

Centre Universitaire de Relizane Ahmed Zabana

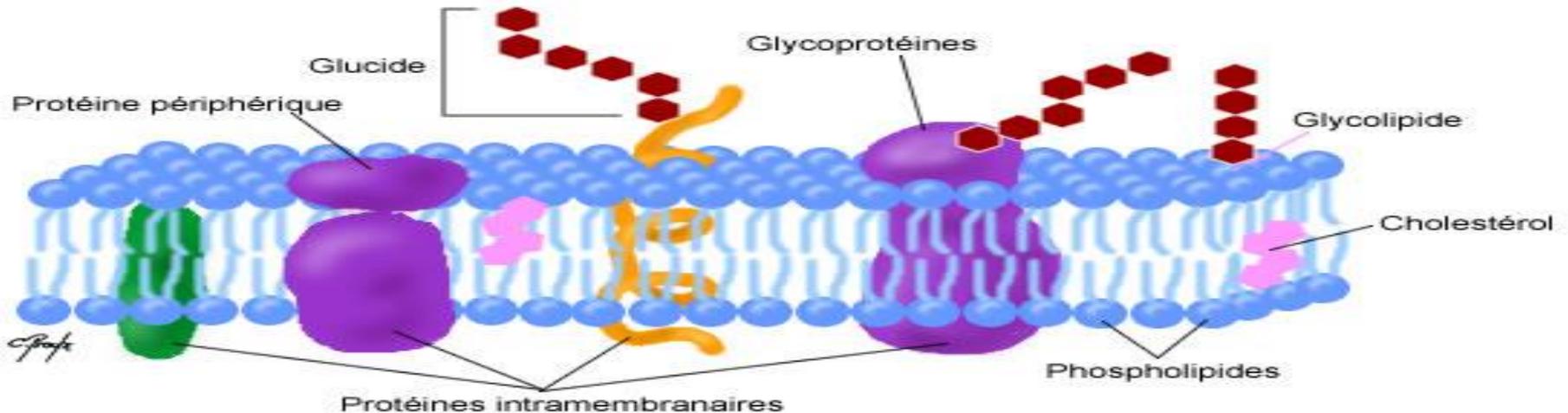
Département de Biologie

Matière

BIOCHIMIE CELLULAIRE ET FONCTIONNELLE

Chapitre 2 Biomembranes

C. Les échanges membranaires : transport passif, transport actif, transport vésiculaire



Définition:



□ Le **transport membranaire** est le passage d'une **molécule** ou d'un **ion** à travers *une membrane plasmique*



Il existe **plusieurs types** de transport membranaire

Le transport membranaire

- Les bicouches lipidiques constituent une barrière à la diffusion des ions et des molécules hydrophiles dont le PM > 150 Da

Le passage de substances à travers la MP peut se faire:

I-Par transport passif (sans dépense d'énergie)

II-Par transport actif (avec dépense d'énergie)

Deux types de transport à travers la membrane:

- **Transport passif**

- Transport d'une substance à travers la membrane sans l'utilisation d'énergie chimique
- La substance est transporté d'une région de forte concentration vers une région de basse concentration

- **Transport actif**

- Transport des molécules à travers la membrane en utilisant l'énergie chimique (ATP)
- La substance est transporté d'une région de basse concentration vers une région de haute concentration

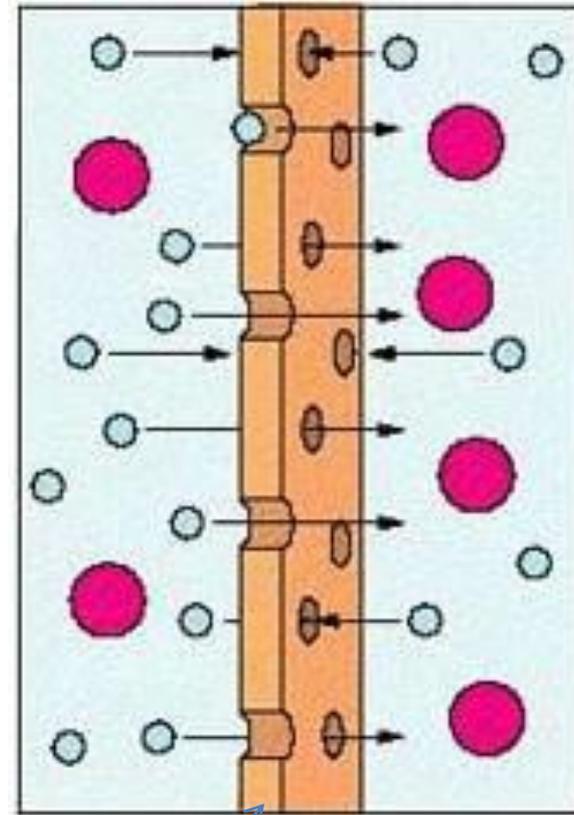
□ Transport passif

Définition :

- Le **transport passif** est un transport qui se fait sans consommation d'énergie, il se fait donc selon le **gradient électrochimique** (ou, pour les solutés non chargés, selon le **gradient de concentration**).

Types de transport passif

1. Diffusion simple
2. Osmose
3. Diffusion facilitée



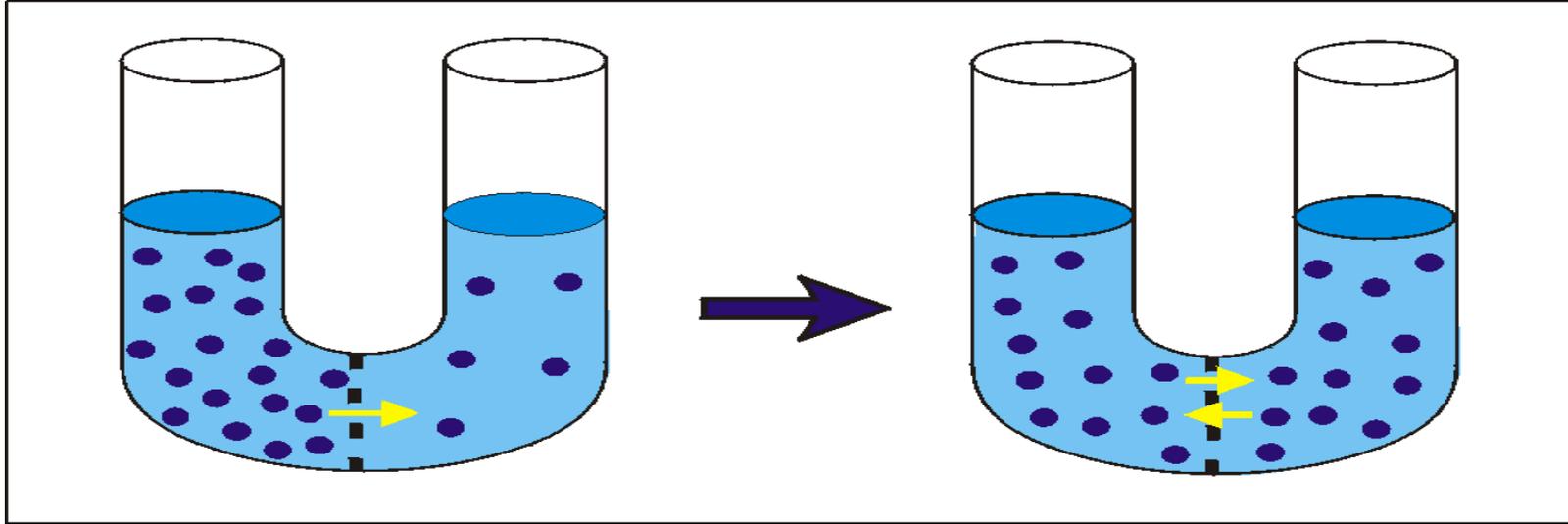
membrane semi-perméable

1. Diffusion simple

La diffusion simple est un processus **non sélectif**

Une substance diffuse suivant son *gradient de concentration* : de la zone **la plus concentrée** à la zone qui l'est moins, jusqu'à équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane.

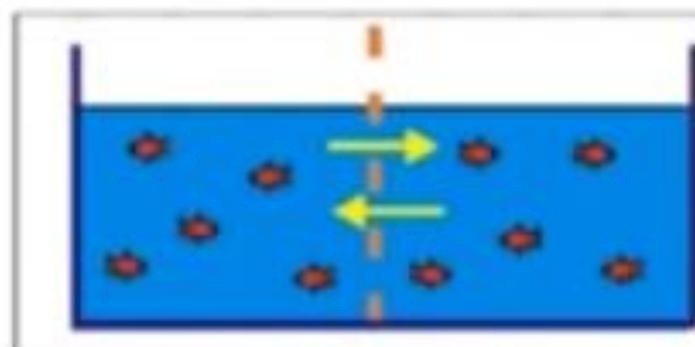
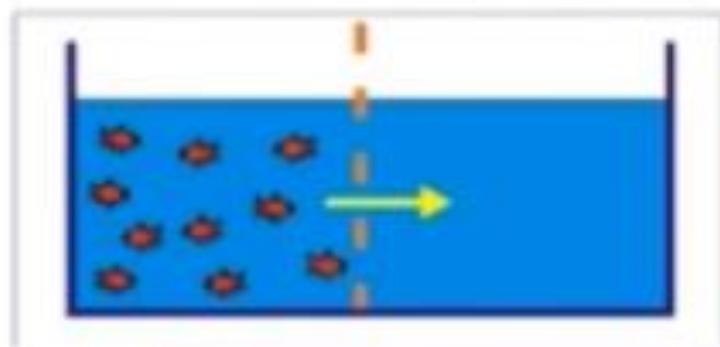
Diffusion simple



Lorsqu'une substance est plus concentrée dans une région que dans une autre, on dit alors qu'il y a **un gradient de concentration entre les deux régions.**

Diffusion simple: c'est le passage de particules à travers la membrane de la zone de forte concentration vers la zone de faible concentration et qui ne nécessite aucune dépense d'énergie de la part de la cellule. Il se produit même si la cellule est morte.

1. Diffusion simple



Une substance diffuse suivant son **gradient de concentration** : de la zone la plus concentrée à la zone qui l'est moins.

Gradient = différence

Le gradient de concentration entre deux milieux c'est la **différence de concentration** entre les deux milieux.

Transport Membranaire

Gradient = différence

- **Gradient de concentration = gradient chimique:** le flux net d'une molécule se fait du compartiment de forte concentration vers le compartiment de faible concentration.
- **Gradient électrique:** il concerne les molécules chargées (ion). A ne pas oublier qu'il existe une différence de potentiel entre 2 compartiments séparés par une membrane (cas de toutes les \varnothing animales).
- **Remarque: extérieur + et l'intérieur négative**

Transport Membranaire

- **Gradient électrochimique:** combine l'influence du gradient électrique + le gradient chimique (gradient de concentration)

Transport Membranaire

- **Un ion** diffuse suivant son gradient électrochimique.
- **Les solutés non chargés** subissent uniquement l'influence du gradient de concentration.

