

Les phénomènes de transport cellulaires

Oliver Nüsse

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

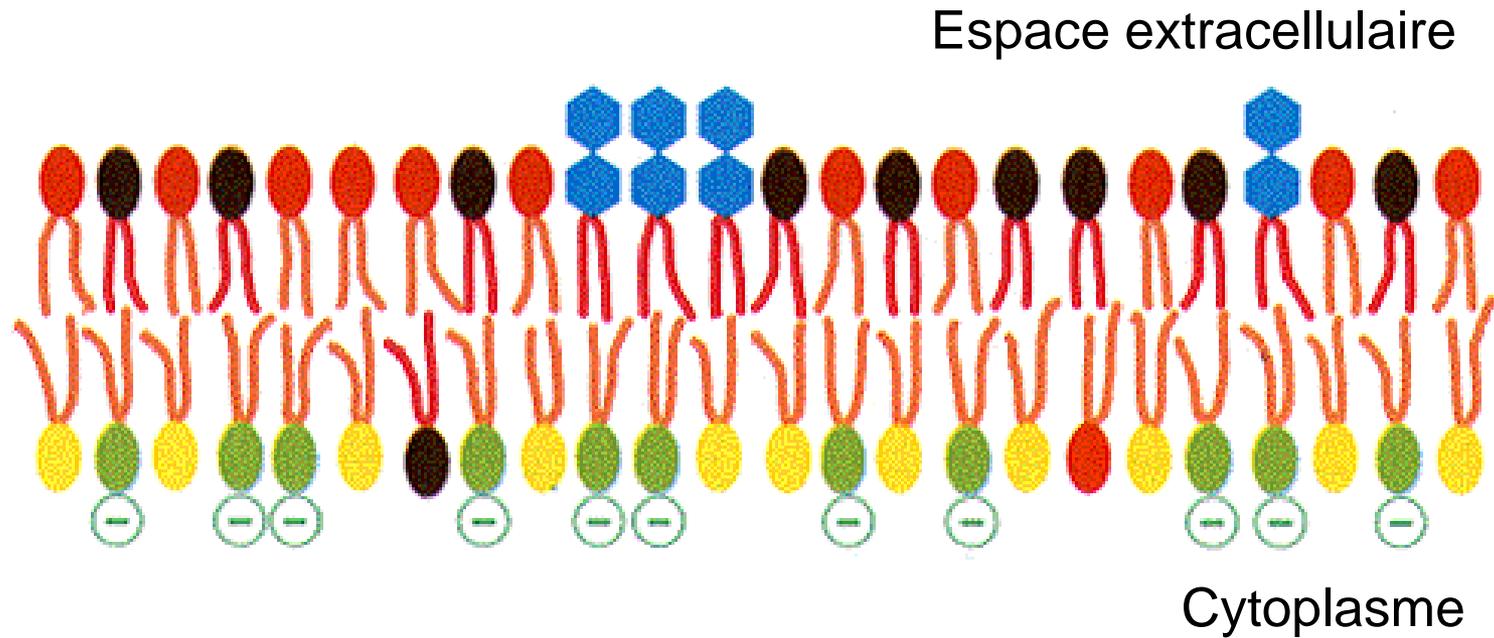
Licence de Biologie, L3, UE « Dynamique Cellulaire » 2024/2025

Propriétés des membranes biologiques

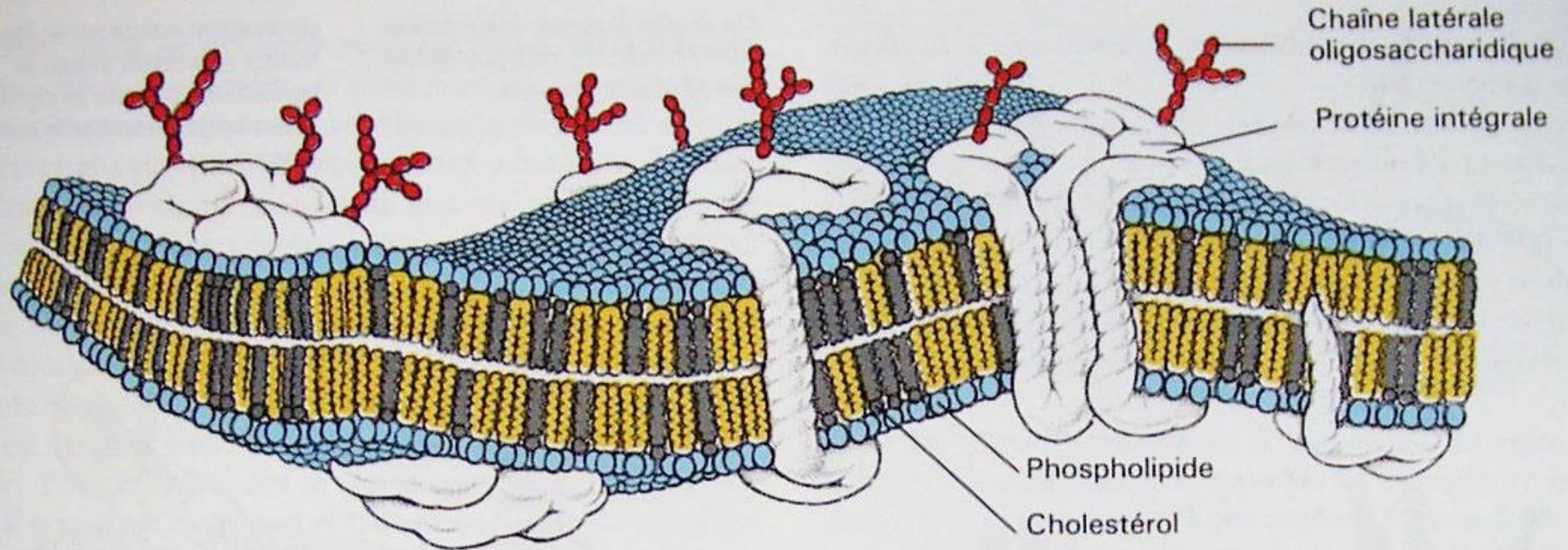
- Flexible
- Semi perméable
- Mécanismes de transport
- Asymétrique
- Protéines membranaires
- Fusion et fission

Cours de biochimie

Asymétrie membranaire



Structure de la membrane plasmique



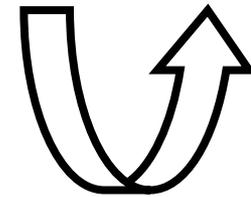
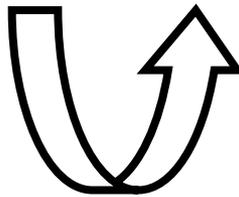
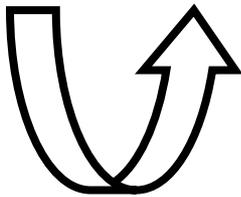
Les membranes biologiques sont imperméables pour les macromolécules

Protéines, polysaccharides

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

Glycogène,
amidon

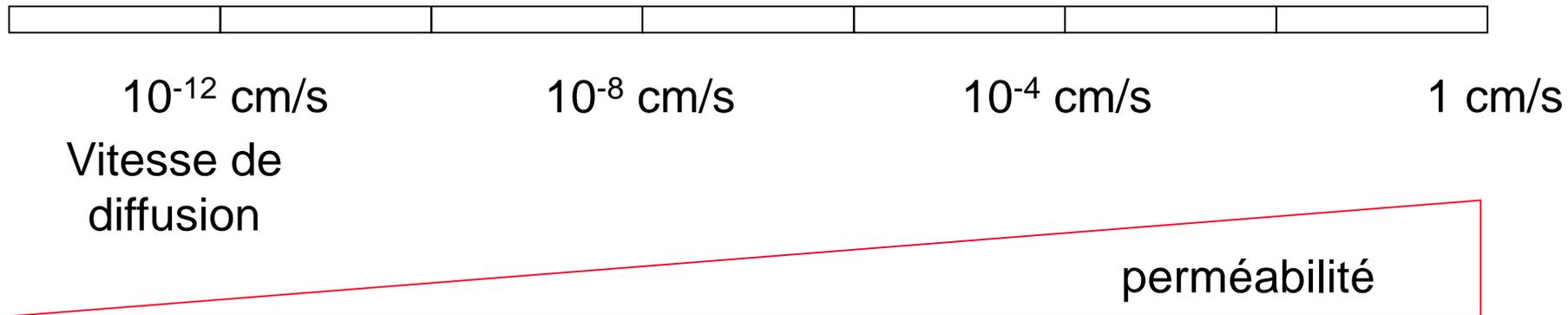
ARN, ADN
cellulaire, virale,
bactérienne



