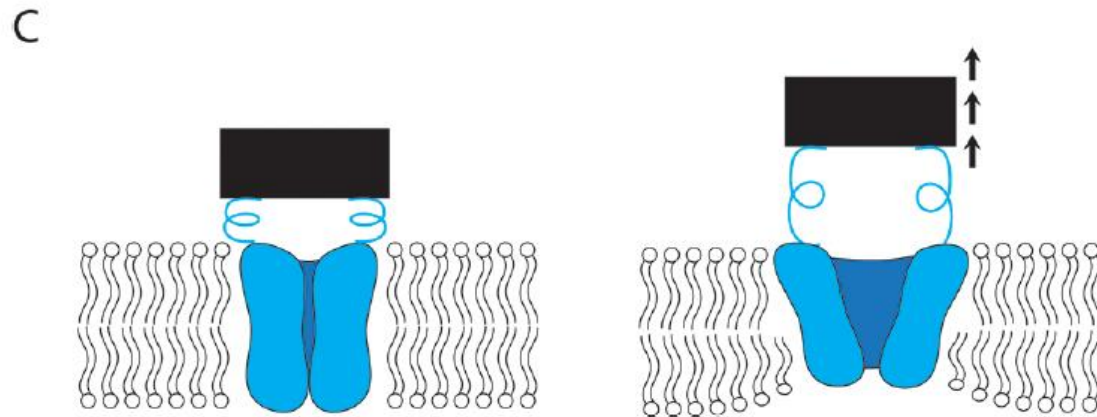
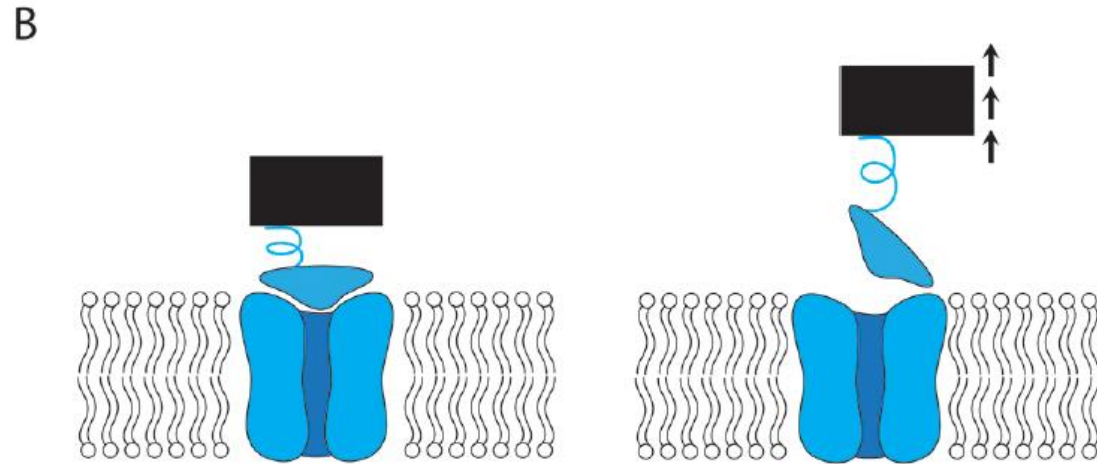
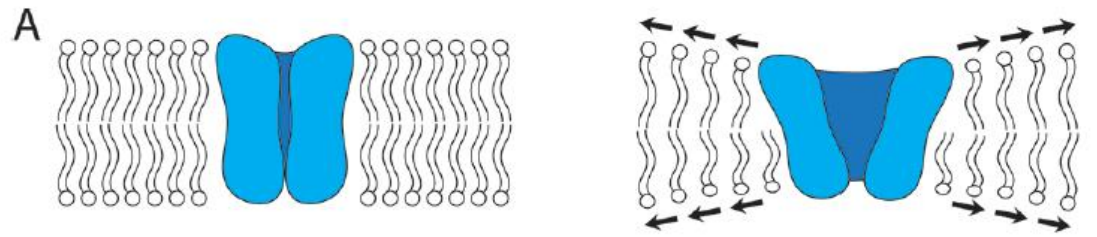
Palmai Z, Houenoussi K, Cohen-Kaminsky S, Tchertanov L (2018) How does binding of agonist ligands control intrinsic molecular dynamics in human NMDA receptors?. PLOS ONE 13(8): e0201234. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201234>  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0201234>