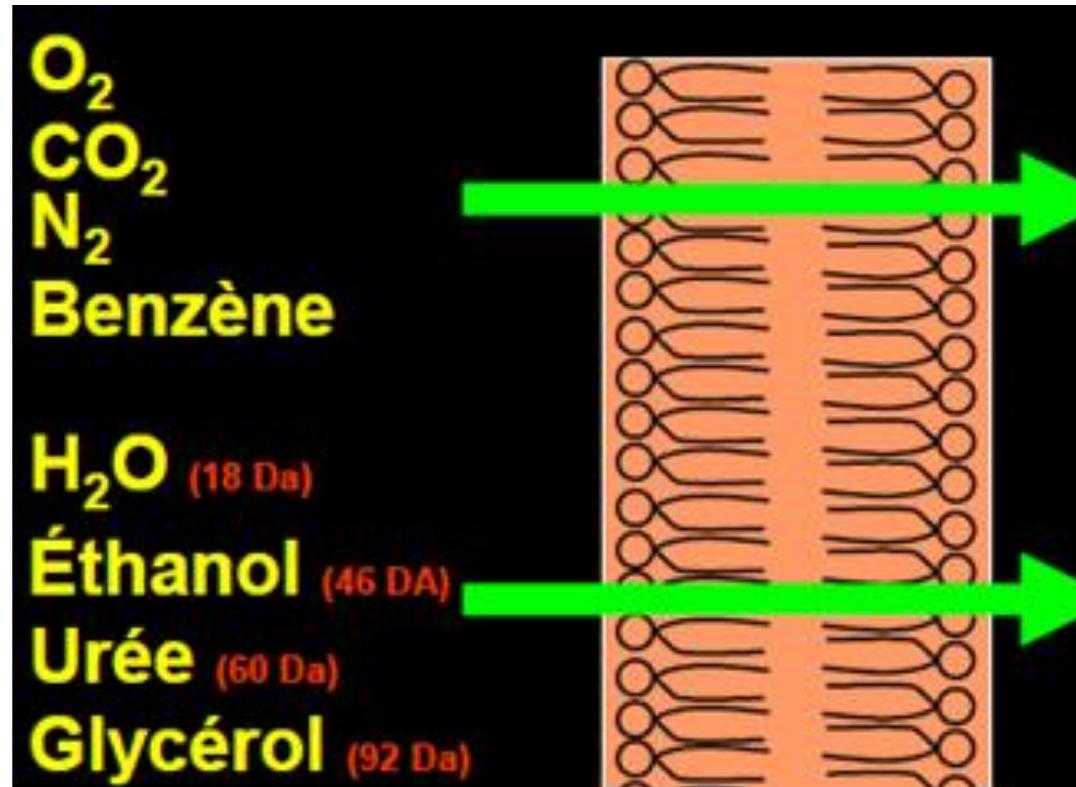
1. Diffusion simple

➤ *Il n'y a que quelques molécules qui traversent les membranes par simple diffusion*

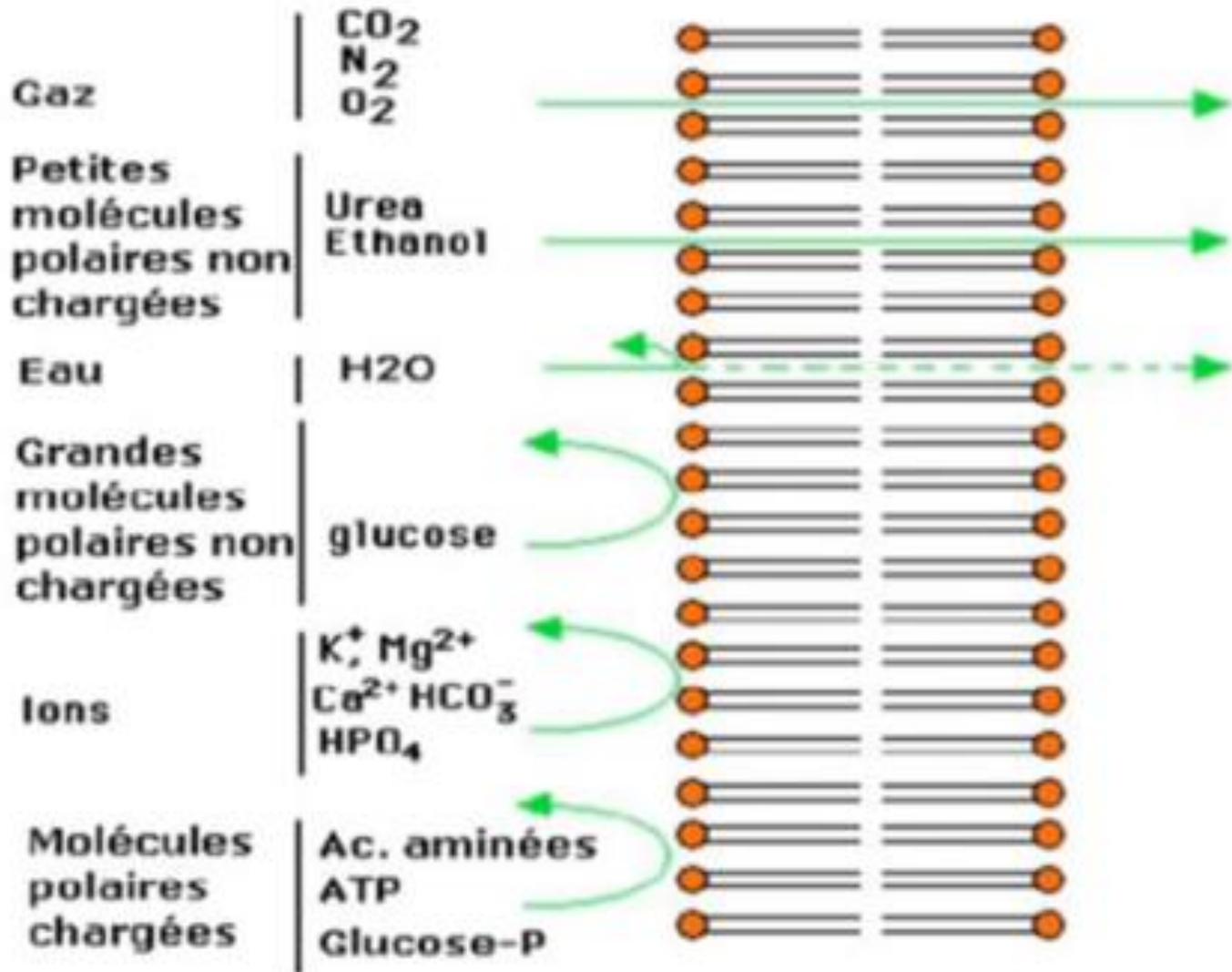
La MP est perméable aux:

➤ Petites molécules (H_2O , CO_2 , O_2)

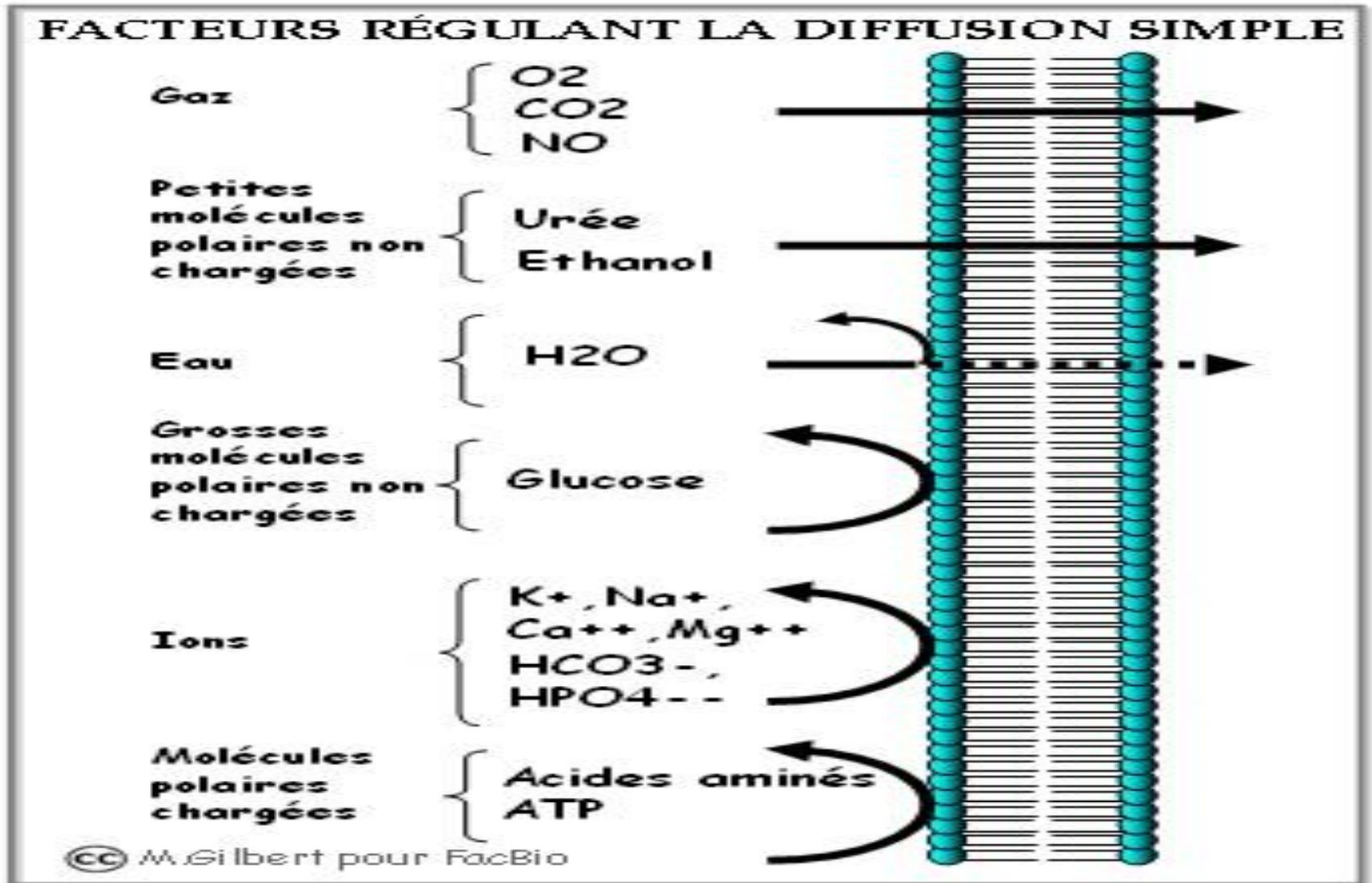
➤ Molécules liposolubles
(non chargées)



Expérience d'Overton 1902



Transports Passifs par diffusion simple



La molécule doit être hydrophobe ou être suffisamment petite si elle est hydrophile (l'éthanol par exemple) pour traverser la membrane. L'oxygène, le gaz carbonique, les vitamines A, D, E et K (liposolubles) et l'alcool utilisent ce mode de transport.

La semi-perméabilité

La bicouche des phospholipides est perméable aux:

- Molécules très petites (H_2O , CO_2 , O_2)
- Molécules liposolubles (hydrophobes)

La bicouche des phospholipides est imperméable aux:

- Grosses molécules
- Ions (K^+ , Cl^- , Na^+)

Une membrane semi-perméable est une membrane qui permet certaines molécules de le traverser par la diffusion

Facteurs régulant la Diffusion simple

- **La liposolubilité:** c'est le facteur déterminant
- **Le poids moléculaire:** la MP est imperméable aux molécules ayant un **PM > 150 Da**
- **L'ionisation:** la MP est imperméable aux molécules chargées.
- **La surface d'échange:** certaines ϕ (intestinales et rénales) sont spécialisées dans les échanges, elles présentent alors des adaptations morphologiques (microvillosités, invaginations) qui leur permettent d'augmenter leur surface d'échange.
- **L'épaisseur** de la MP (elle est sensiblement constante pour l'ensemble des ϕ).

1. Diffusion simple

La vitesse de diffusion d'une molécule est *proportionnelle*

- à la différence de concentration entre les 2 milieux;
- à la température

La vitesse de diffusion d'une molécule est *inversement proportionnelle*

- Taille de l'élément à transporter

Ex: O₂, CO₂, alcool, molécule liposoluble (acides, hormones stéroïdienne)

2. Diffusion facilitée

--> Diffusion facilitée

Définition :

Il existe en biologie un transport dit de **diffusion facilitée**. Comme la *diffusion libre*, la **différence de concentration** est le **moteur du transport**. Cependant, la **molécule ne traverse pas directement la membrane**, elle doit **utiliser une protéine** transmembranaire de transport :

- ❖ Il existe **2 types** de **Protéines** transmembranaire de transport :



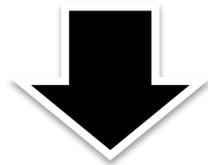
Diffusion facilitée

- Transport d'une molécule bloquée par la membrane, mais permis par une protéine transmembranaire
- Se fait dans le sens du gradient (d'une région de haute concentration vers une région de basse concentration)
- Ne demande pas d'énergie

2. Diffusion facilitée

La MP est imperméable:

- Aux grosses molécules et
- A la plupart des molécules solubles dans l'H₂O = hydrosolubles = lipophobes.
- Aux ions (K⁺, Cl⁻, Na⁺ ...)