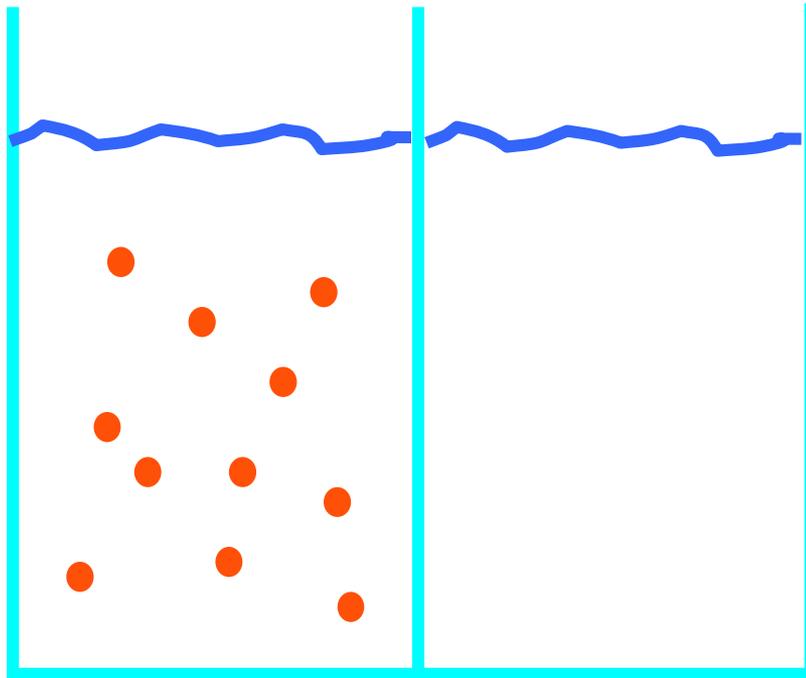
membrane

Perméabilité des membranes biologiques

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



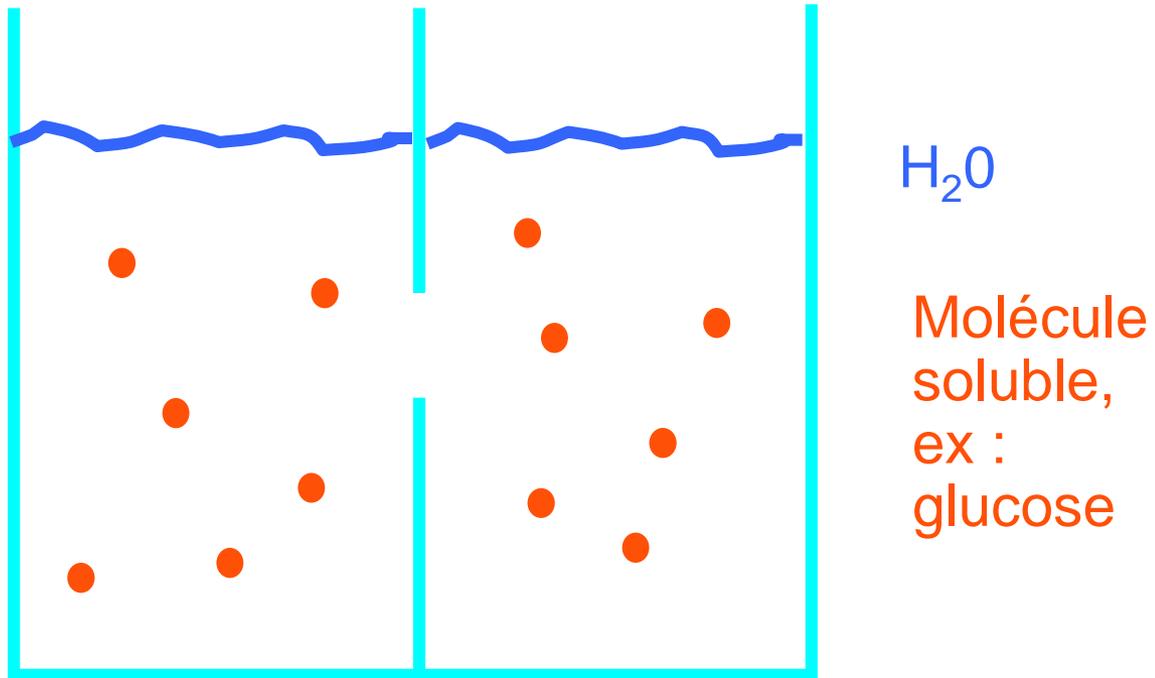
Diffusion



H₂O

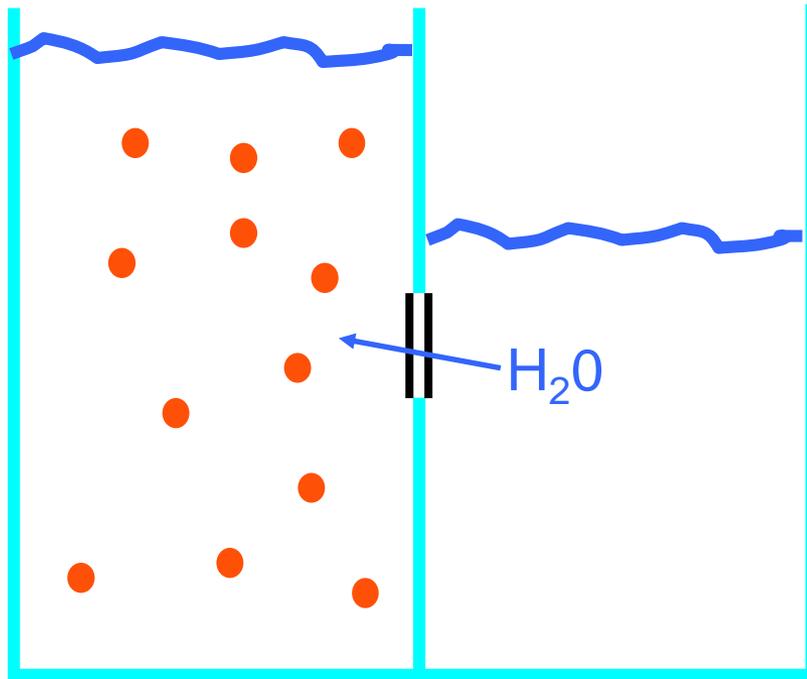
Molécule
soluble,
ex :
glucose

Diffusion



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

Osmose

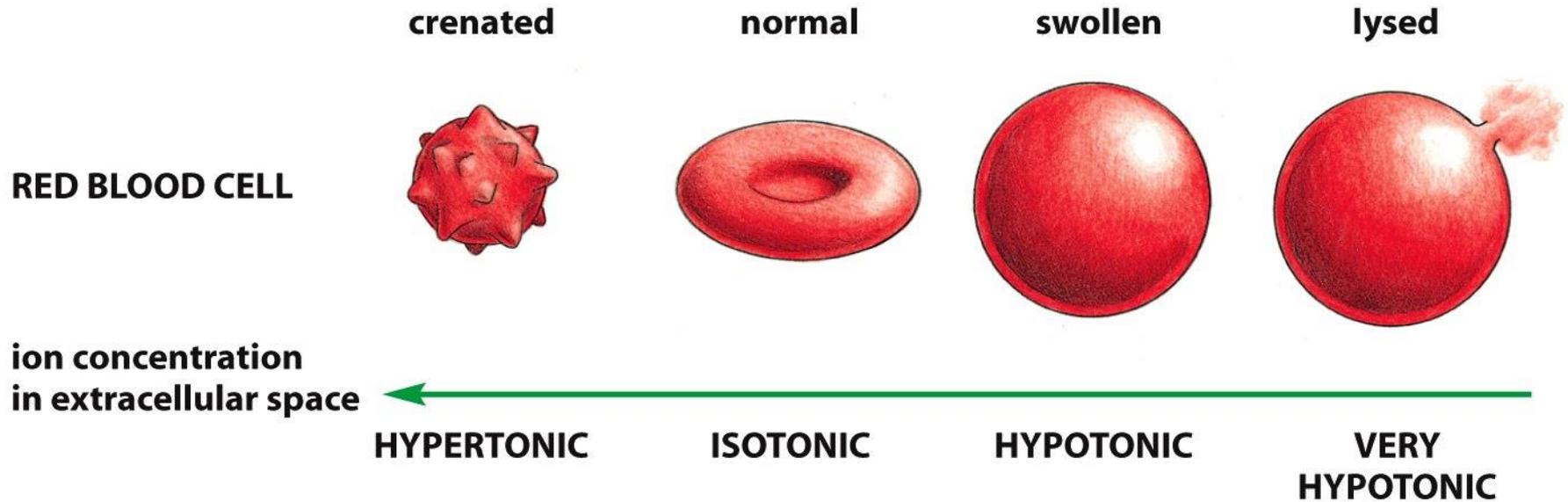


H_2O

Molécule soluble,
ex :
glucose

Membrane lipidique

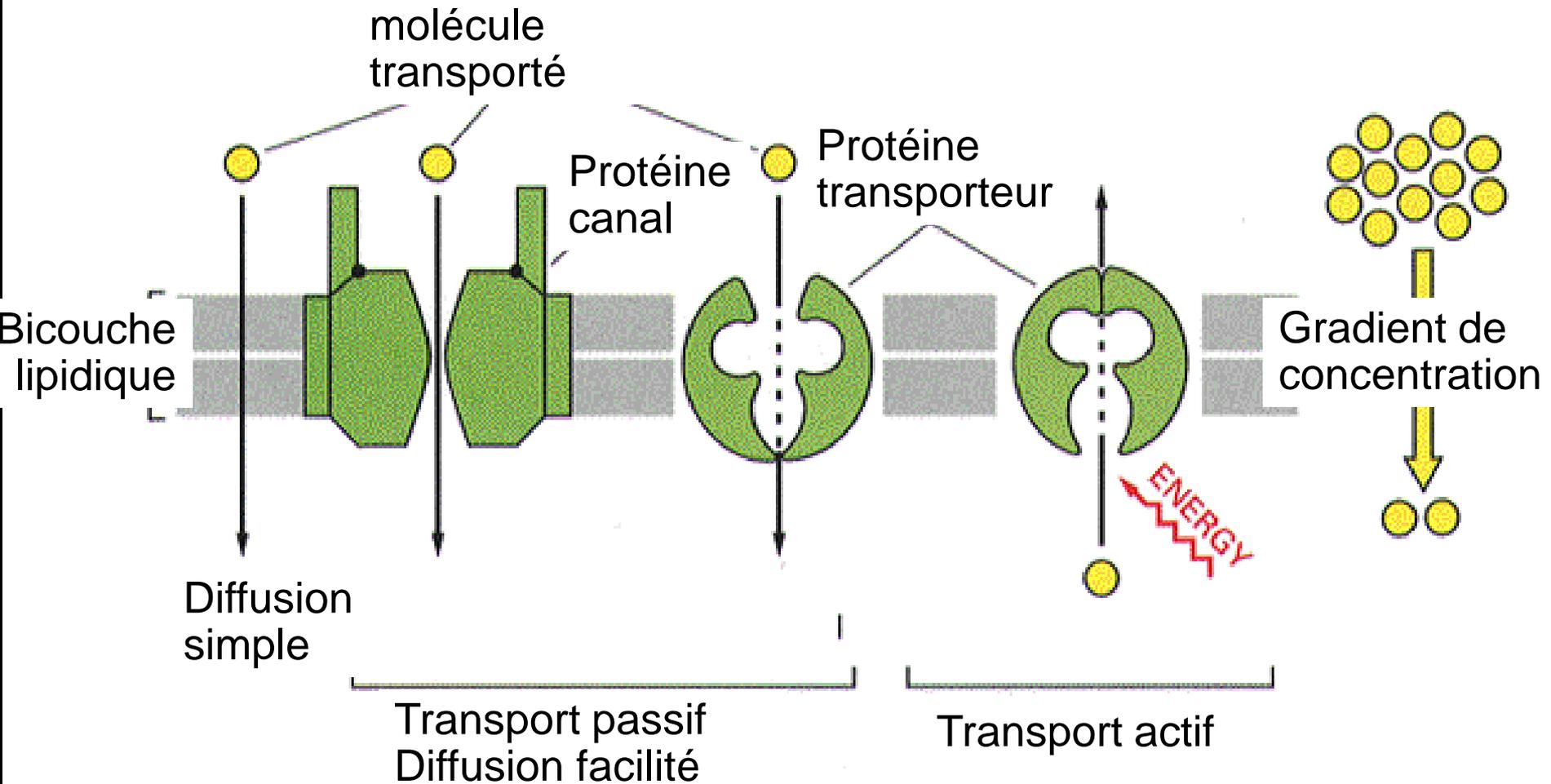
La réponse des globules rouges aux changement d'osmolarité extracellulaire