# La sélectivité des canaux est assuré par leur pore étroit

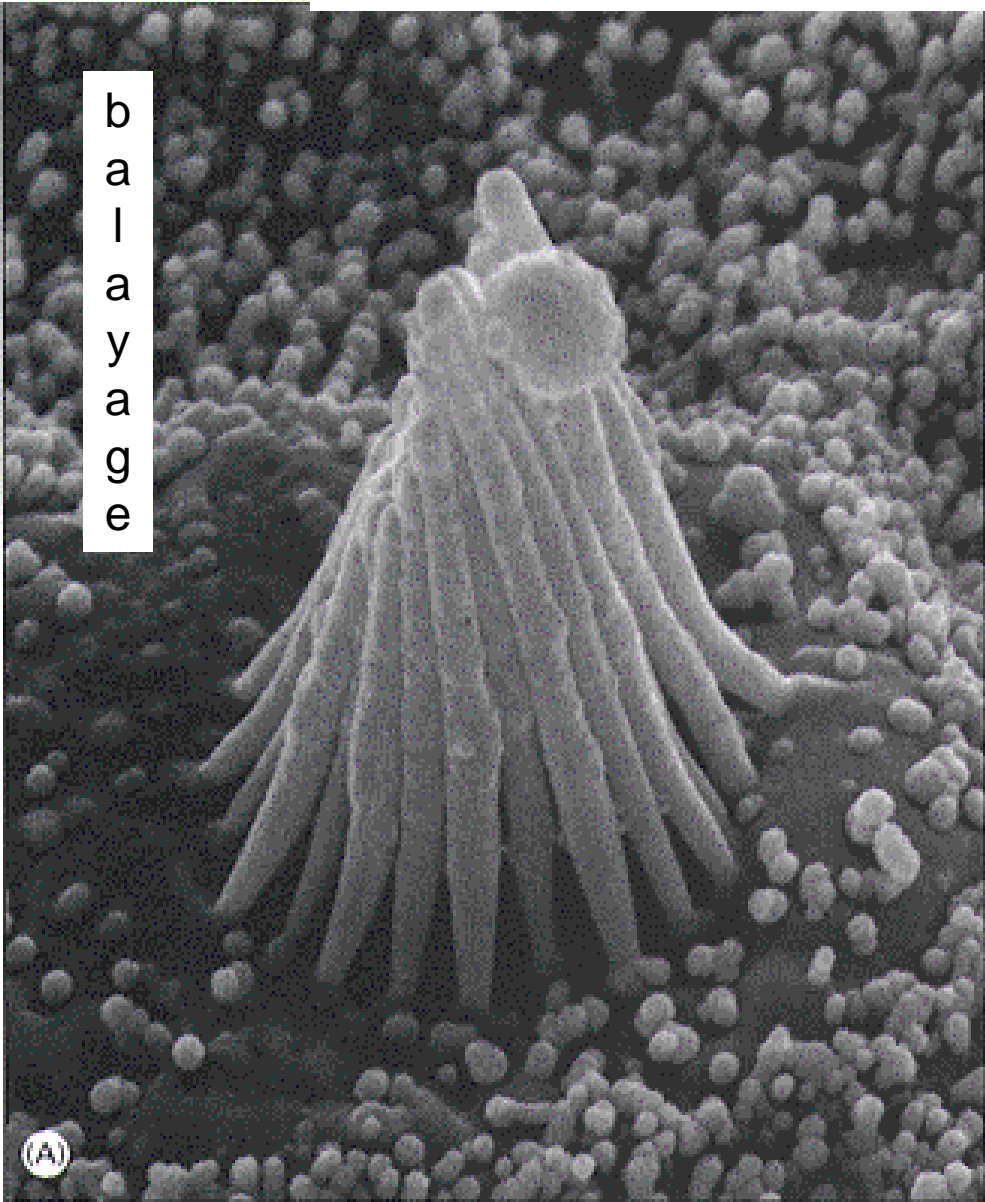


# Les canaux mécanosensibles, mécanismes d'ouverture

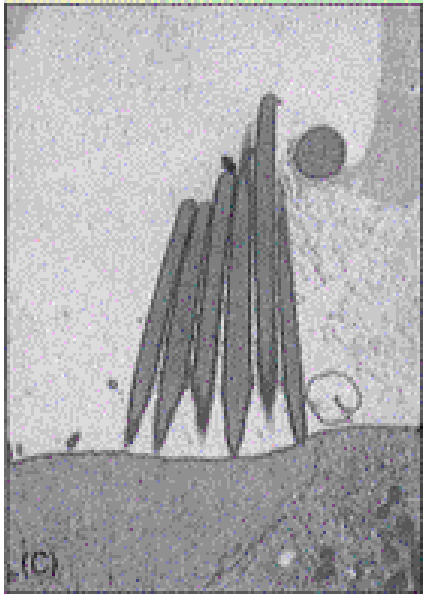
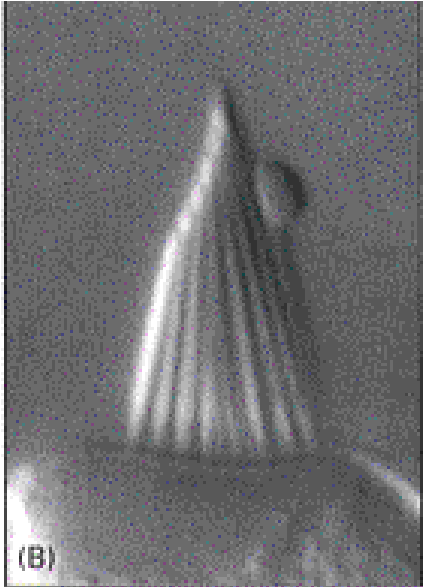
- Canaux mécanosensibles :
- bactéries, animaux, plantes...