Nécessité d'un moyen de transport

2. Diffusion facilitée

Les protéines qui assurent le passage de ces molécules à travers les lipides



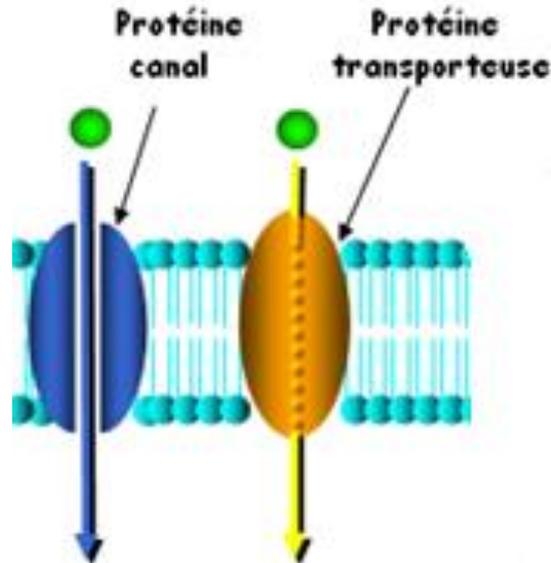
Protéines porteuses ou perméases

Protéines tunnels ou conductines

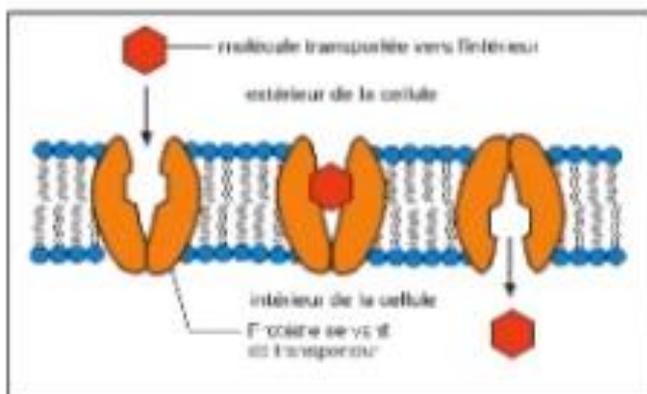


Transporteurs

Canaux

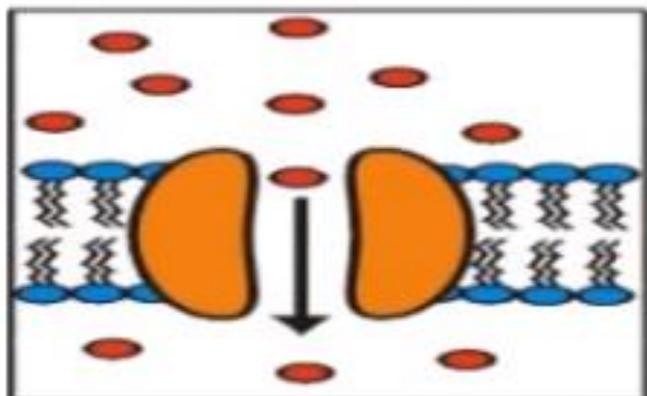


Protéines de la diffusion facilitée



Protéines porteuses (transporteurs)

- s'associent aux molécules à transporter et les déplacent dans la membrane

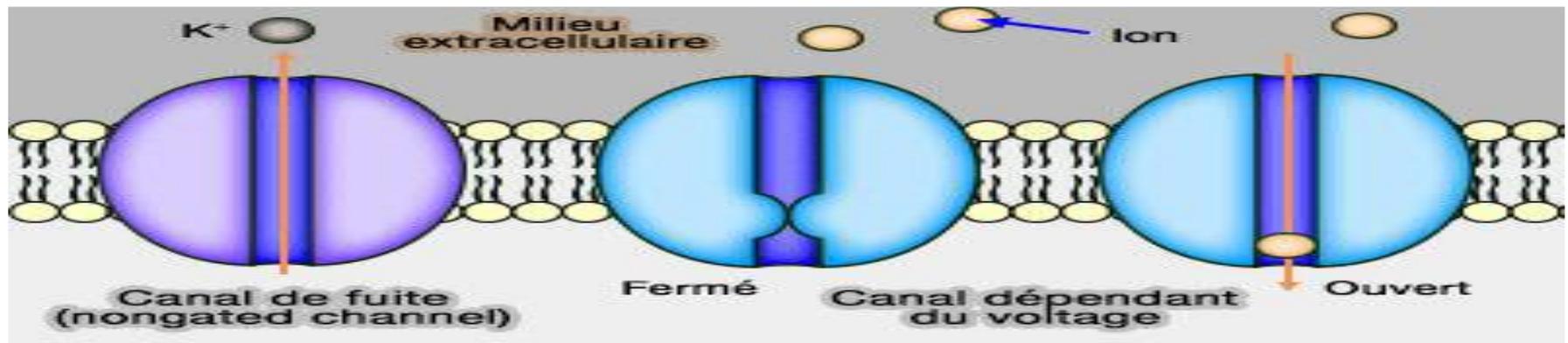


Protéines tunnels (canaux)

- Forment des pores à travers la membrane

Les protéines de canal ou tunnels ou conductines (canaux ioniques)

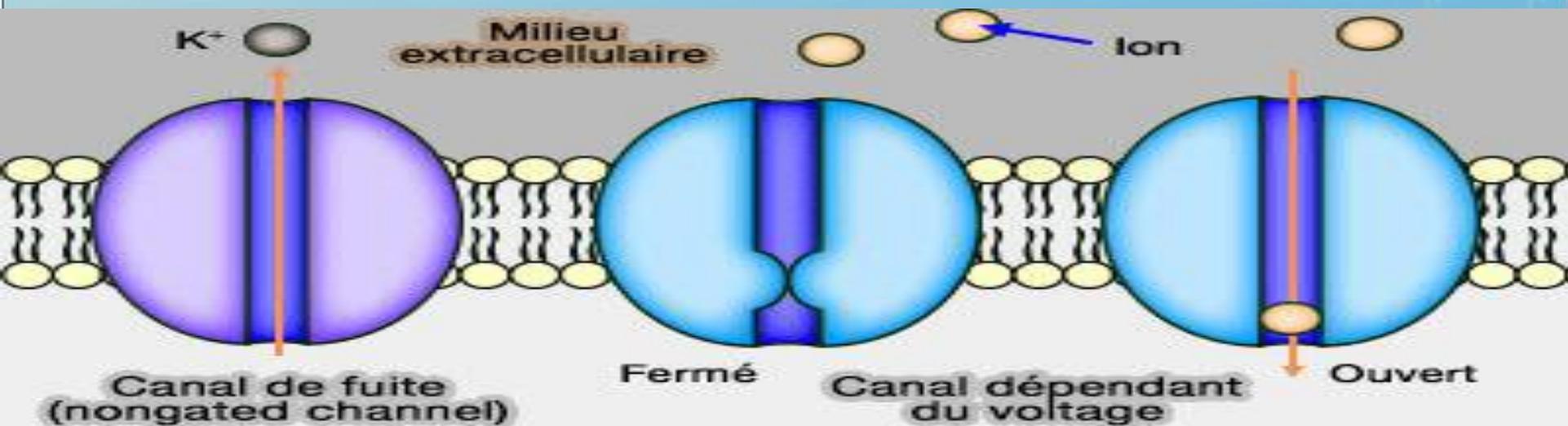
- Elles ne doivent pas changer de forme pour permettre le passage.
- Ce transport par les protéines de canal est :
 - Très spécifique : Elles ne laissent passer qu'une ou que quelques sortes de molécules et pas d'autres ;
 - extrêmement rapide ;
 - et régulé, les protéines de canal ont la capacité de se fermer.



1 - Les protéines de canal (**canaux ioniques**) : elles ne doivent pas changer de forme pour permettre le passage.

----- Ce transport par les protéines de canal est :

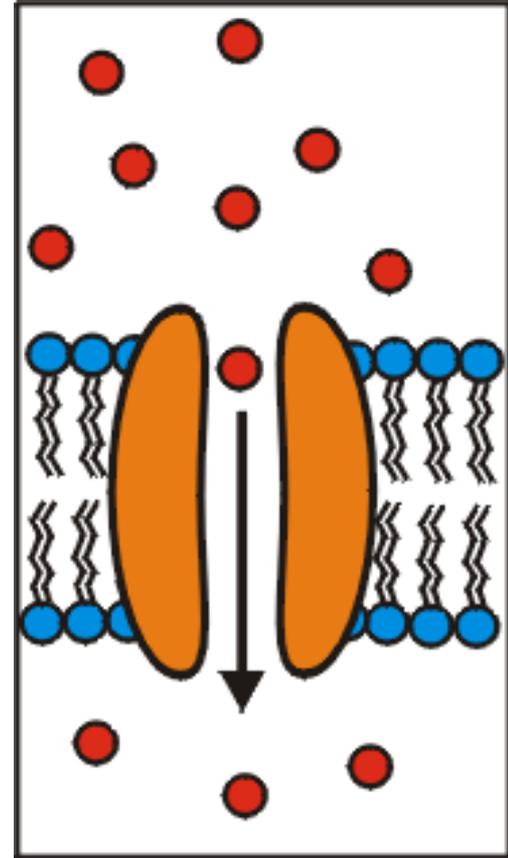
- Très spécifique :
- Extrêmement rapide ;
- Régulé.



Diffusion facilitée: les canaux protéiques

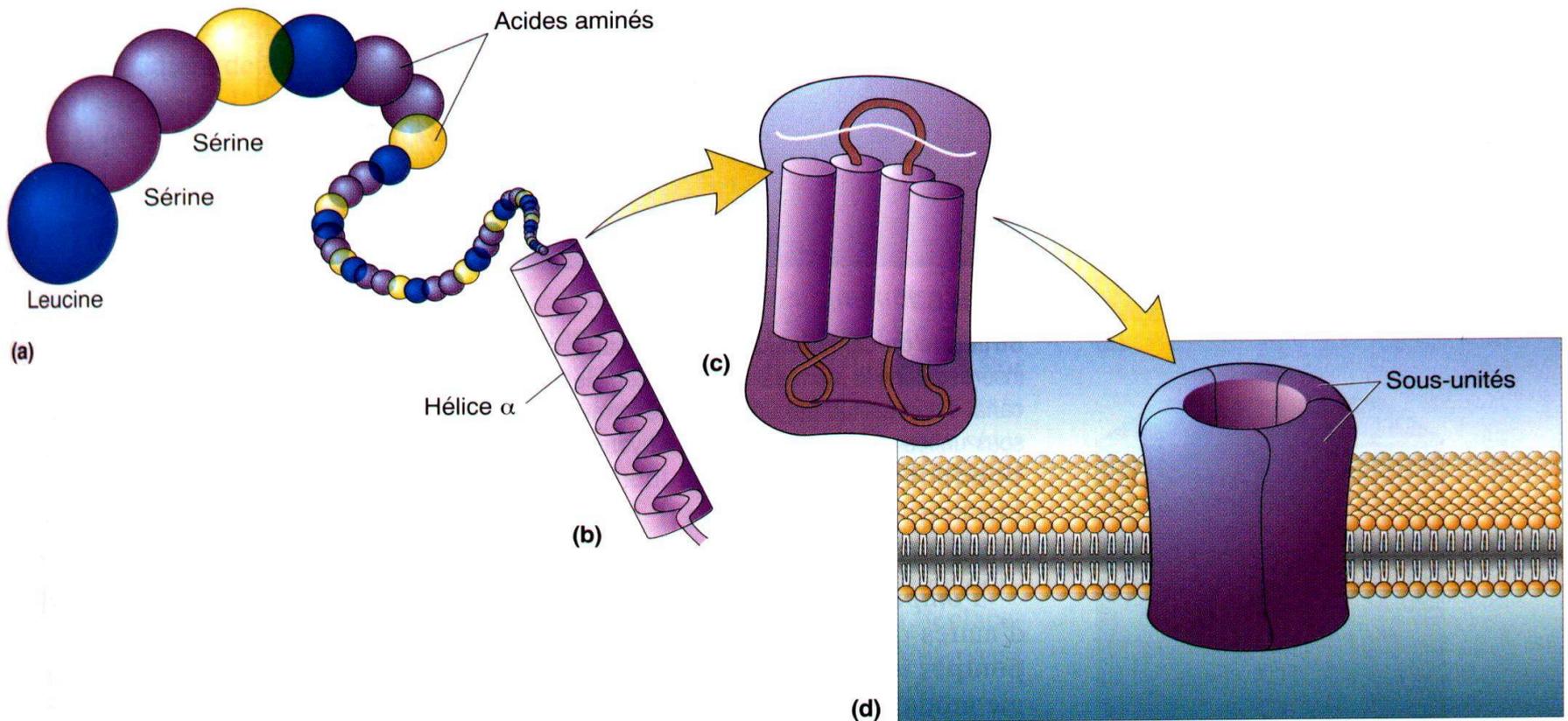
Les canaux protéiques:

- Forment des pores à travers la membrane
- Jouent 1 rôle primordial dans le transport des électrolytes et de l'eau
- Chaque protéine est spécifique au transport d'1 classe particulière de molécules (ions, oses, AA...)