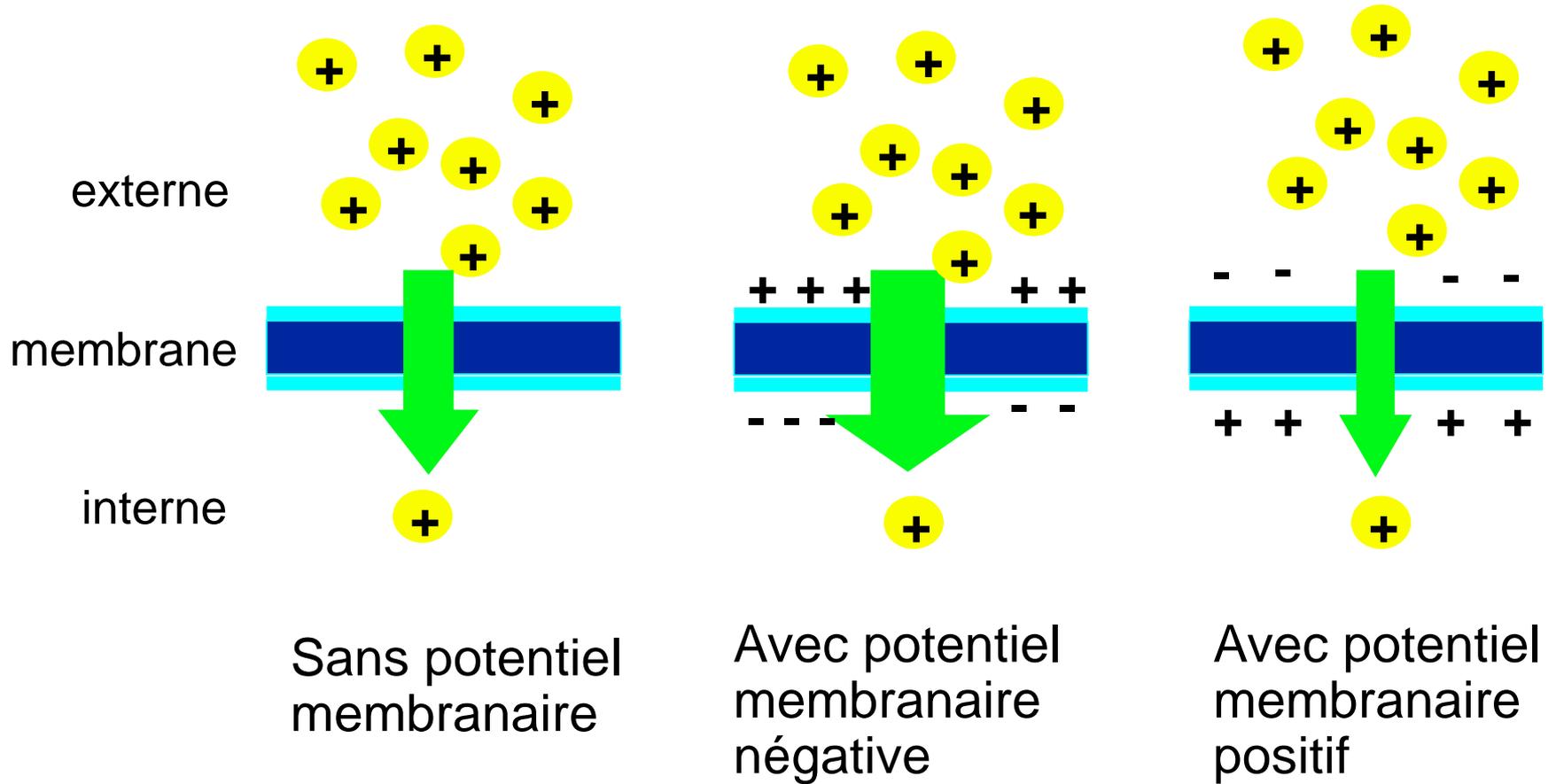
Transport et Énergie

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

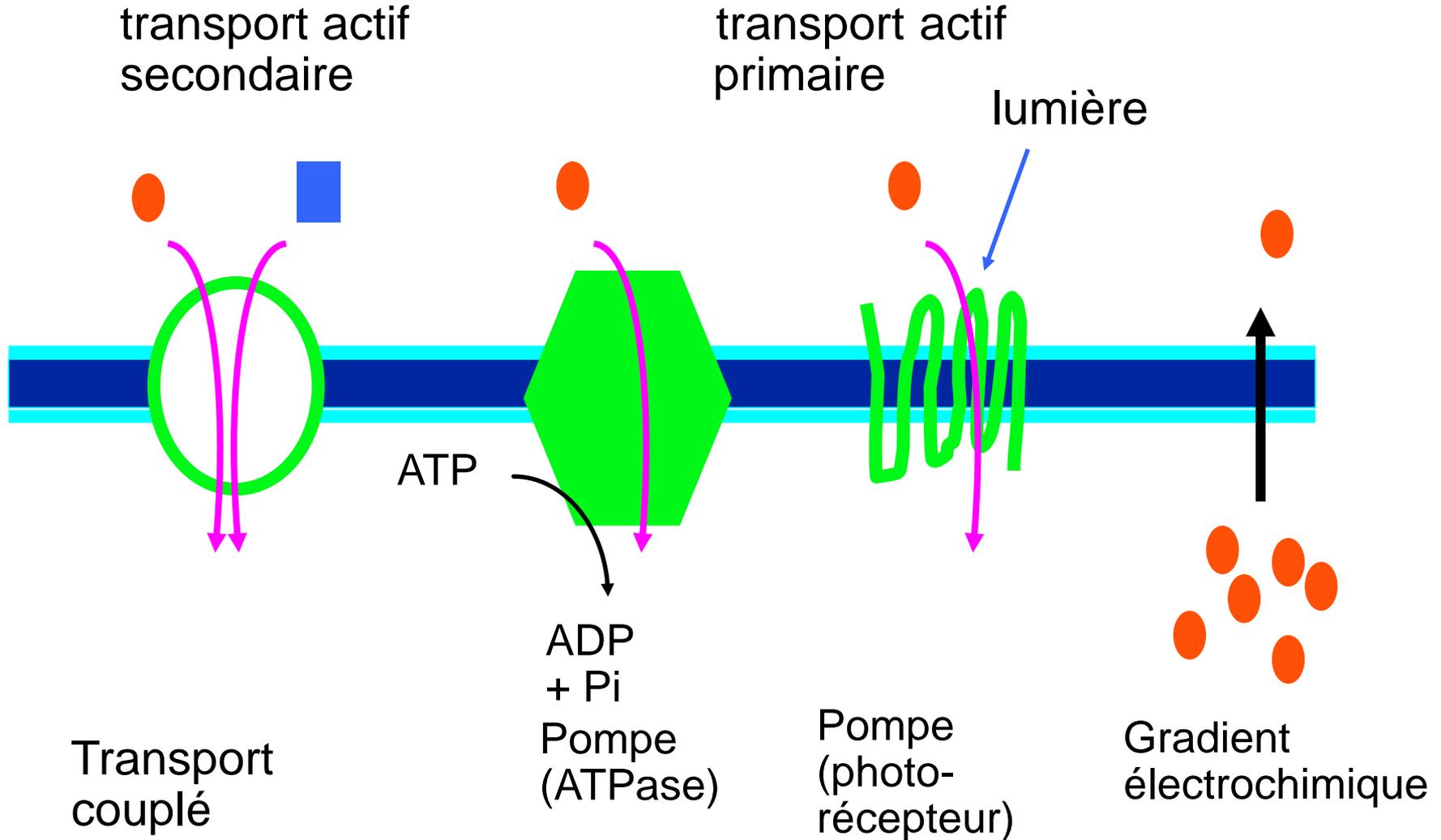
Les formes de transport membranaire



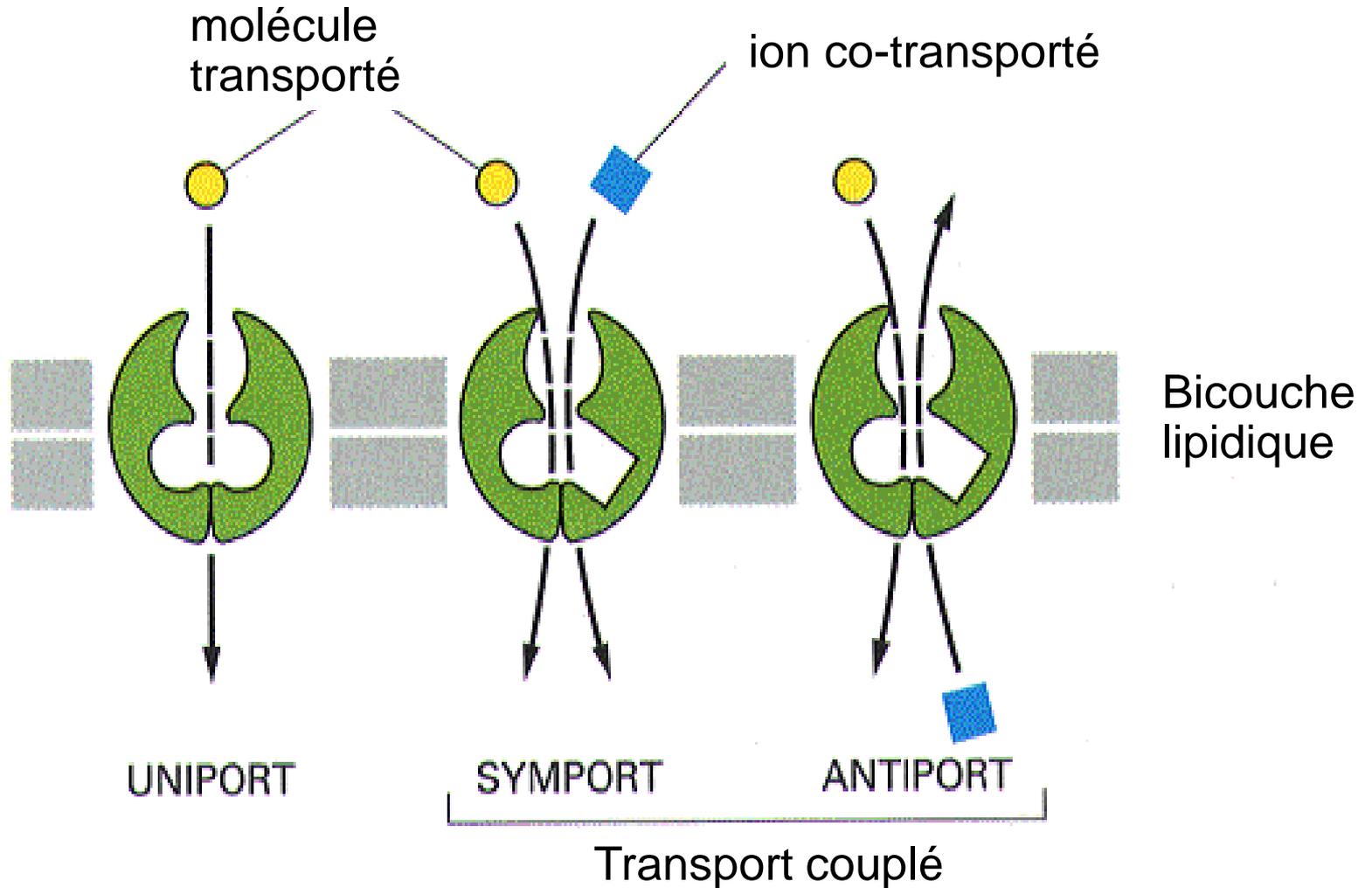
Gradient électrochimique



Transport actif - 3 méthodes



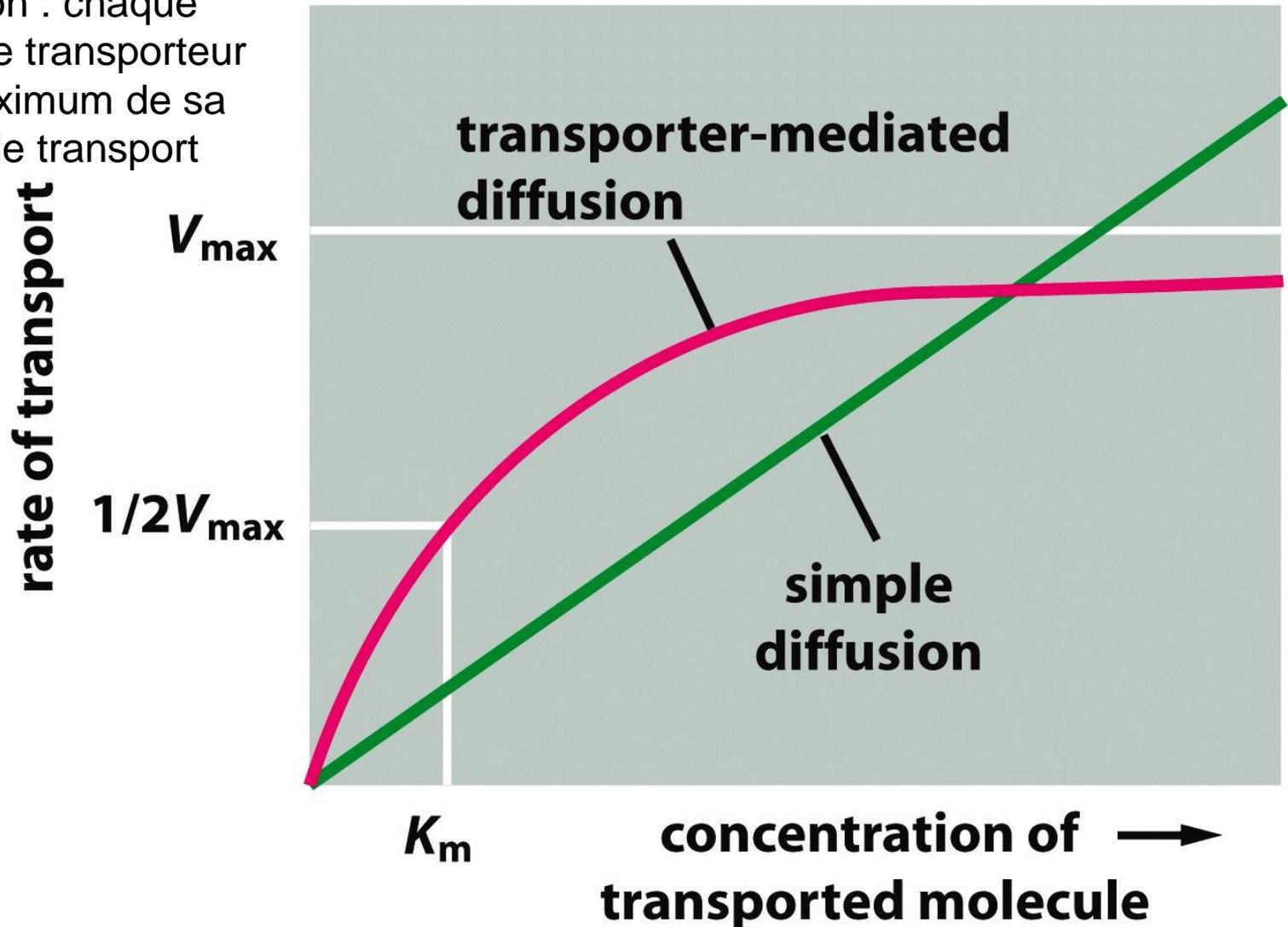
Les transporteurs



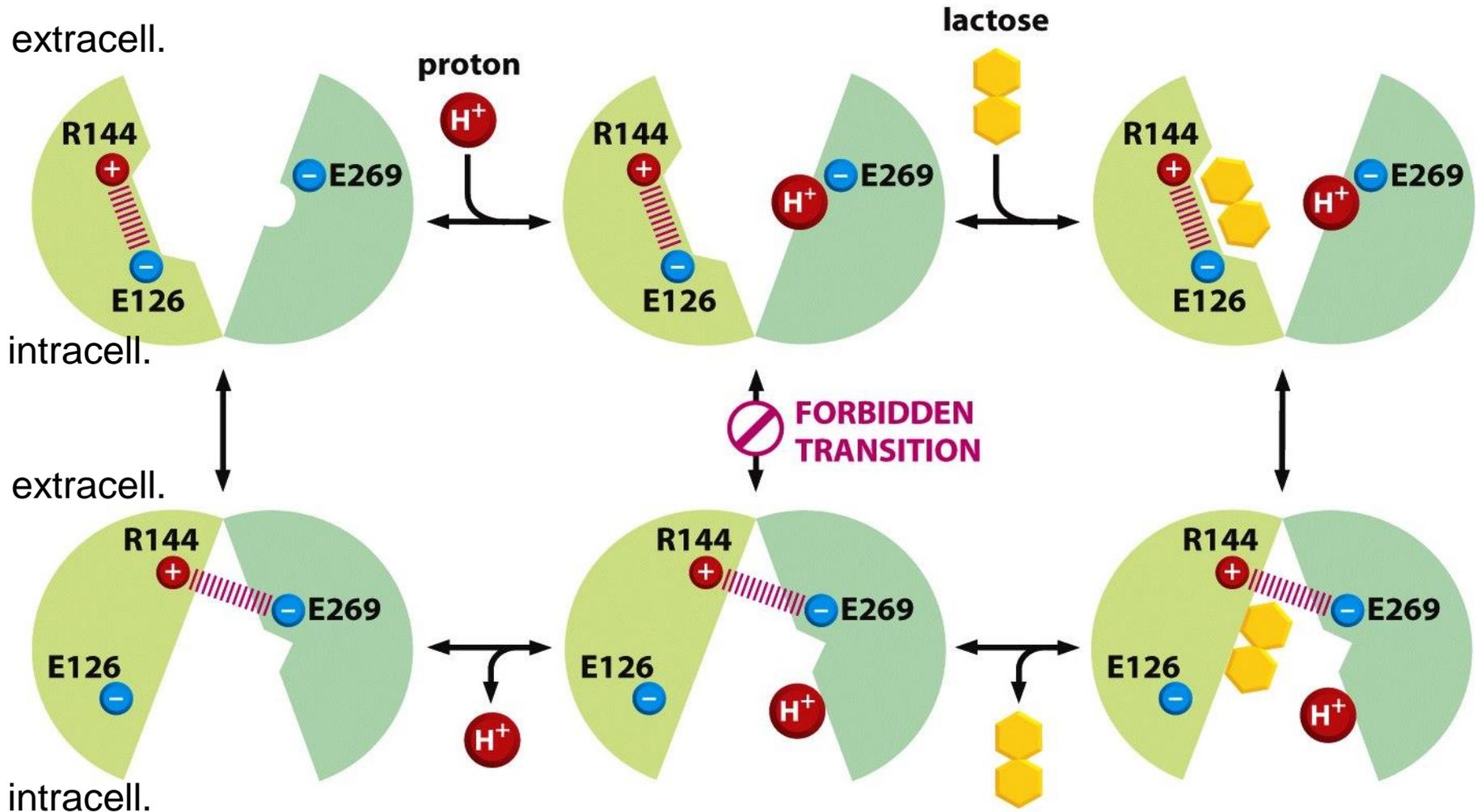