  - Rôles variables
  - Conductances variables (100 pS à 3 nS)
  - Sélectivité faible ou modérée



# Microscopie -Images



b  
a  
l  
a  
y  
a  
g  
e



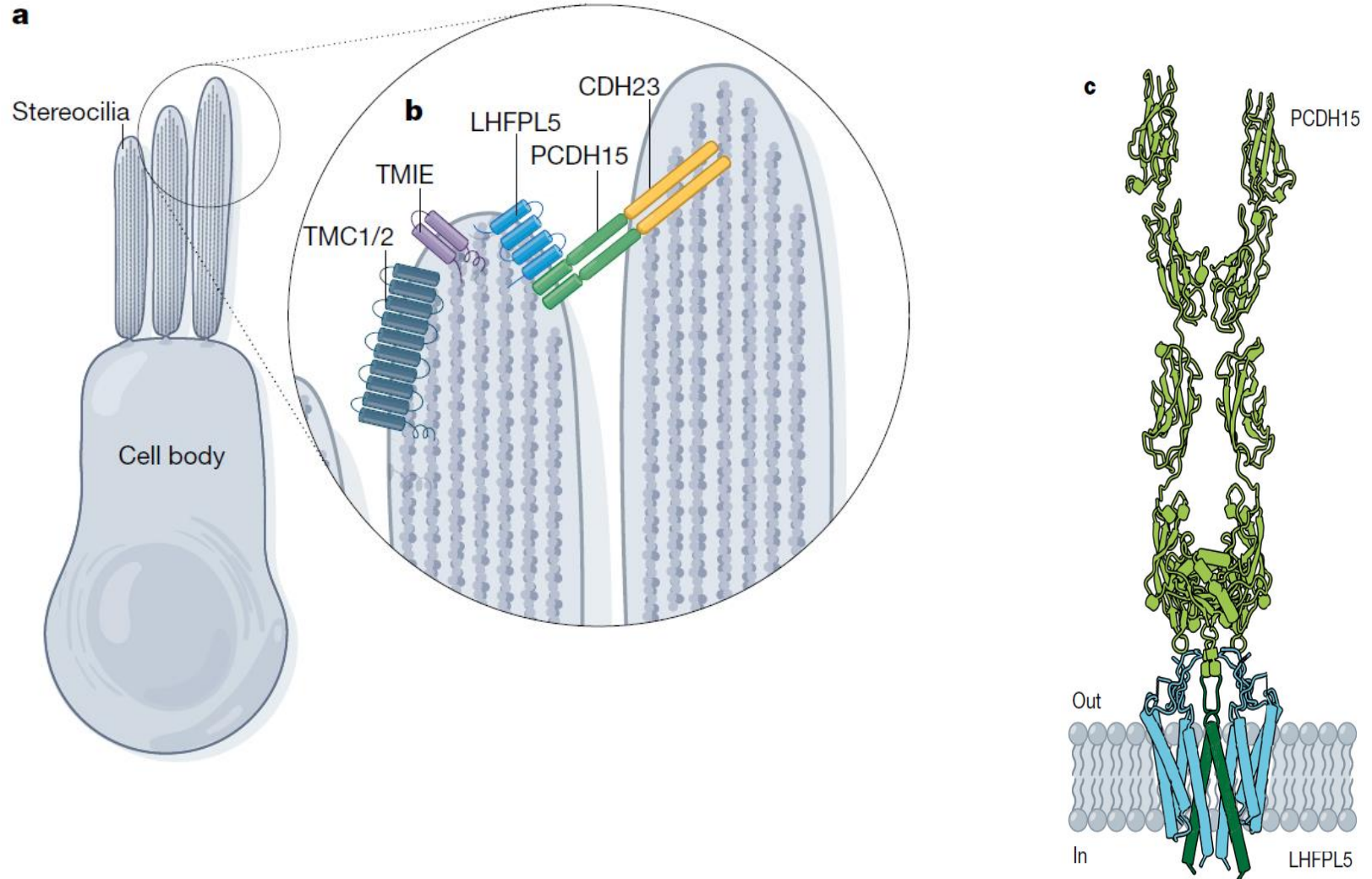
Optique  
DIC

transmission

From The Art of MBoC © Garland Publishing, Inc.