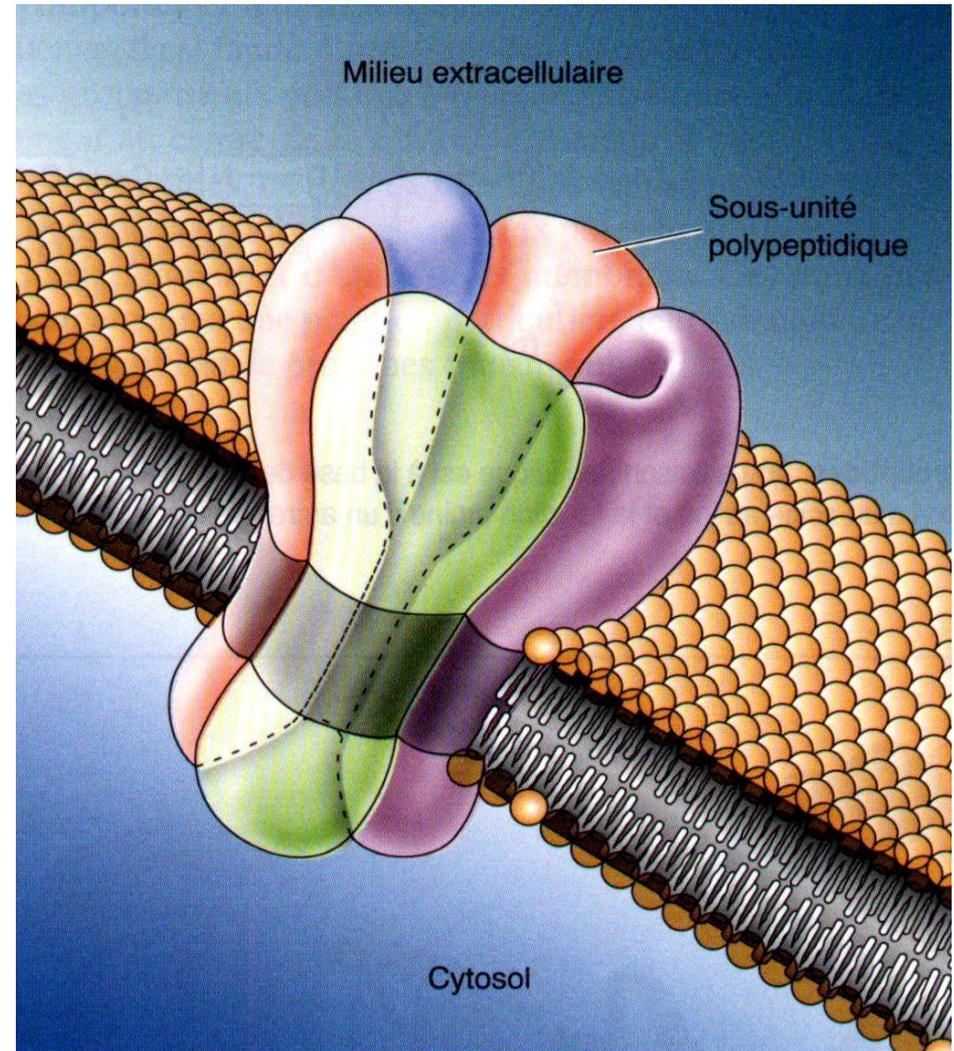
Diffusion facilitée: les canaux protéiques

Canaux protéiques = Protéines intrinsèques souvent formés de plusieurs sous-unités:



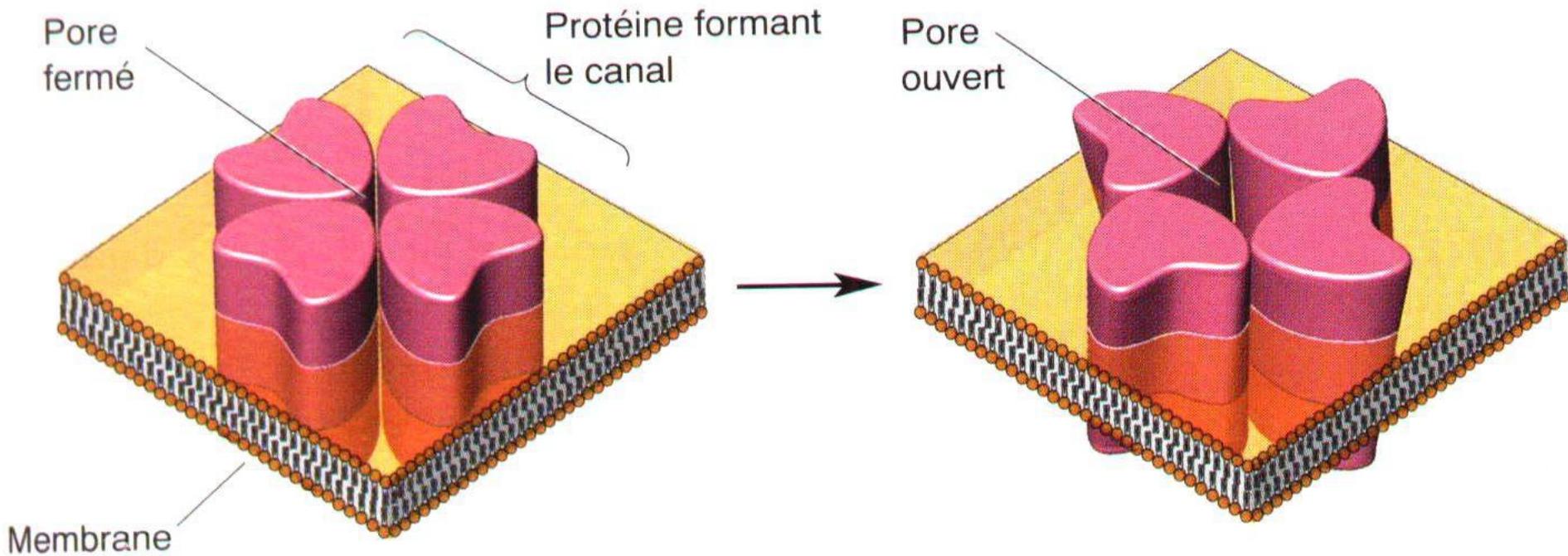
Diffusion facilitée: les canaux protéiques

- Structure quaternaire
- 5 sous unités polypeptidiques
- **1 grand nombre de molécules** pénètrent dans la ϕ à travers des protéines formant des "tunnels" à travers la membrane.



Diffusion facilitée: les canaux protéiques

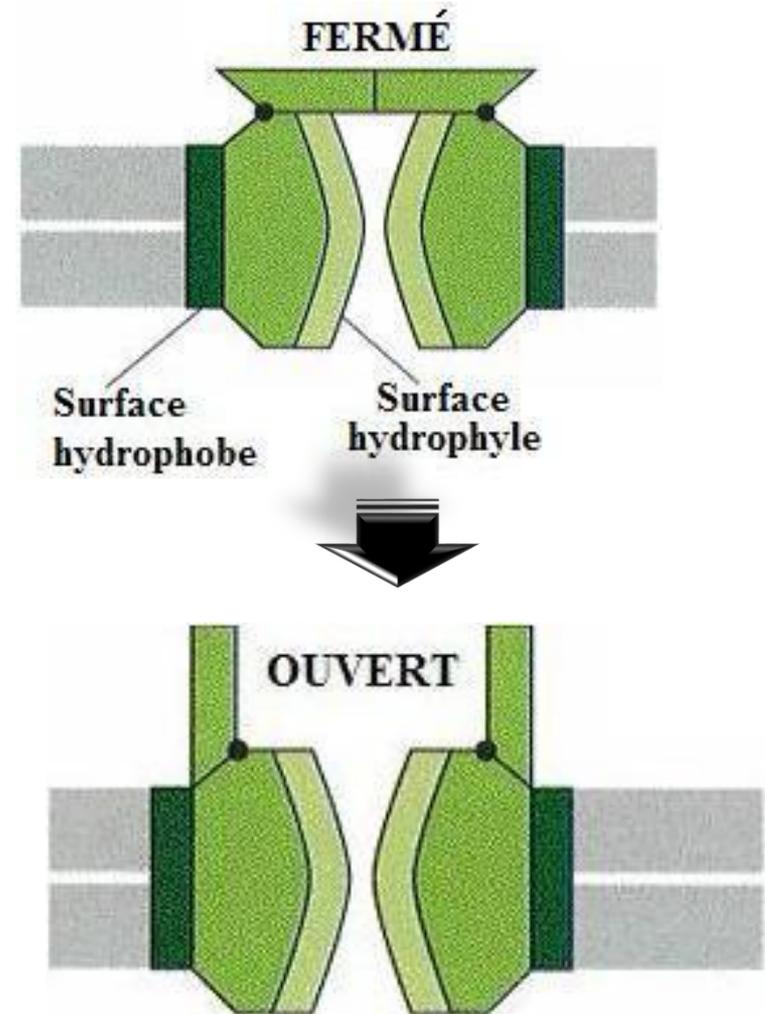
Certains canaux peuvent s'ouvrir et se fermer :



Diffusion facilitée: les canaux protéiques

○ L'ouverture et la fermeture est régulée par différents stimuli:

- DDP transmembranaire
- Ca^{++}
- Neurotransmetteurs
- Cytokines
- Hormones.....



DDP: Différence de potentiel transmembranaire
ou potentiel de repos -70

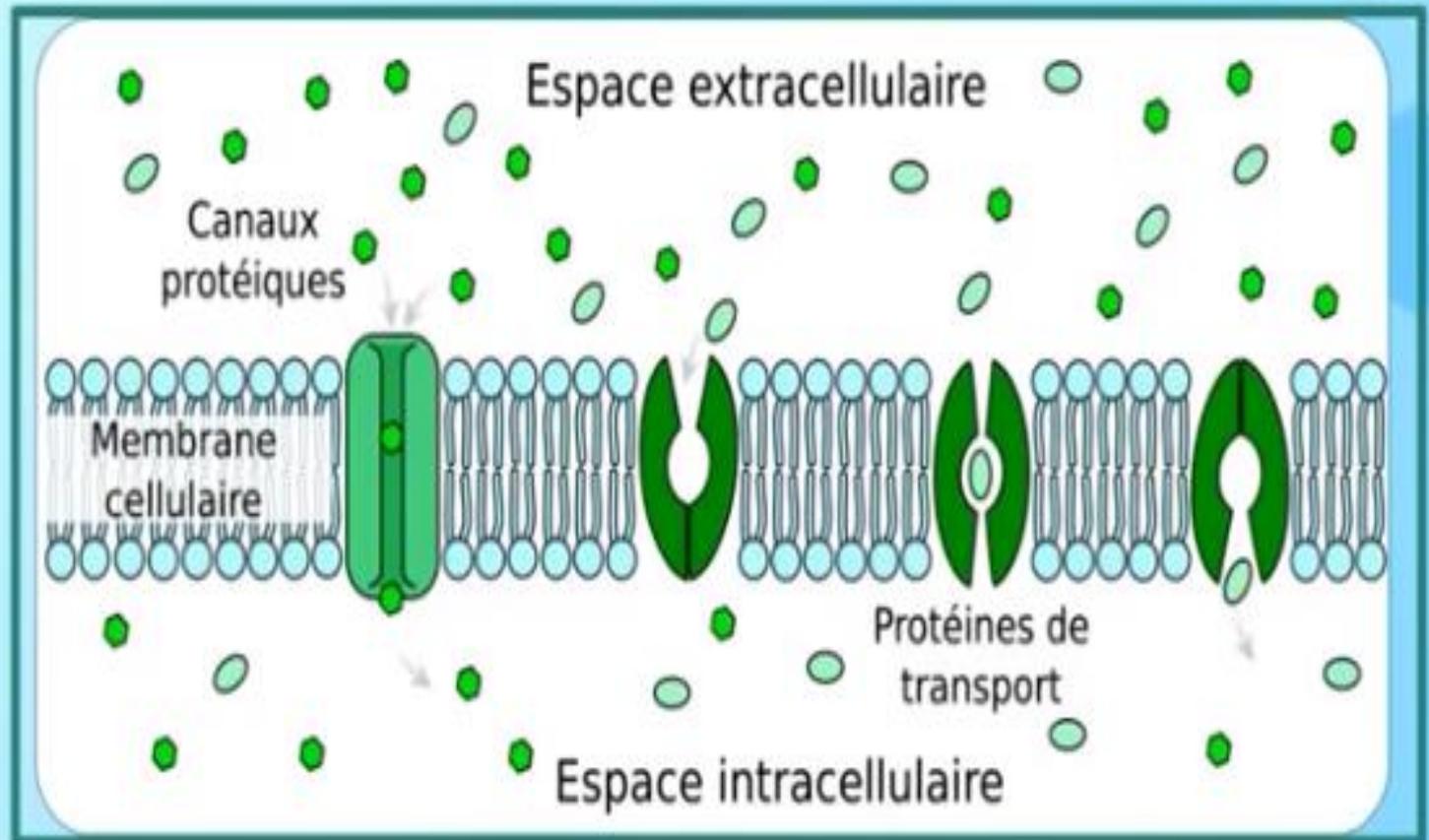
Propriétés des canaux ioniques

- **Rapidité de transport:** environ un million d'ions peuvent traverser le canal, soit environ 100 fois la vitesse de transport des transporteurs.
- **Très sélectifs:** ils peuvent laisser passer un seul ion (ex: K^+ , Na^+ , Ca^{++} et Cl^-) et ce sont les canaux les plus nombreux ([protéines de type uniport](#)).
- **Durée d'ouverture:** variable.
- **Participation à la polarité de la membrane:** le courant ionique qu'ils créent polarise la membrane.