Les transporteurs sont des protéines qui assurent un transport actif ou passif

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

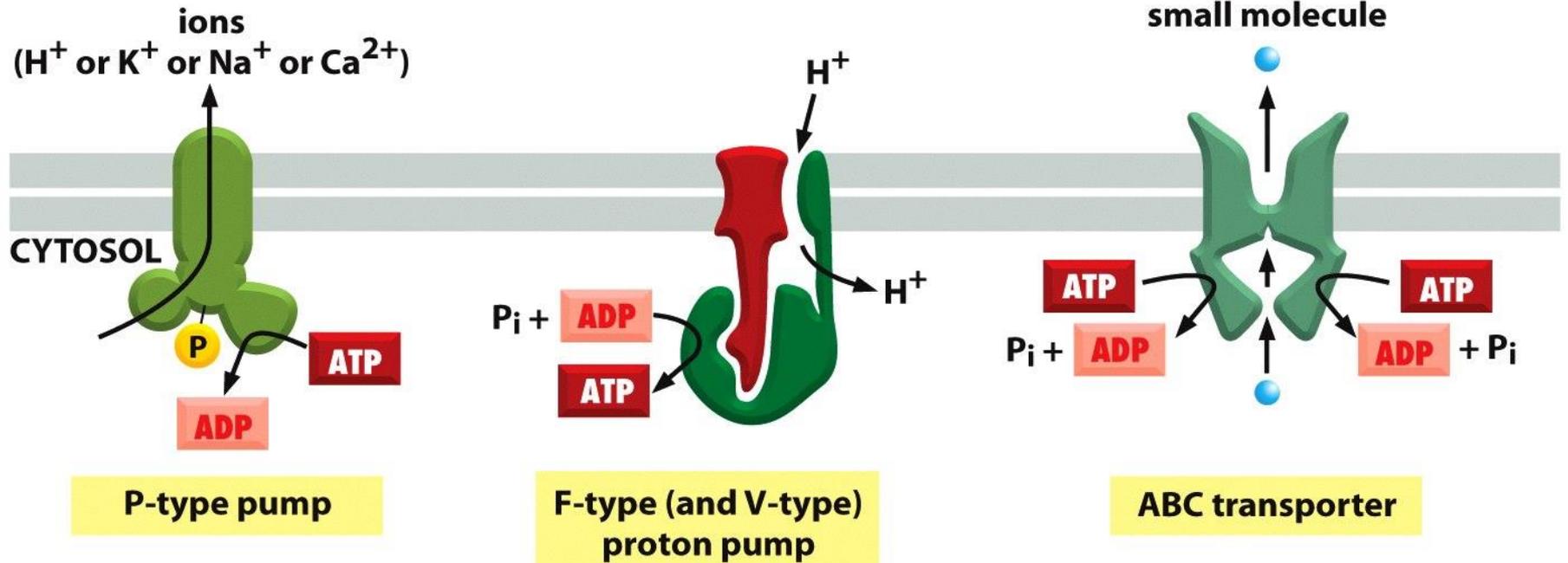
Saturation : chaque molécule de transporteur est au maximum de sa vitesse de transport



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

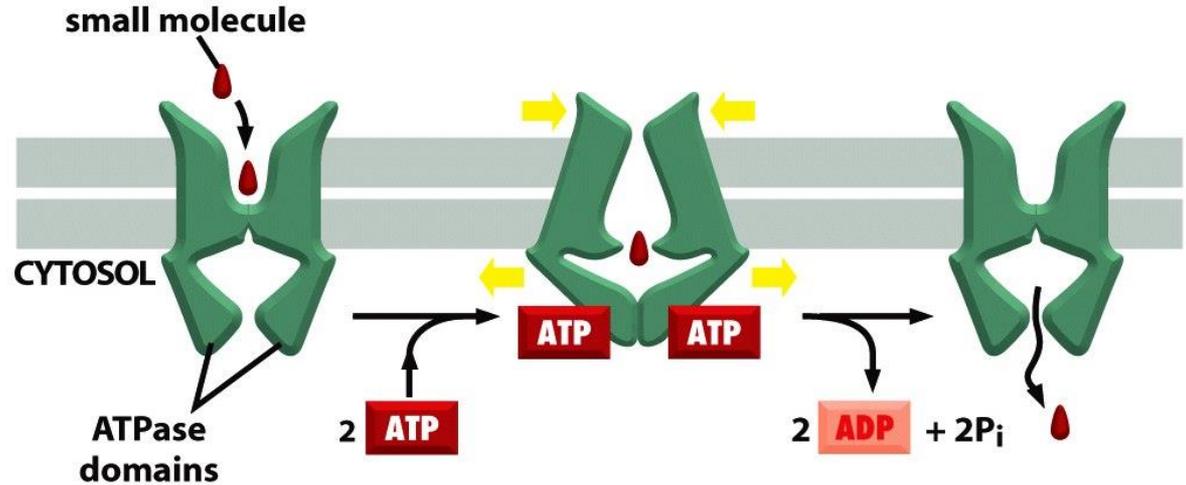
Transporteur ABC contient 2 « ATP-binding cassete »