9

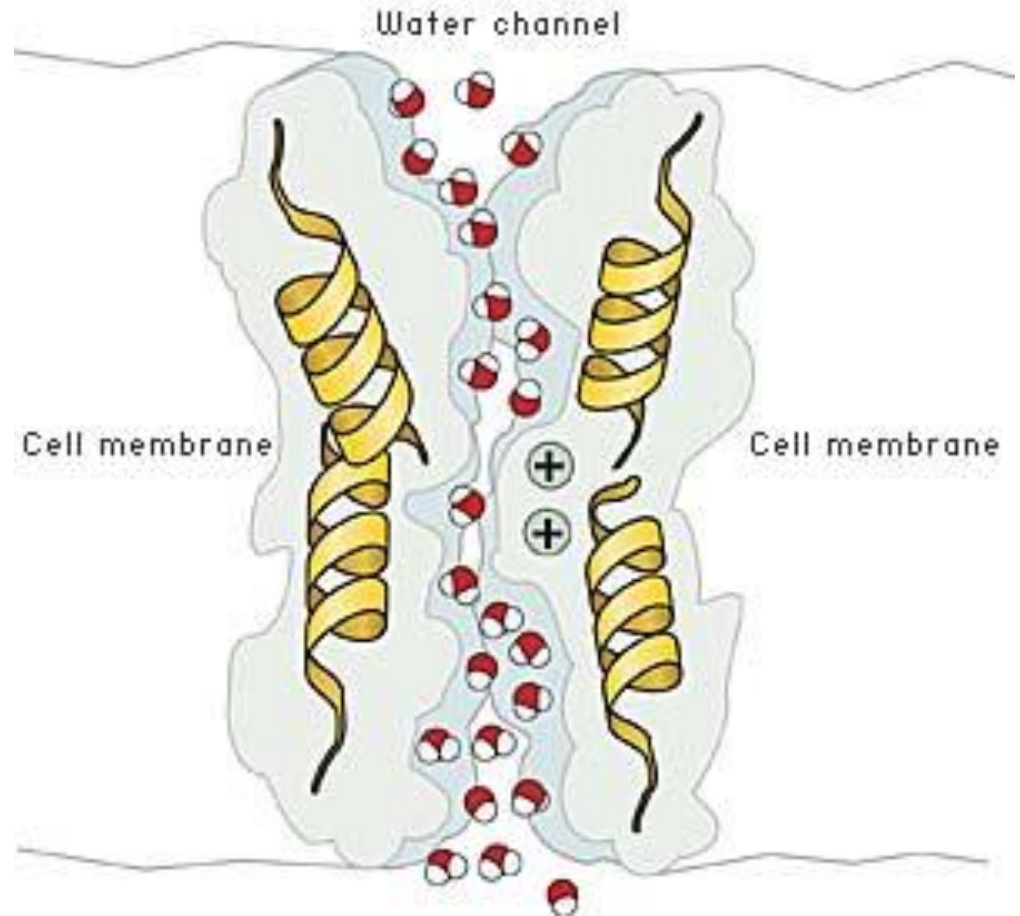
# Canaux mécano-sensibles dans l'oreille interne