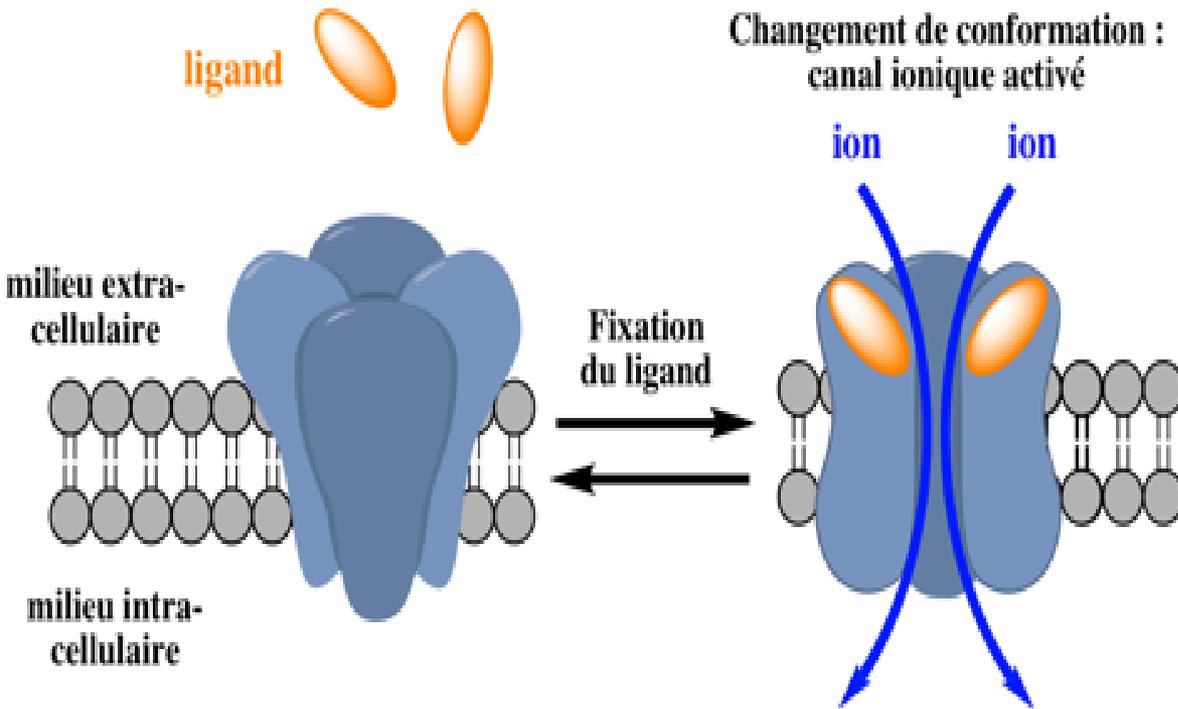
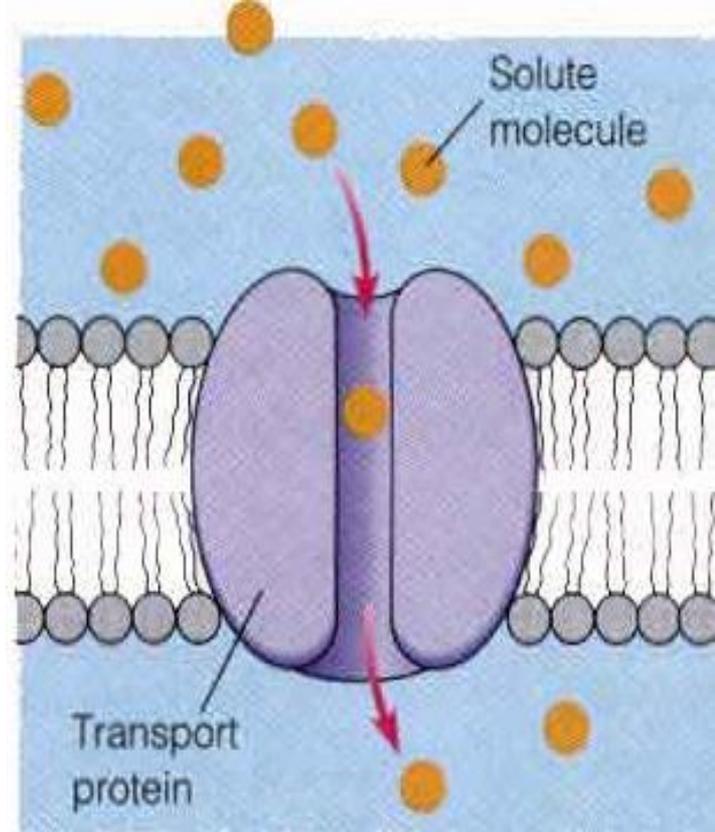
**Diffusion facilitée:
Les Transporteurs ou
porteuses**

2 - Les transporteurs : ils **changent de forme** pour déplacer des molécules d'un côté à l'autre d'une membrane.

----- Ce transport par les **transporteurs** est : **Moins rapide**.



Perméase: se sont des protéines transmembranaires qui vont lier d'une manière spécifique la molécule à transporter, « **perméase** » qui va changer de conformation et qui va libérer la molécule à transporter de l'autre côté de la membrane.



Canal ionique

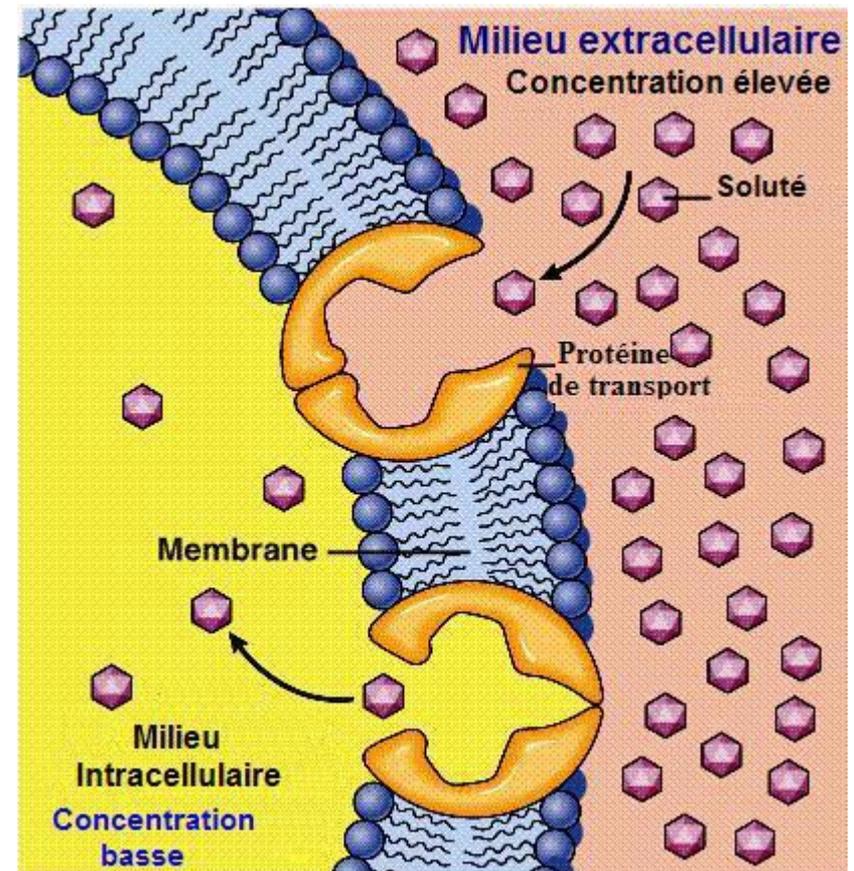
Diffusion facilitée: les transporteurs

Perméabilité à différentes molécules polaires (oses, ions, aa) à travers la membrane ϕ .

➤ Le Mouvement du soluté s'effectue dans le sens du Δ de [C].

Cette diffusion se fait selon un gradient de concentration de + vers le -

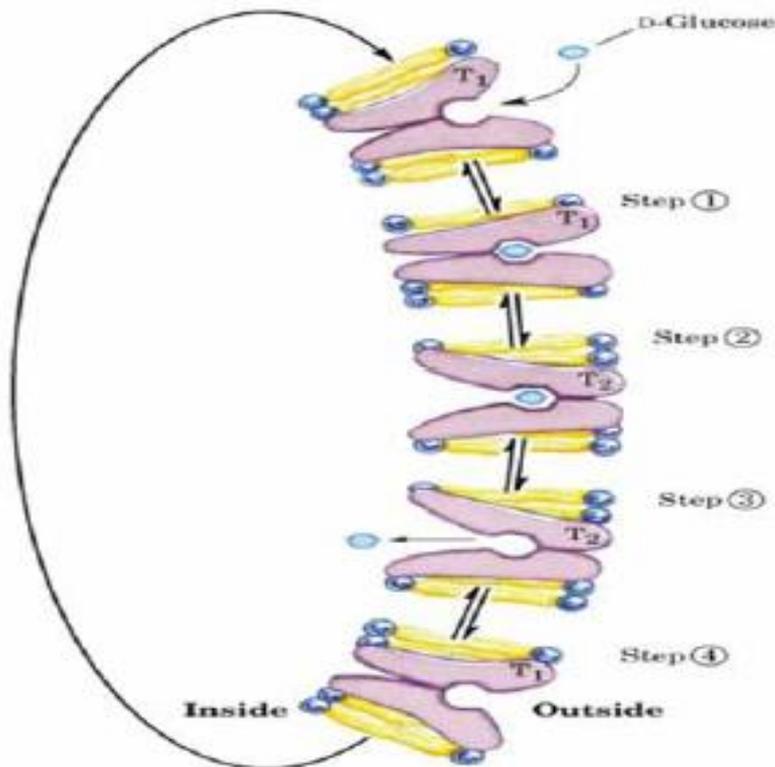
➤ Pas de dépense d'énergie



Exemple de la diffusion facilitée

GLUT-1: la perméase au glucose

Glucose Transporter

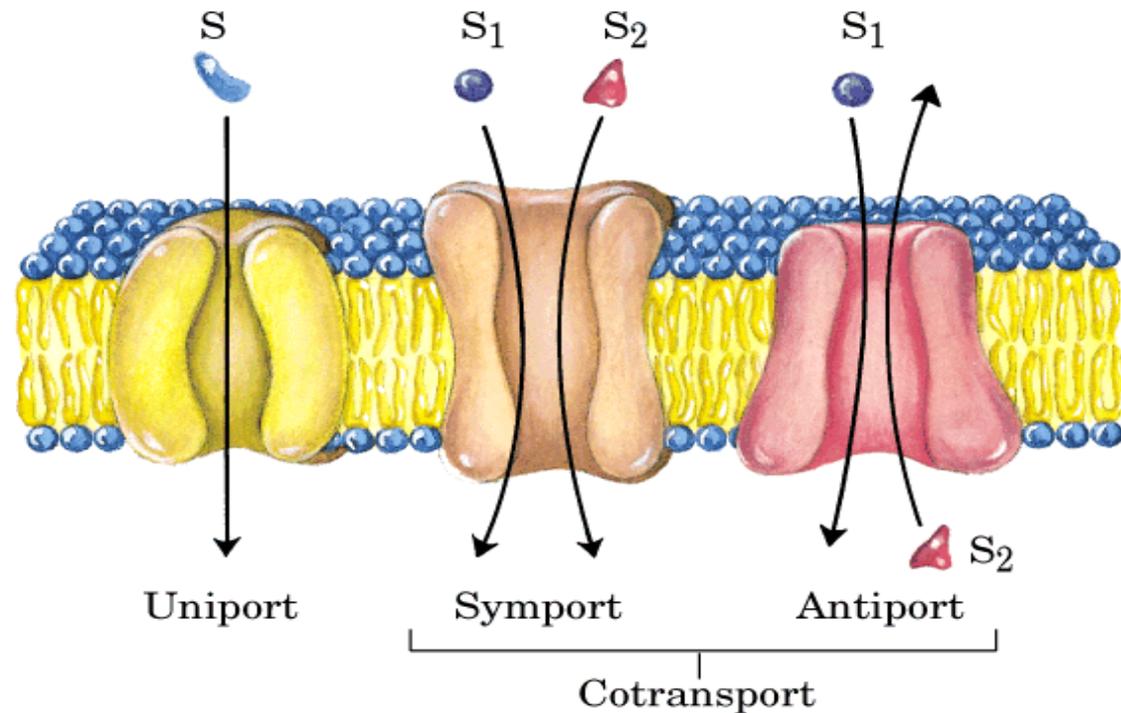


- C'est un **uniporteur**: transporte une seule substance
- (1+2) La fixation d'une molécule de glucose sur la site extérieur entraîne un changement de conformation
- (3) Le glucose est libéré dans le cytosol
- (4) Le transporteur retourne à sa conformation de départ