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

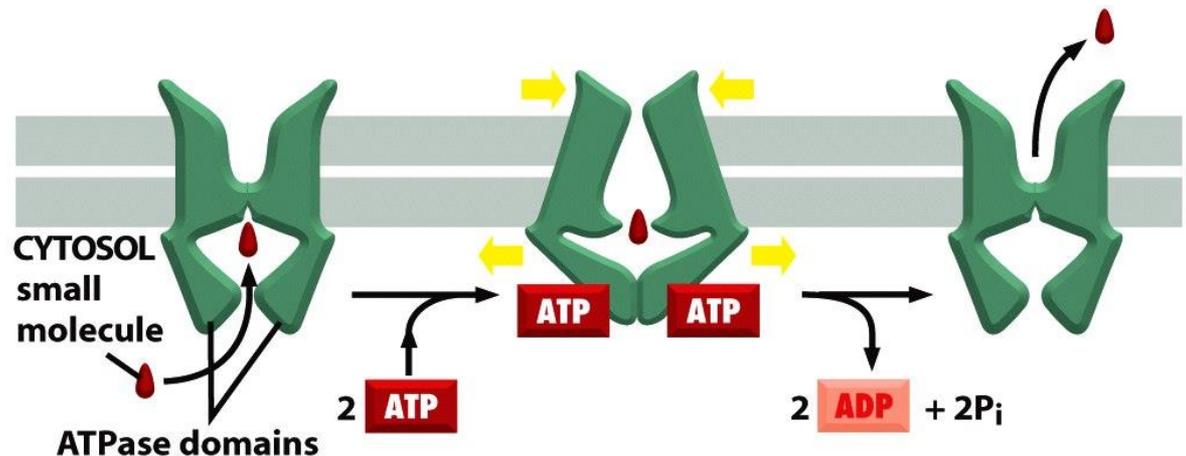
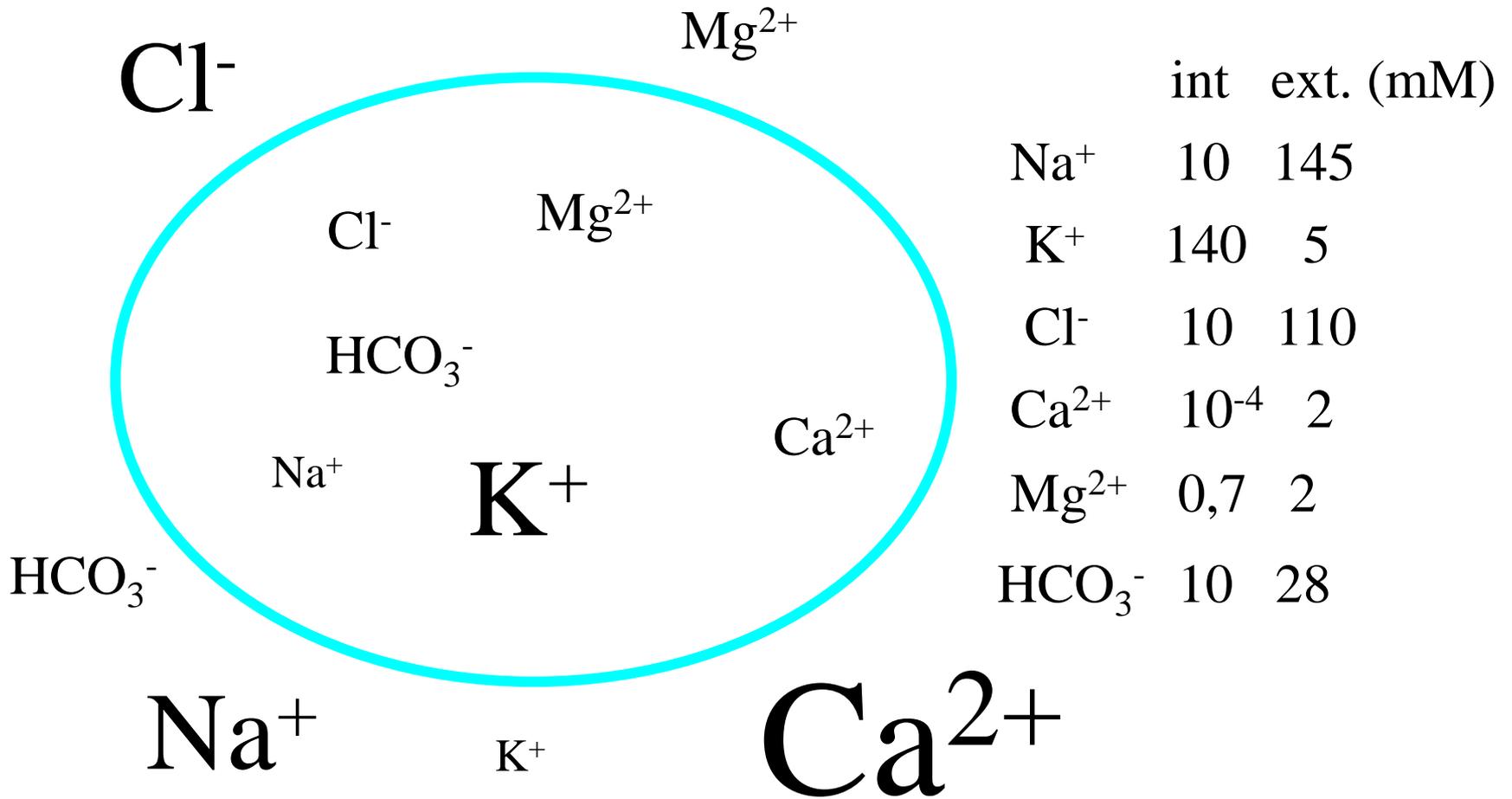
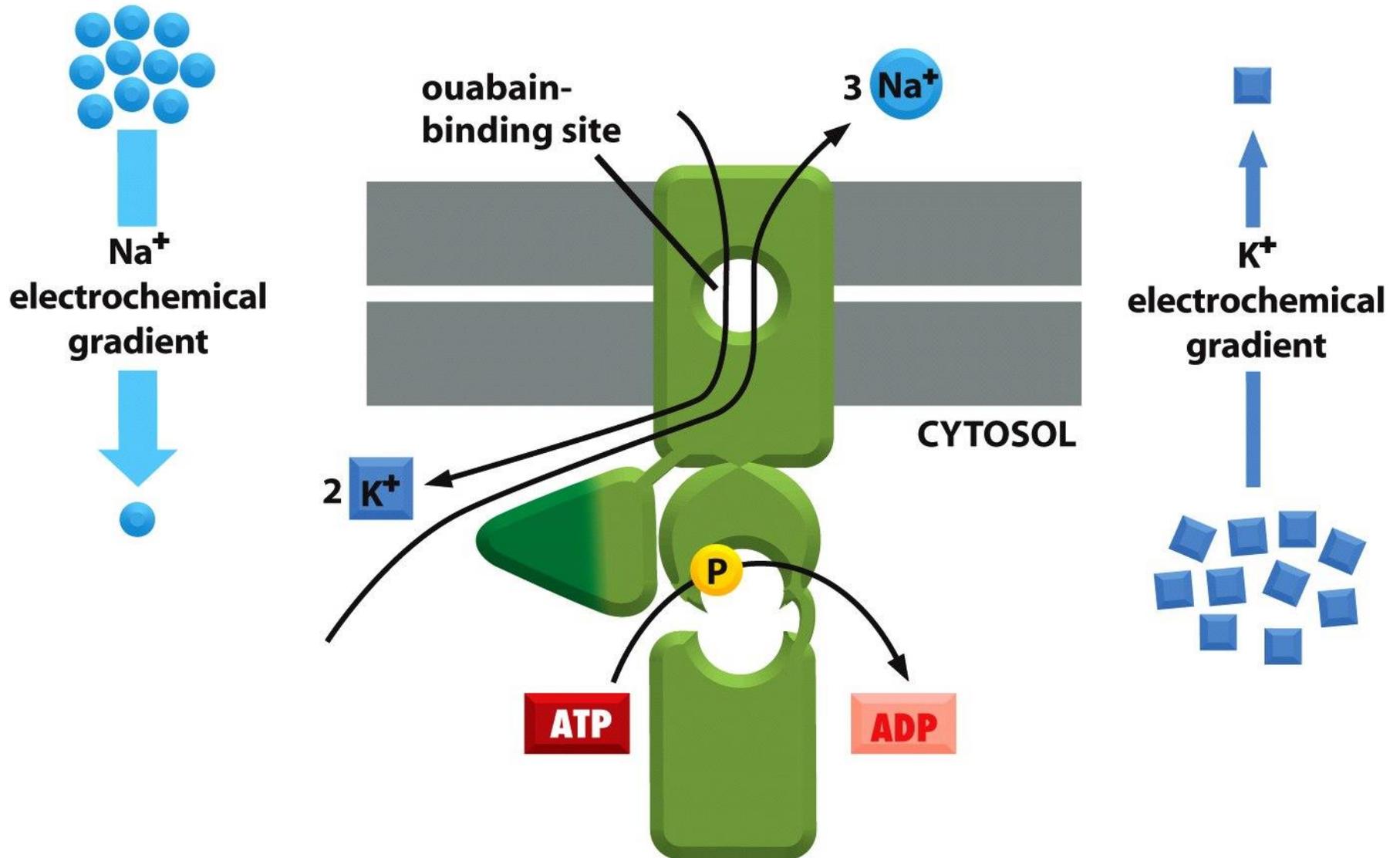