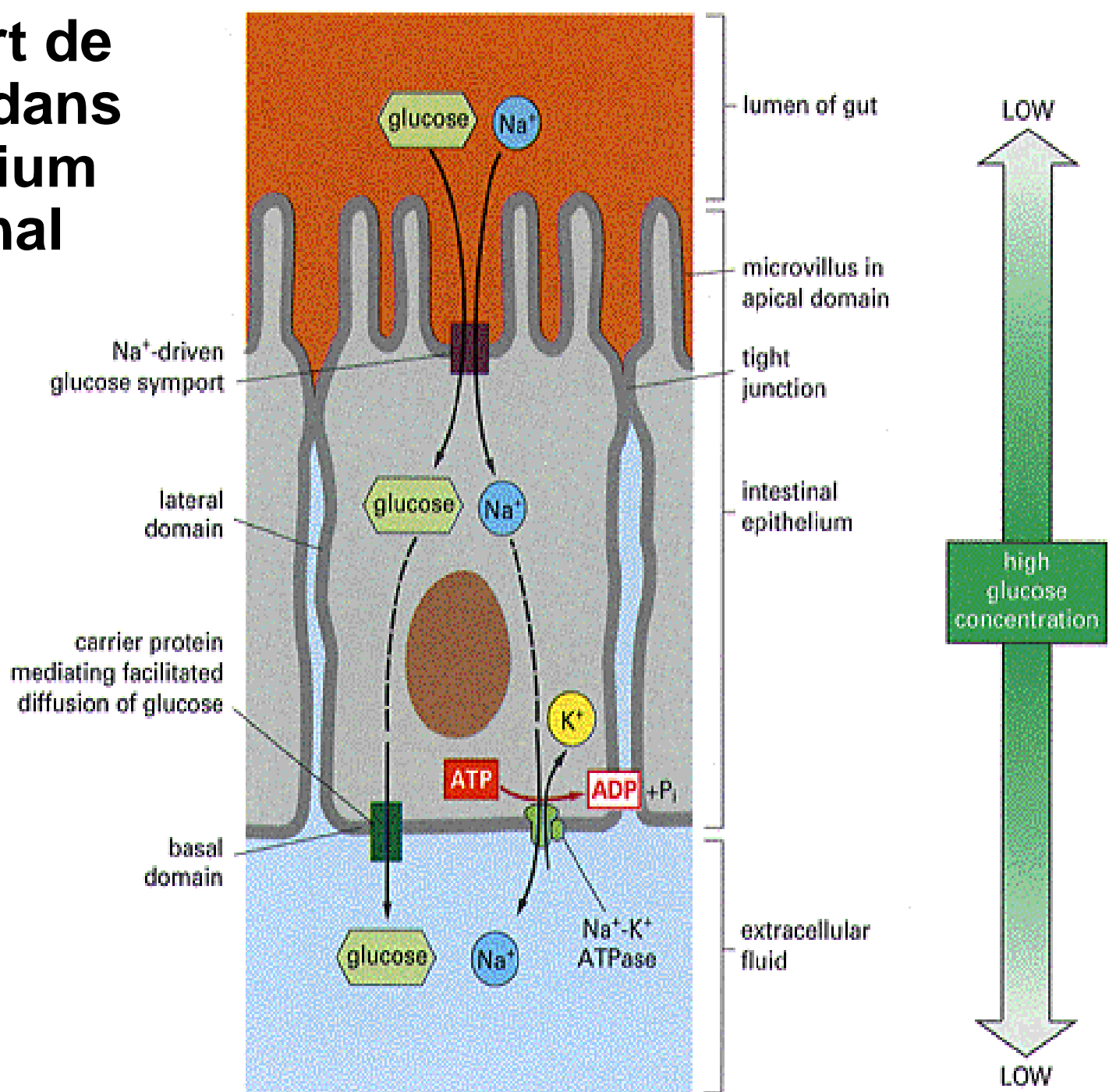
# Aquaporines – canaux à eau

aquaporines :

- de nombreuses gènes, procaryotes et eucaryotes
- Sélectif pour  $H_2O$
- Aucun ion transporté
- Pore très étroit
- Charge positives bloquent  $H^+$
- Abondant dans cellules à fort besoin de transport d'eau, ex. reins ou vacuole cellule végétale



# Transport de glucose dans l'épithélium intestinal





# Résumé

## Les phénomènes de transport cellulaires

- Les membranes séparent et protègent l'intérieur et l'extérieur des cellules et de leurs compartiments
- Des mécanismes de transport à travers les membranes :
  - la diffusion simple (molécules hydrophobes)
  - la diffusion facilité
  - le transport actif
- Diffusion facilité et transport actif à l'aide de protéines :  
transporteurs et canaux ioniques
- Les transports sont régulés (ex canaux : voltage, ligands, mécanique) et souvent sélectifs
- au niveau de chaque cellule et pour chaque molécule transporté de multiples mécanismes de transport interagissent

# Questions pour aller plus loin

- Quelle est la taille d'une cellule eucaryote, d'une bactérie, d'un virus, d'une protéine respectivement?
- Quelles sont les limites de résolution de la microscopie photonique et de la microscopie électronique?
- Quelle est la durée des événements cellulaires suivants : la multiplication d'une cellule, la synthèse d'une protéine, l'exocytose dans un synapse, la durée de vie d'une hématie?
- Qu'est-ce qu'on appelle un ionophore? Quelle est la différence entre un ionophore et un canal ionique?