Les transporteurs

Se subdivisent en 3 catégories:

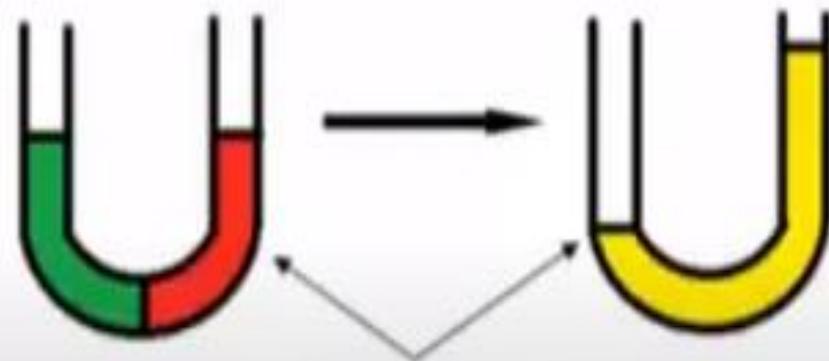
- les protéines de type **uniport**: transportent une molécule ou un ion dans une direction
- les protéines de type **symport**: transportent 2 substances de nature différente dans la même direction
- les protéines de type **antiport**: transportent 2 substances de nature \neq dans des directions opposées



Transport Passif

L'osmose (diffusion d'H₂O):

L'eau passe du côté moins concentré (hypotonique) vers le côté plus concentré (hypertonique) dans le but de rendre les deux côtés isotonique (de même concentration).

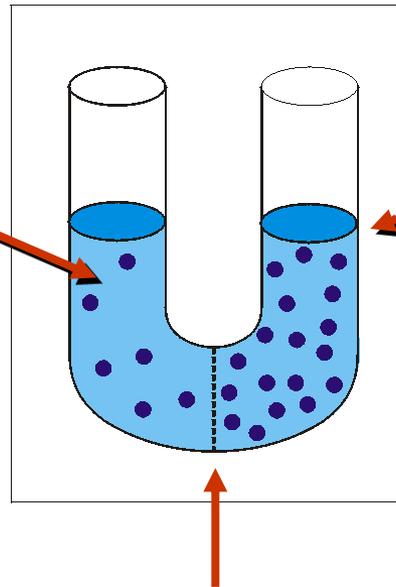


Membrane semi-perméable

- Milieux le moins concentré (Hypotonique)
- Milieux le plus concentré (Hypertonique)
- Milieux isotonique

Osmose

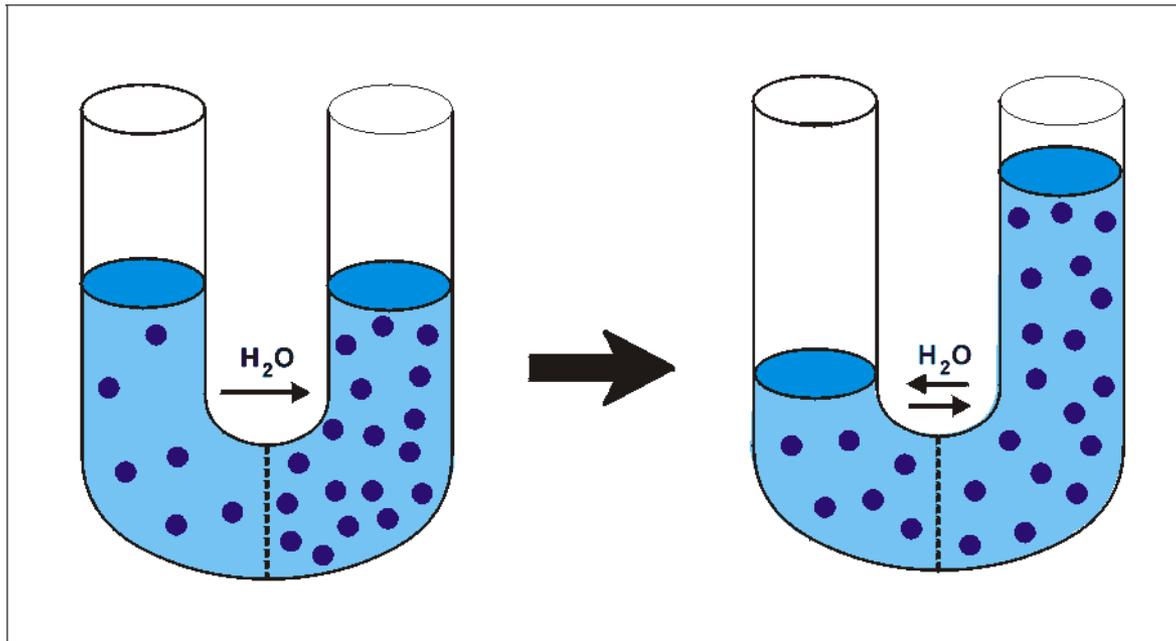
Côté dilué
=
hypotonique



Côté plus concentré
=
hypertonique

Membrane perméable à l'eau, MAIS pas
au soluté

L'eau se déplace du côté hypotonique (dilué)
au côté hypertonique (concentré en soluté)



Comment l'eau traverse la membrane des cellules

- Passage lent à travers les phospholipides membranaires
- Passage rapide à travers des canaux membranaires spécifiques aux molécules d'eau, les **aquaporines**

Les aquaporines (on en connaît plus de 200 sortes différentes dans la règne végétale qu'animale) permettent le passage de l'eau de part et d'autre de la membrane tout en empêchant les ions de pénétrer dans la cellule

Pour les molécules d'eau aussi les membranes biologiques constituent une barrière semi-perméable, ne pouvant pas traverser la bicouche lipidique de la membrane plasmique, elles ont besoin de passer à travers des pores formés par des protéines de transport spécifiques appelées aquaporines.

L'eau diffuse à travers les aquaporines par osmose.

Les aquaporines

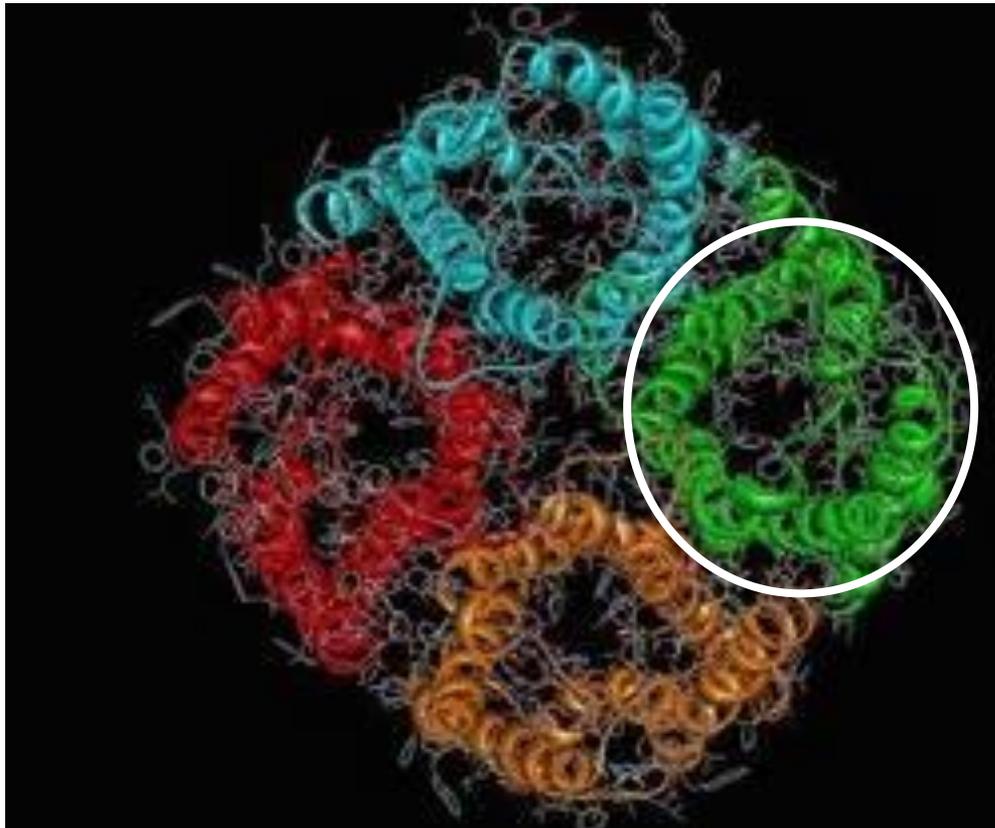
Les aquaporines

L'eau traverse la membrane des ϕ :

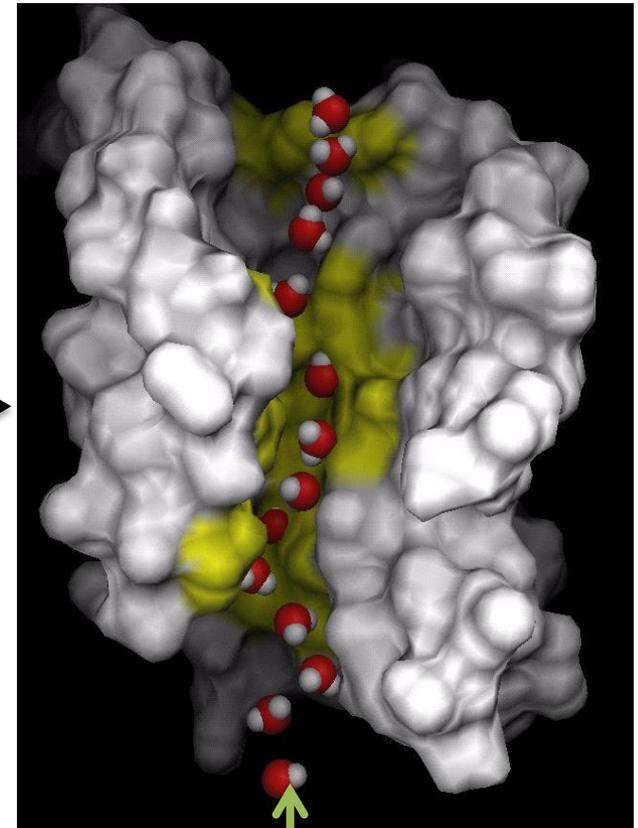
- Passage **lent** à travers les phospholipides membranaires
- Passage **rapide** par des canaux protéiques spécifiques: **les aquaporines**

Les aquaporines (+ de 200 isotypes actuellement recensés)
= en très grand nbre dans certaines ϕ (néphron, entérocytes),
où les mouvements d' H_2O jouent un rôle important.