Figure 11-17 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

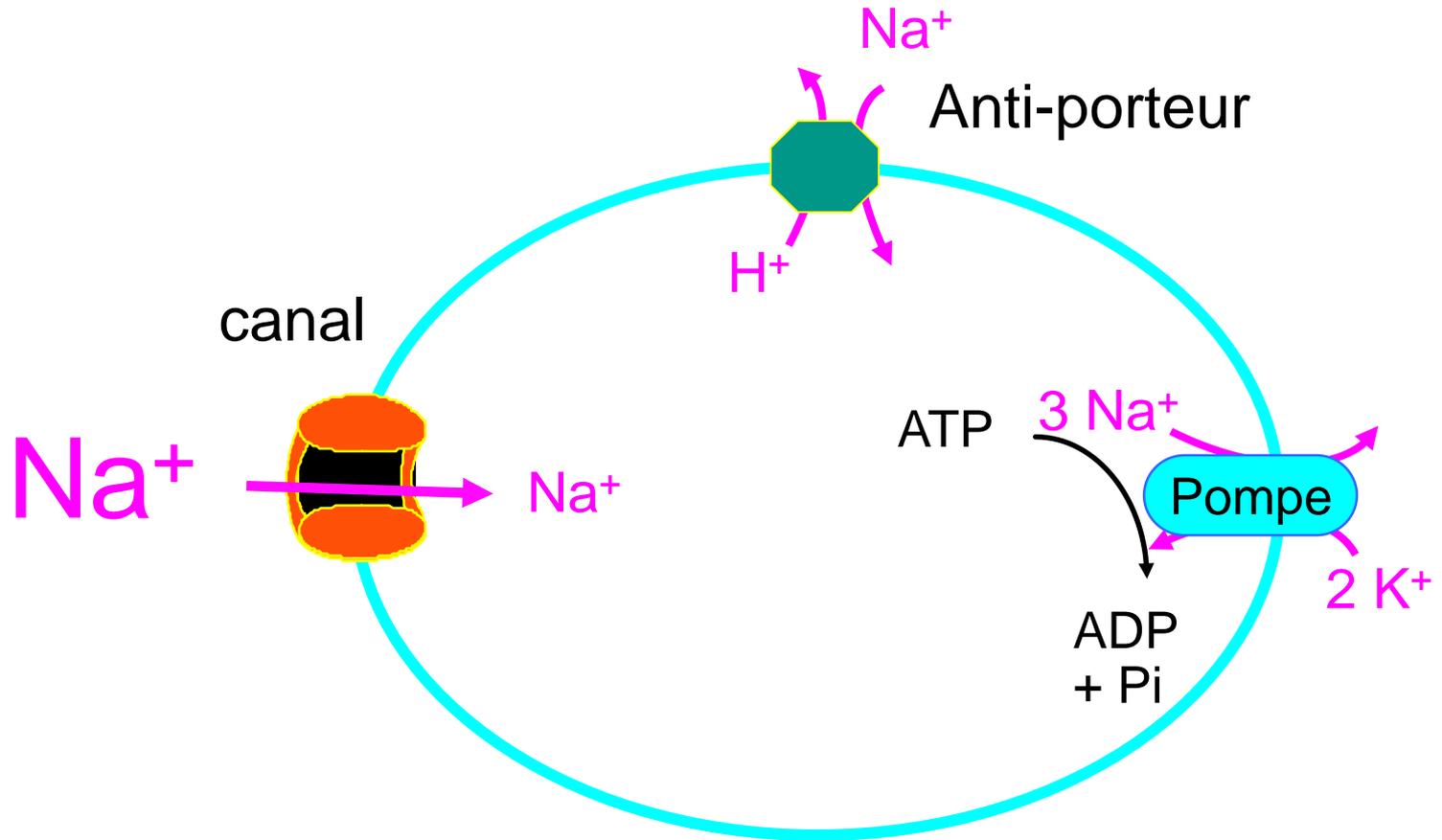
Les ions et la membrane cytoplasmique



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



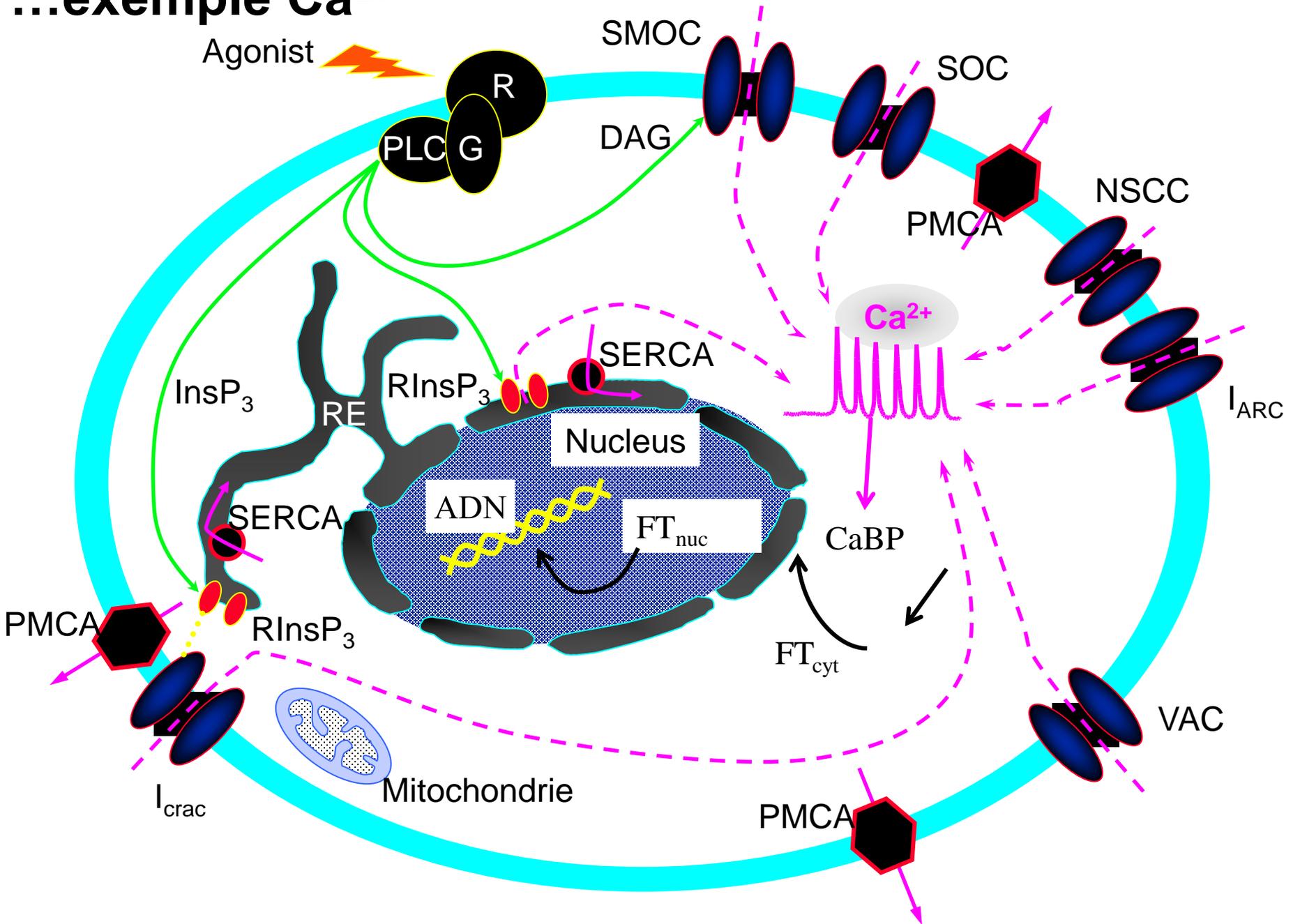
Le transport des ions exemple Na^+



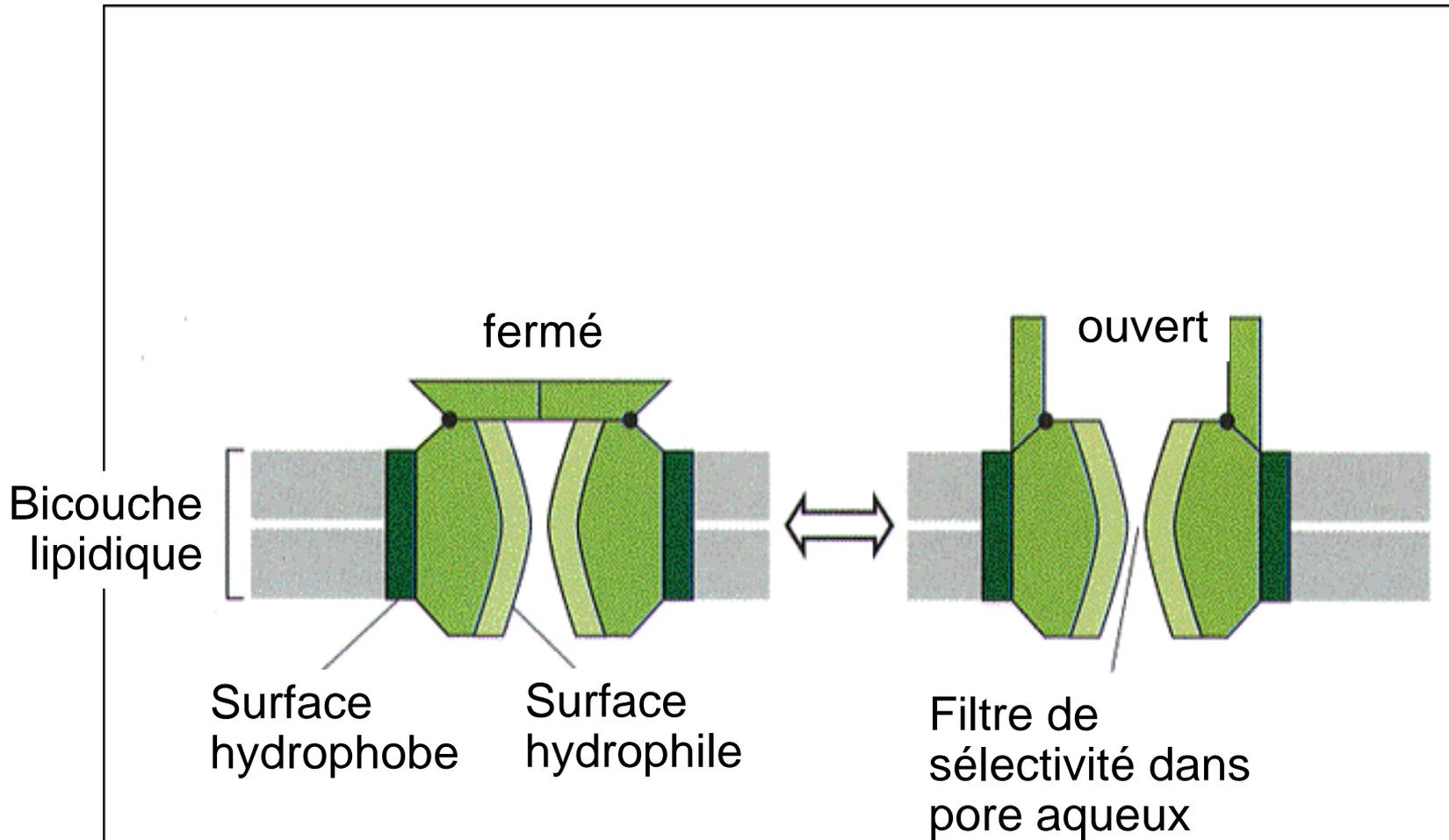
Plusieurs moyens de transport pour le même ion dans une même cellule

...exemple Ca^{2+}

Agonist



Les canaux ioniques s'ouvrent transitoirement



L'ouverture des canaux ioniques

Activation
par:

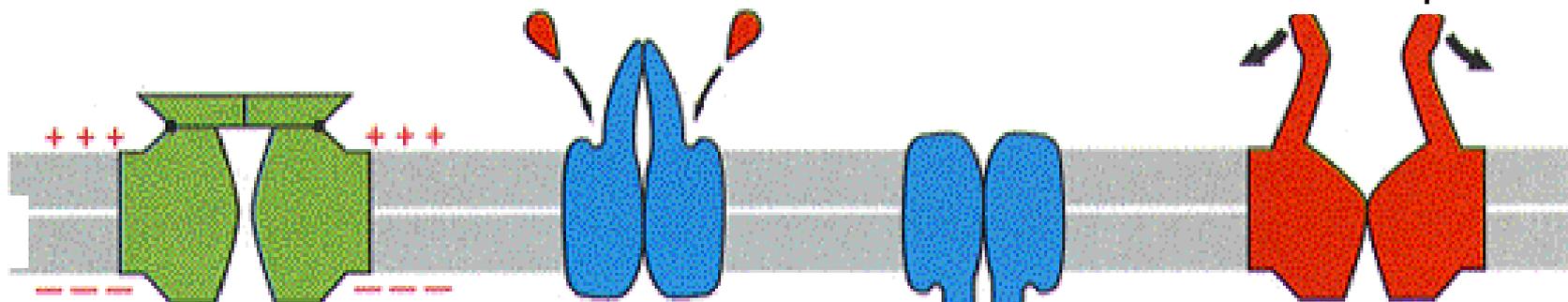
Voltage

Ligand
extracell.

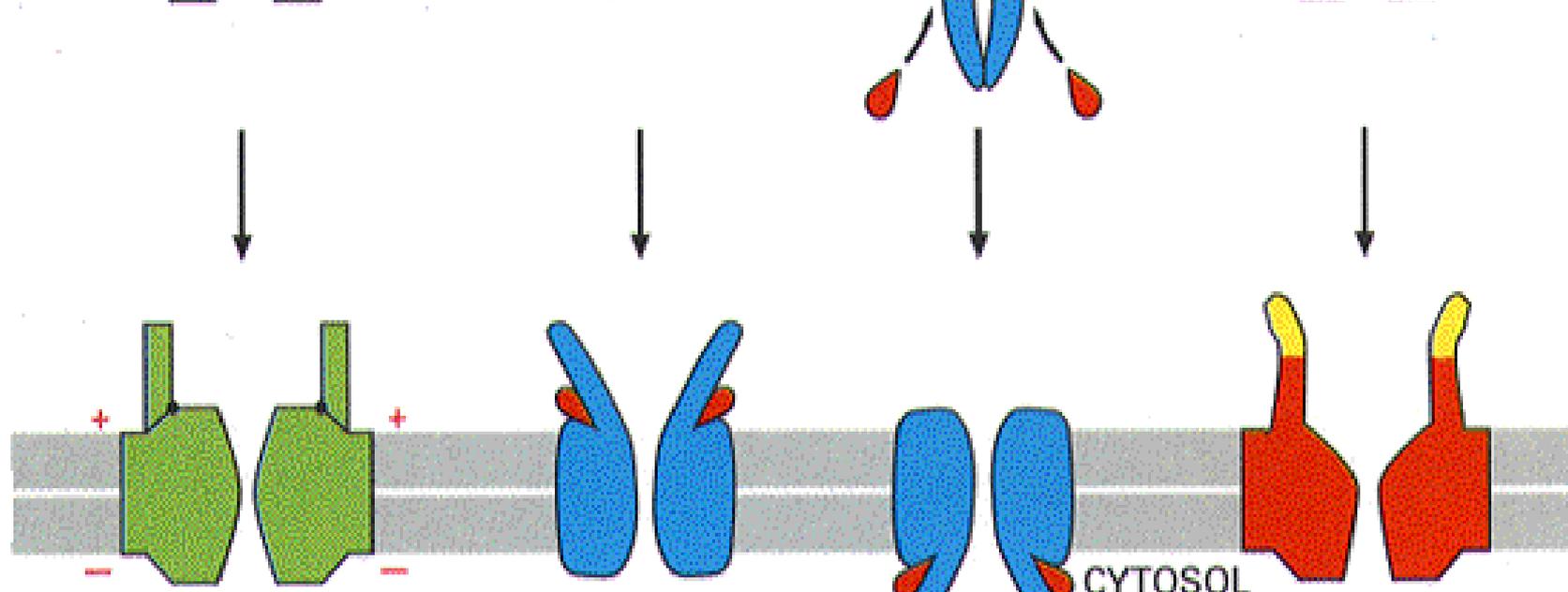
Ligand
intracell.

mécanique

fermé



ouvert



Exemples : neurones

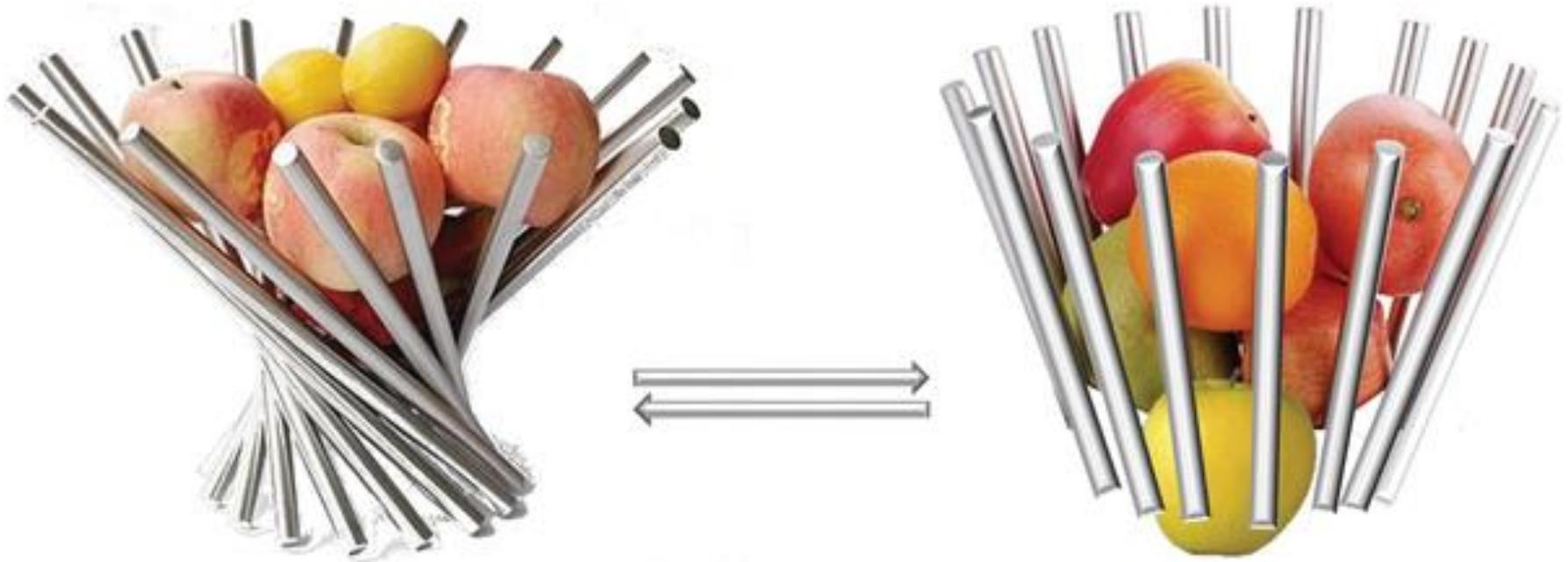
jonction
neuromusculaire

rétine

oreille interne

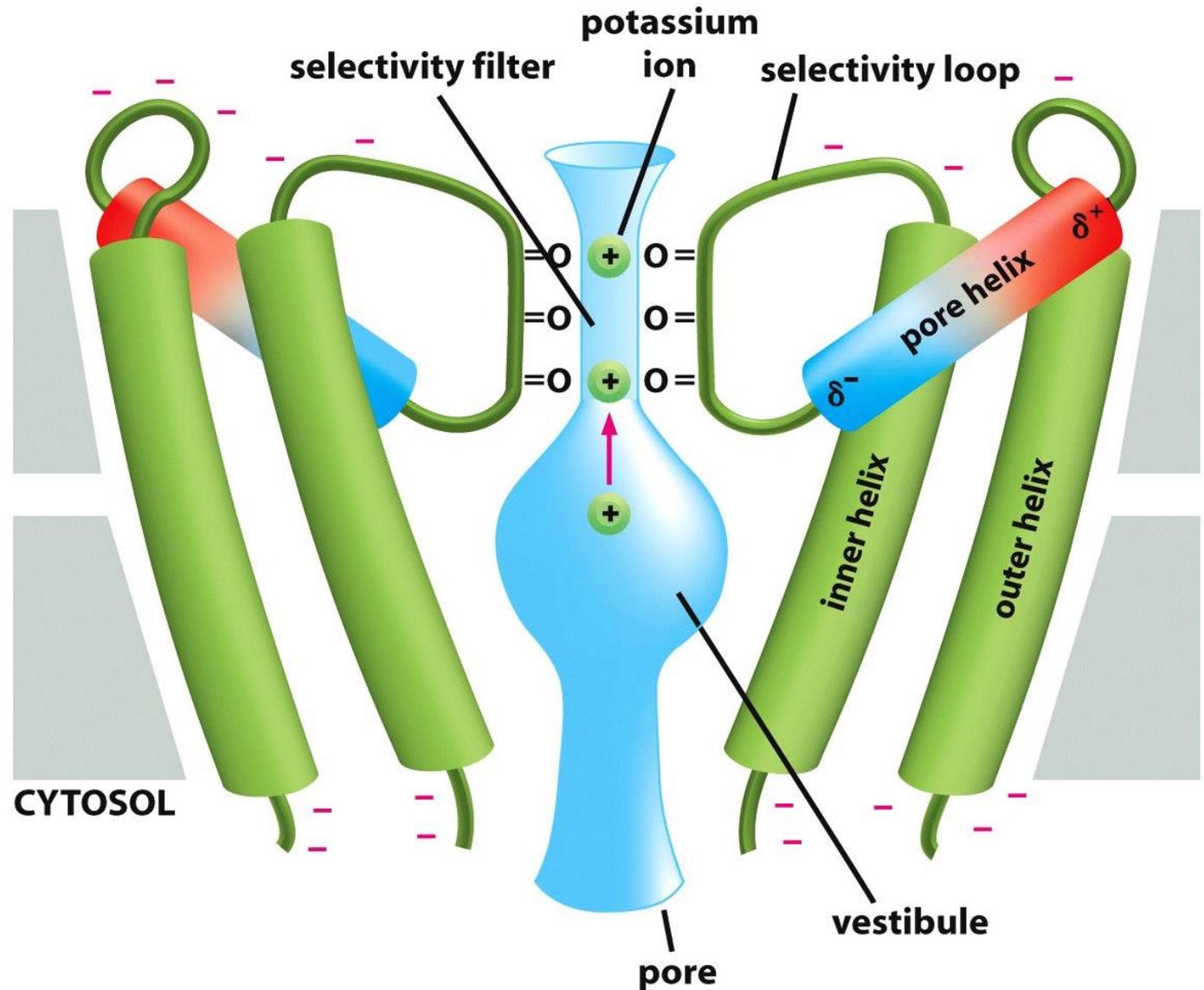
CYTOSOL

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



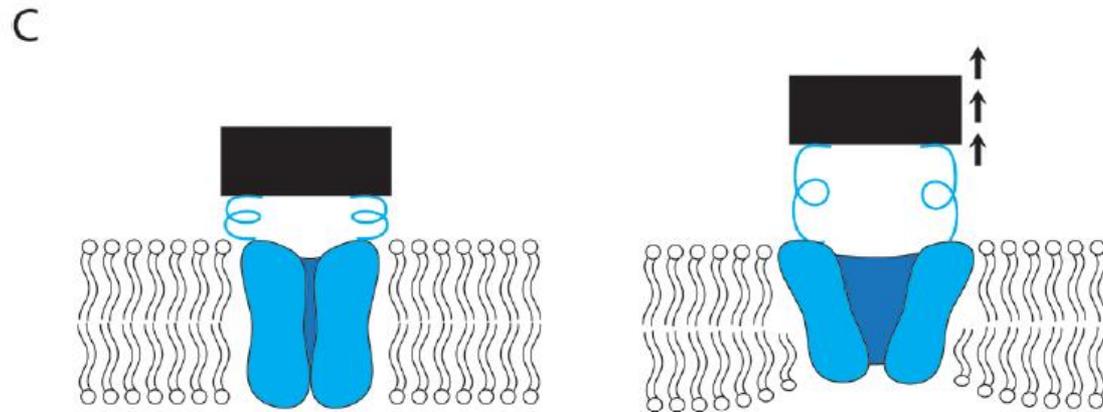
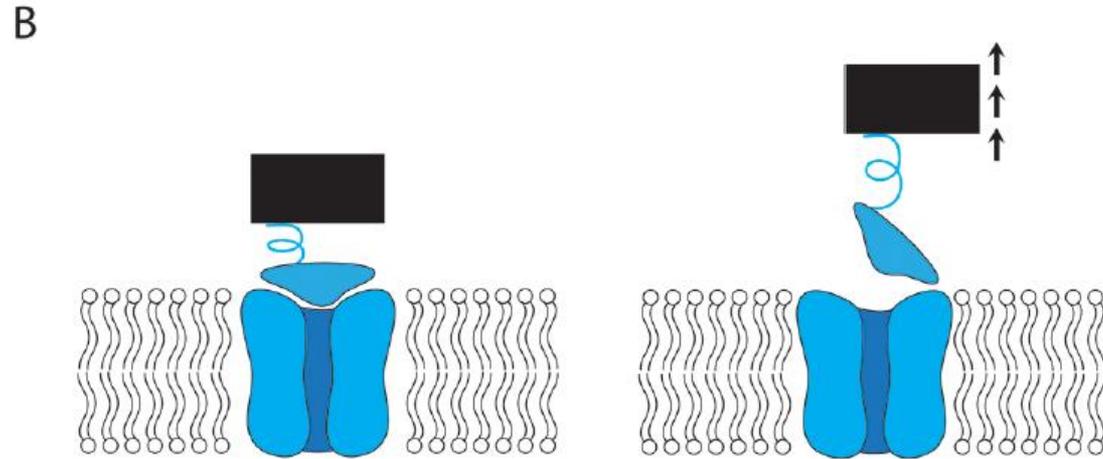
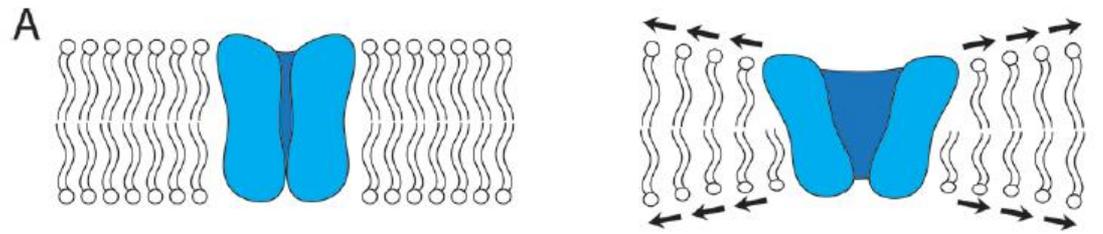
Palmai Z, Houenoussi K, Cohen-Kaminsky S, Tchertanov L (2018) How does binding of agonist ligands control intrinsic molecular dynamics in human NMDA receptors?. PLOS ONE 13(8): e0201234. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201234>
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0201234>

La sélectivité des canaux est assuré par leur pore étroit

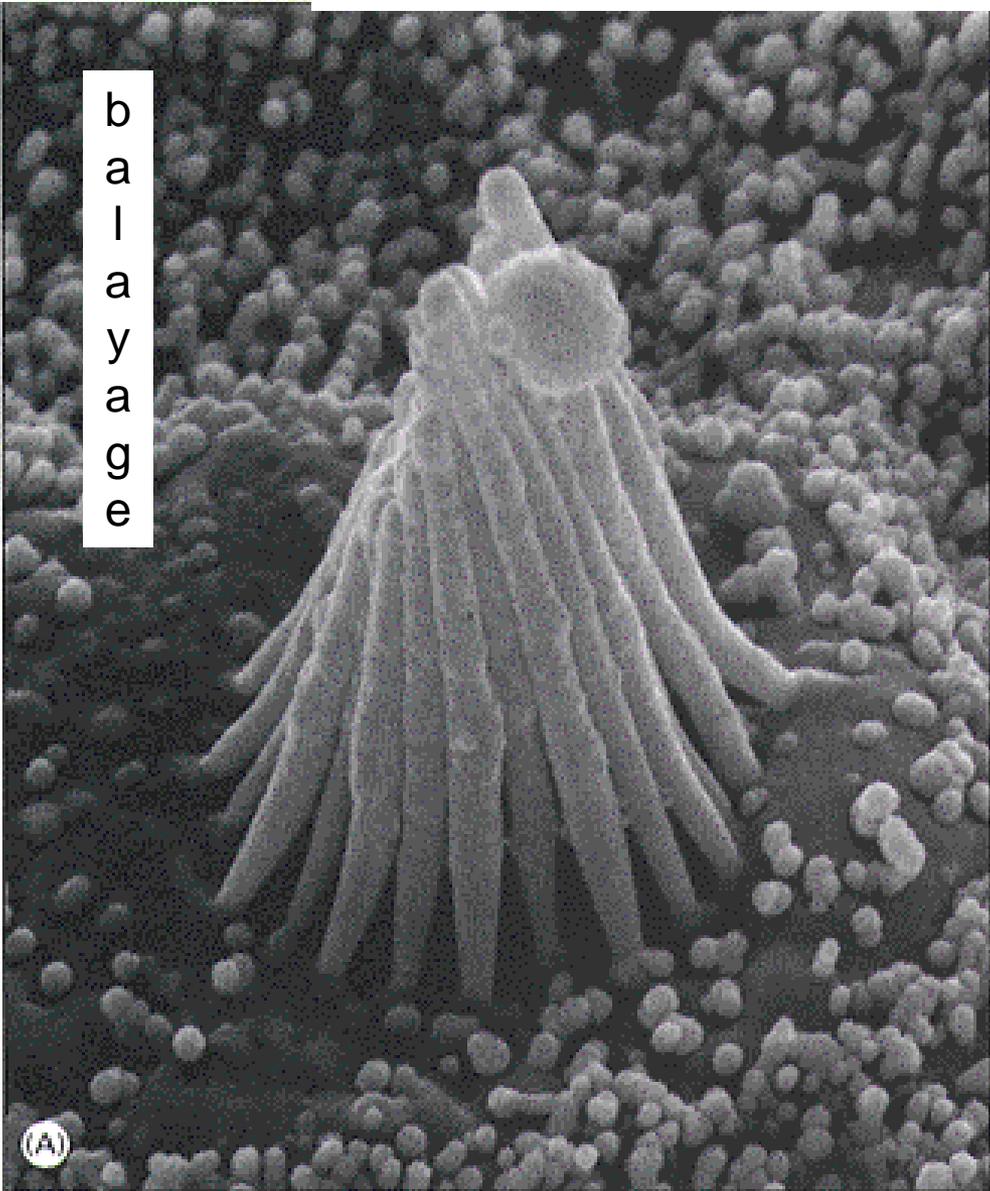


Les canaux mécanosensibles, mécanismes d'ouverture

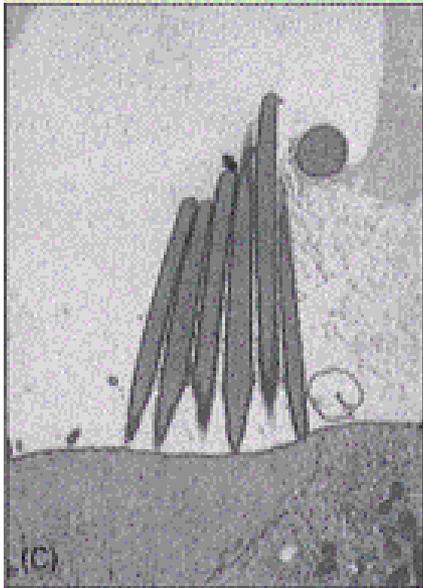
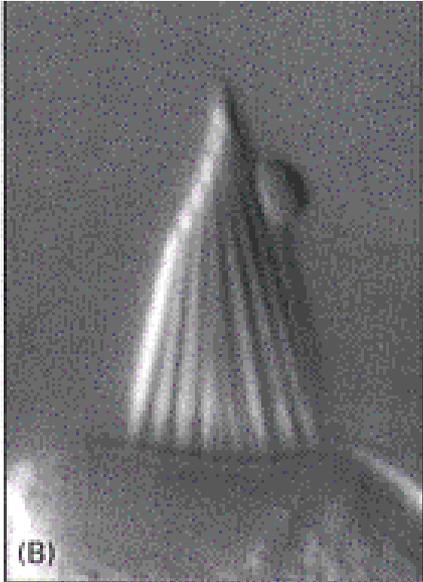
- Canaux mécanosensibles :
- bactéries, animaux, plantes...
 - Rôles variables
 - Conductances variables (100 pS à 3 nS)
 - Sélectivité faible ou modérée