Les aquaporines

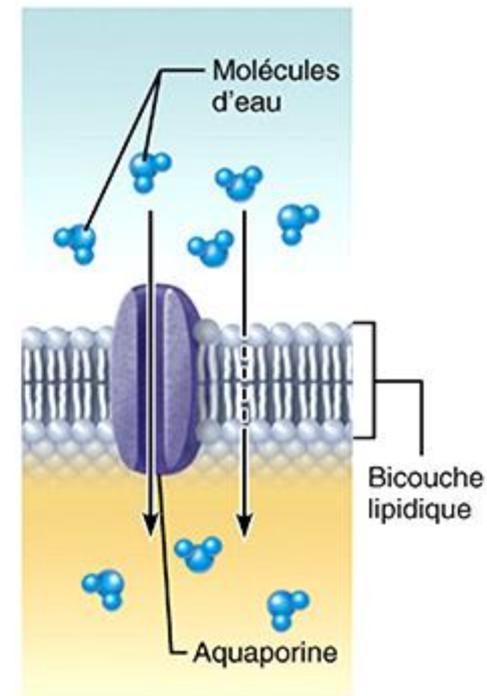
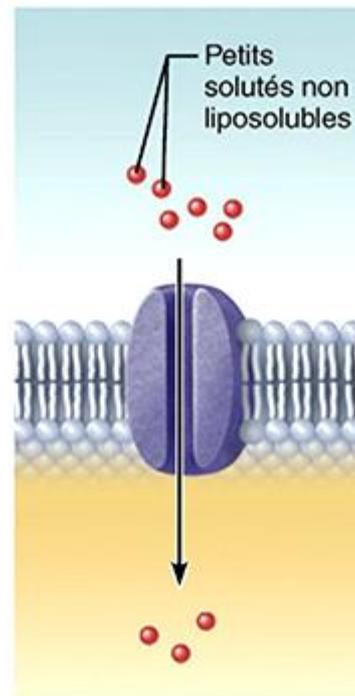
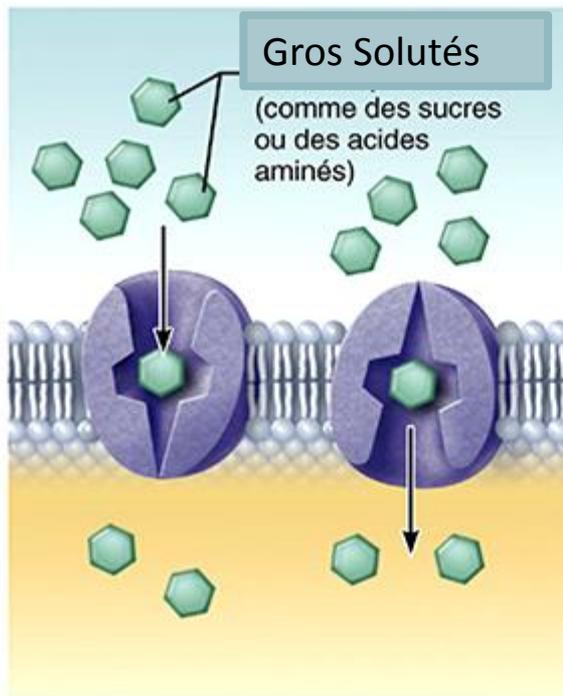
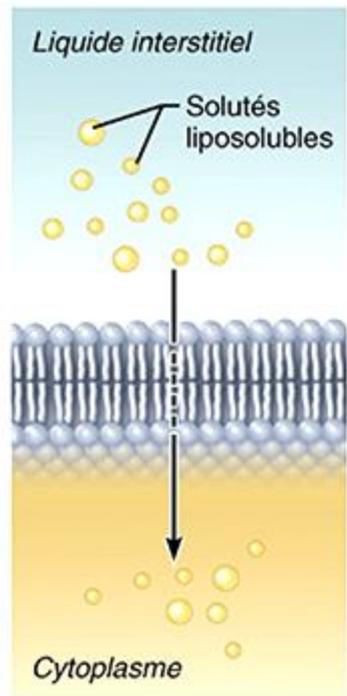


Dans la membrane, les aquaporines forment des complexes de 4 canaux accolés



Molécules d'eau

Transport passif:



Perméase

Canal ionique

Aquaporine

II-Transport actif

□ Transport actif

Définition :

Le **transport actif** implique le transfert d'une molécule contre le gradient de concentration grâce à l'utilisation d'une protéine transmembranaire de type **Pompe**, se fait avec consommation d'énergie.

on distingue le transport :

- **Primaire (Pompes), Secondaire (Cotransport), Vésiculaire**

II-Transport actif

Il ressemble à la diffusion facilitée (nécessite un **transporteur**) mais:

- Transport contre le gradient de concentration (du - concentré vers le + concentré)
- Besoin d'une source d'énergie

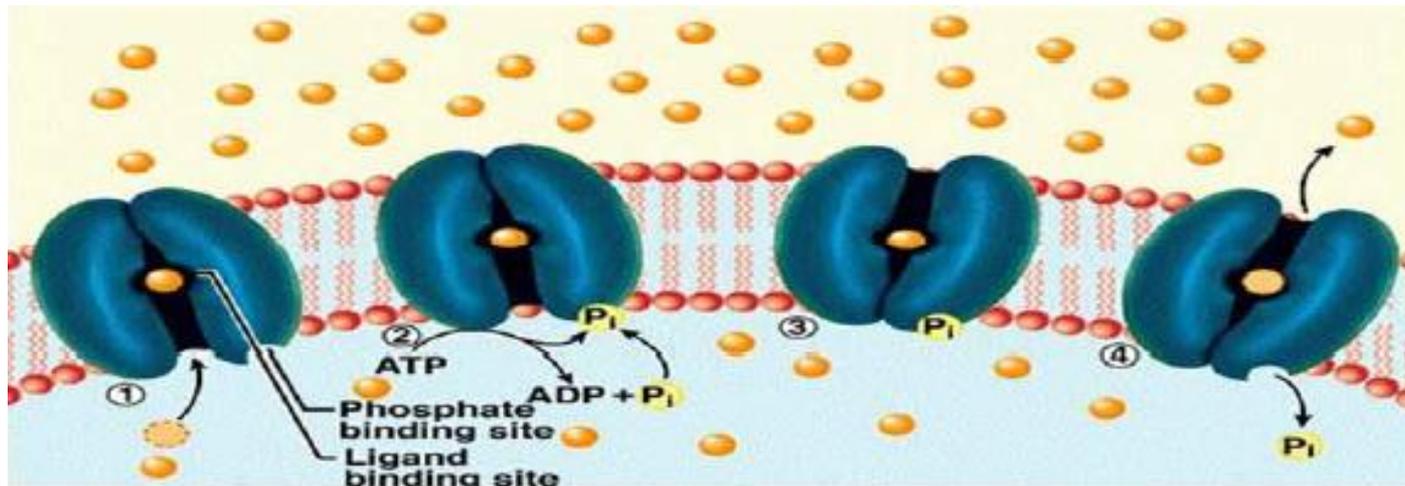
L'énergie peut être obtenue à partir de:

- l'hydrolyse de l'ATP
- d'un gradient de concentration (symport et antiport)

Transport actif entraîné par l'énergie de l'ATP

Protéines transmembranaires

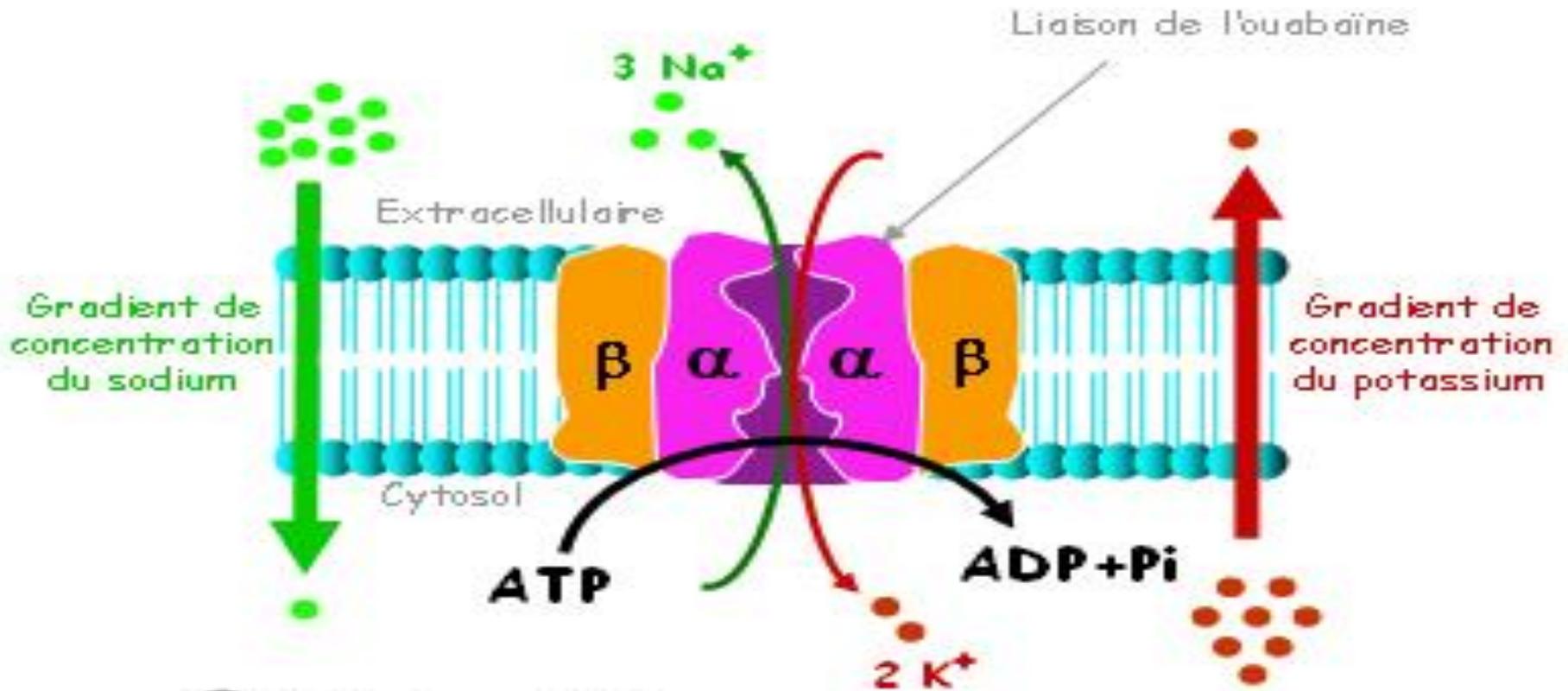
- Possèdent un ou plusieurs sites de liaison pour l'ATP: situées sur la face cytosolique de la MP
- Sont souvent appelées des ATPases
- Utilisent l'énergie d'hydrolyse de l'ATP pour transporter des molécules contre leur gradient



Transport actif primaire

Exemple 1 : la pompe à Na^+/K^+

FONCTIONNEMENT DE LA POMPE Na^+/K^+ ATPase



Transport secondaire (les cotransporteurs)