Microscopie -Images



b
a
l
a
y
a
g
e



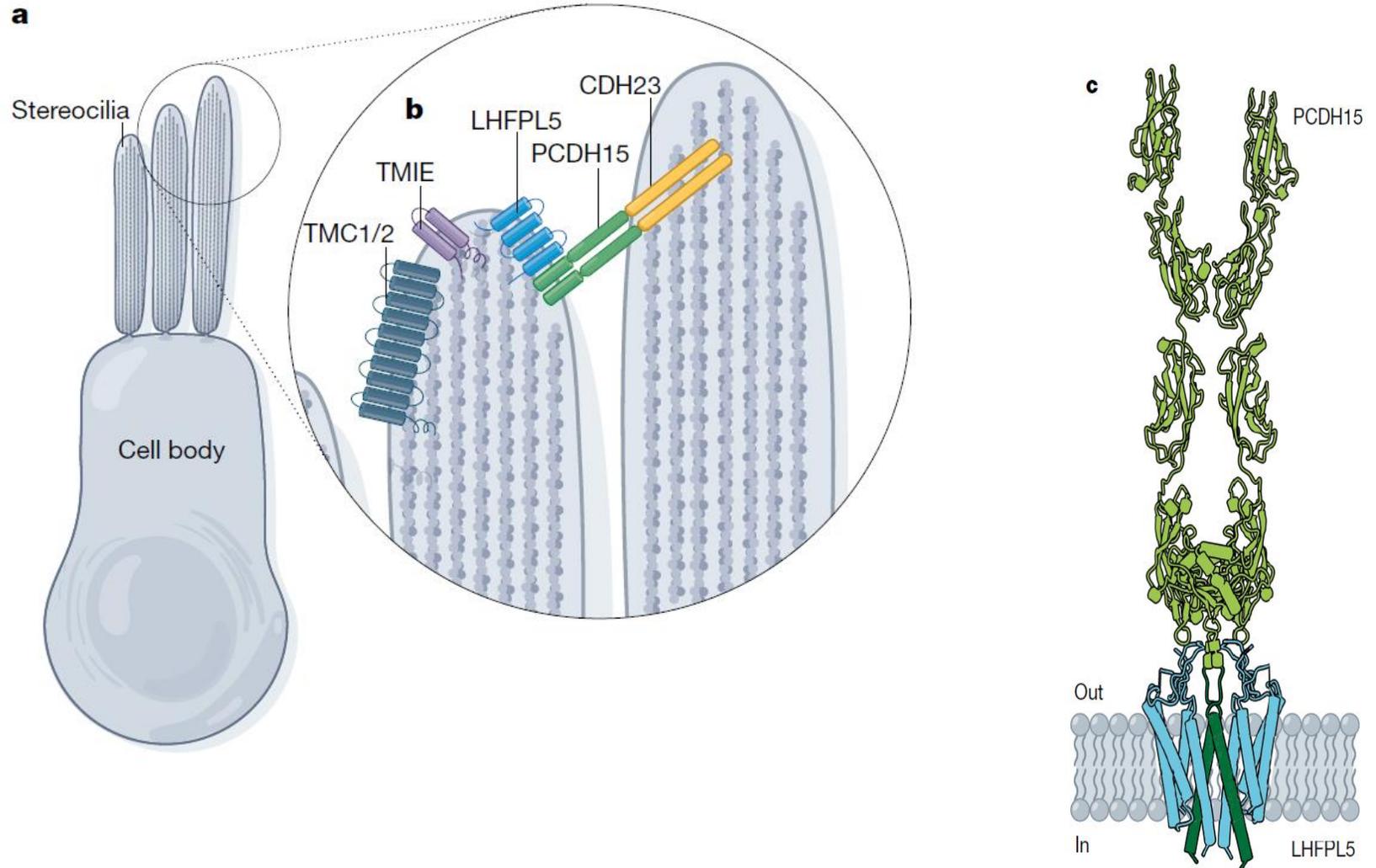
Optique
DIC

transmission

© Garland Publishing, Inc.

From The Art of MBoC ©

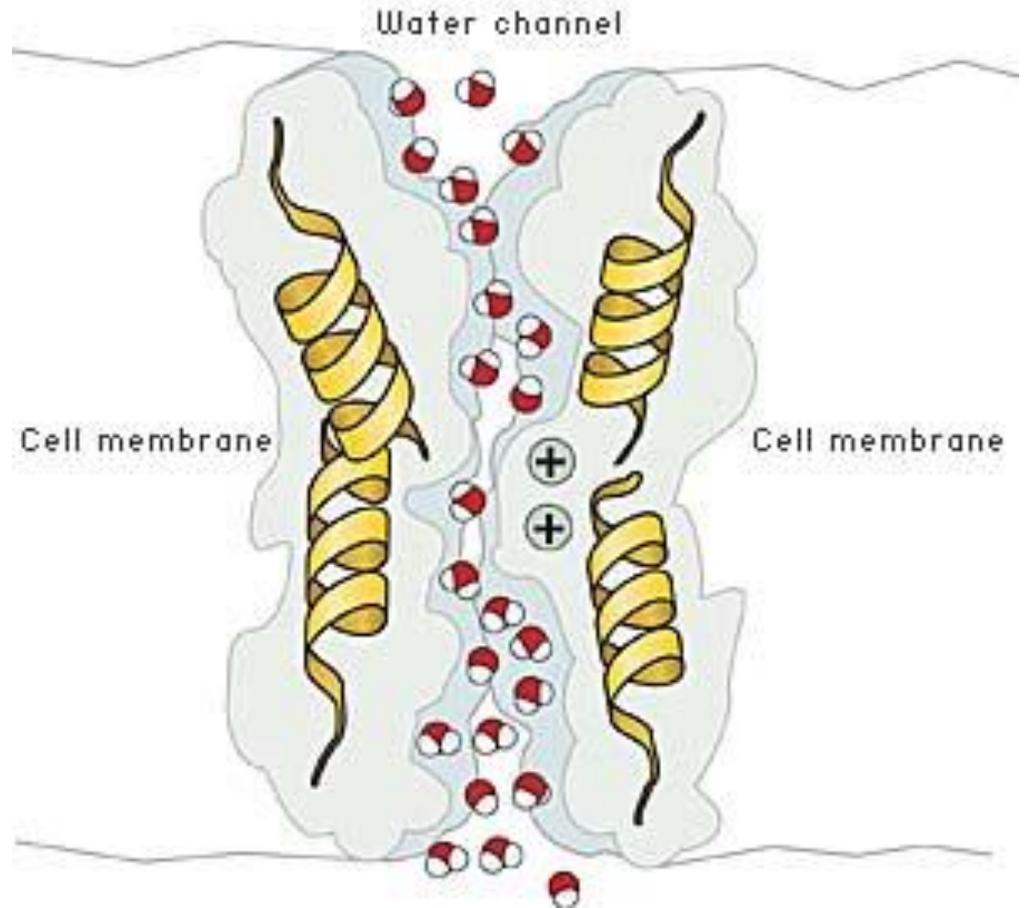
Canaux mécano-sensibles dans l'oreille interne



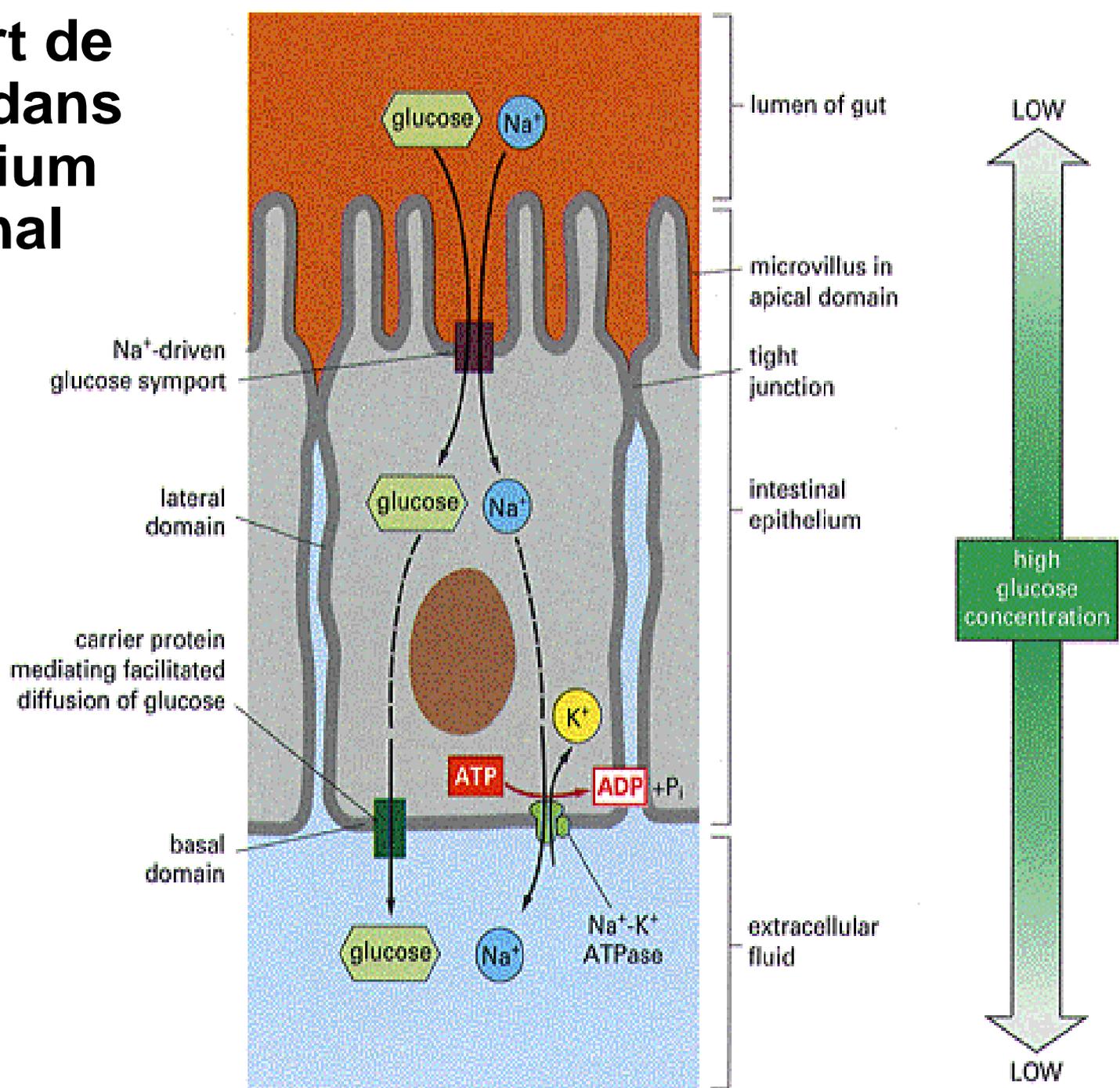
Aquaporines – canaux à eau

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?