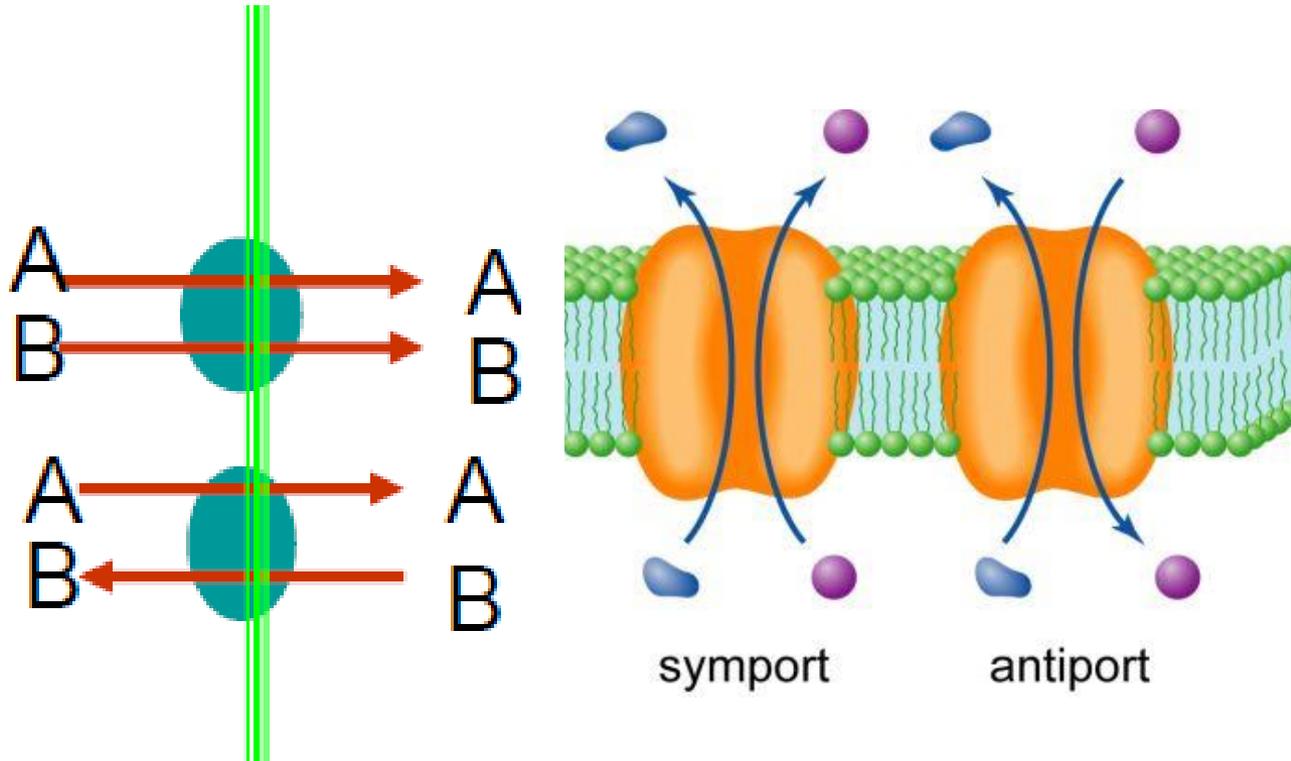
Ce sont des protéines qui transportent 2 molécules différentes :

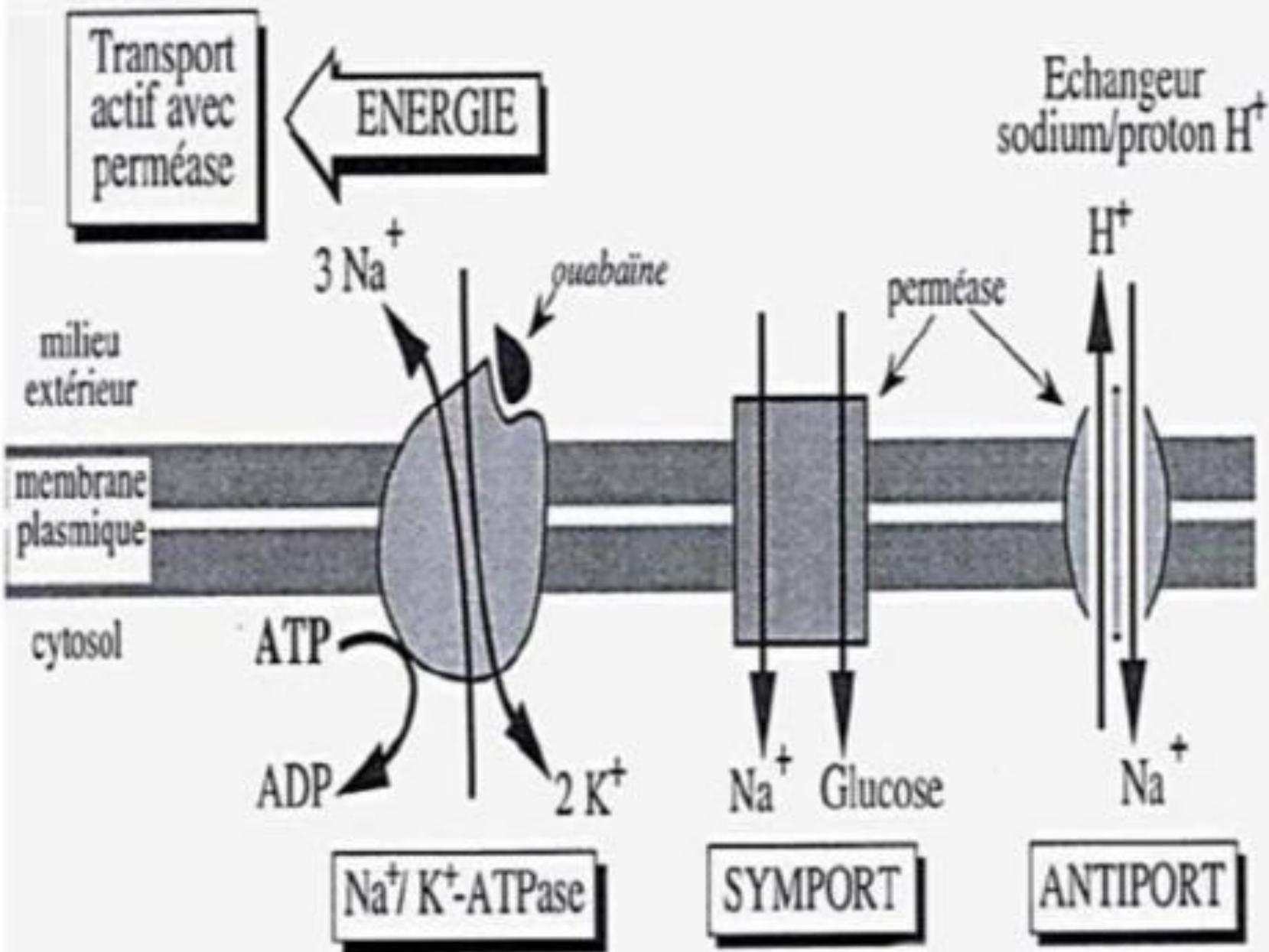
- à la fois une molécule est transportée dans le sens du gradient, l'autre molécule est transporté différent de son gradient.
- La 1ère molécule fournit de l'énergie pour la 2ème qui passe contre son gradient.

On distingue 2 types de cotransporteurs :

- **Les symports** vont transporter les 2 molécules dans le même sens.
- **Les antiports** vont transporter les 2 molécules dans un sens opposé.

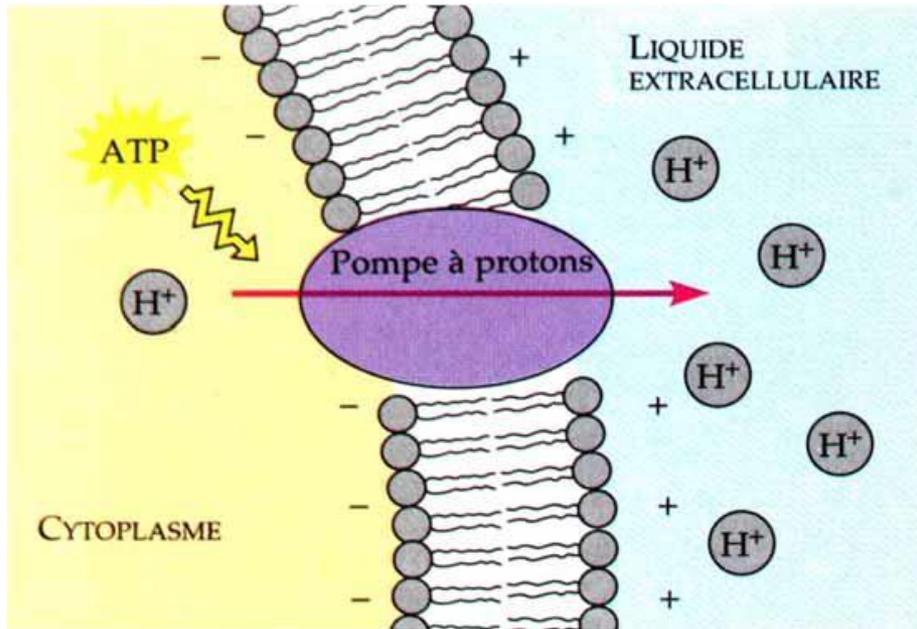
Transport actif entraîné par gradient de concentration (symport et antiport)





Transport actif entraîné par gradient de concentration (symport et antiport)

Exemple 1 : le co-transport du H⁺/saccharose

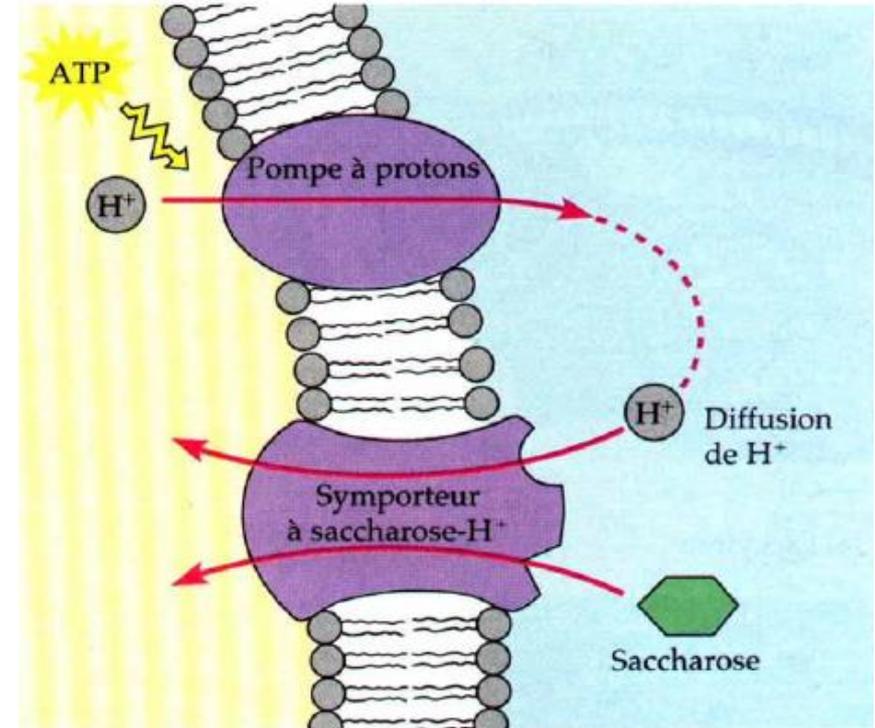


[H⁺]

-

[H⁺]

+++



1. Transport actif de H⁺ par la pompe à protons
2. Formation d'un *gradient de* [C] et d'un *gradient électrique de part et d'autre* de la MP

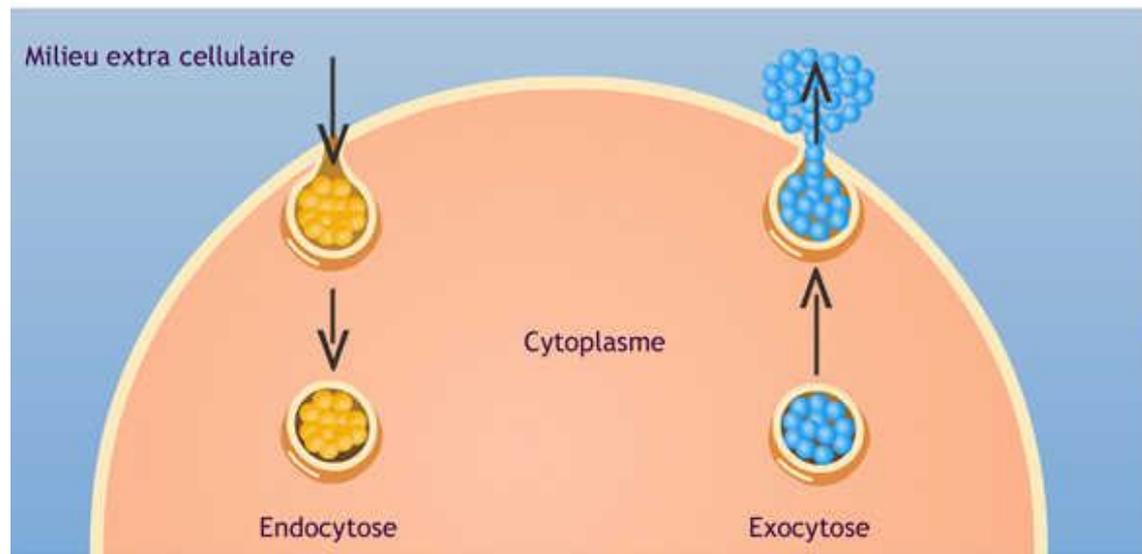
- 3- Diffusion des ions H⁺ avec le saccharose (symport)

Transport vésiculaire

Transport vésiculaire

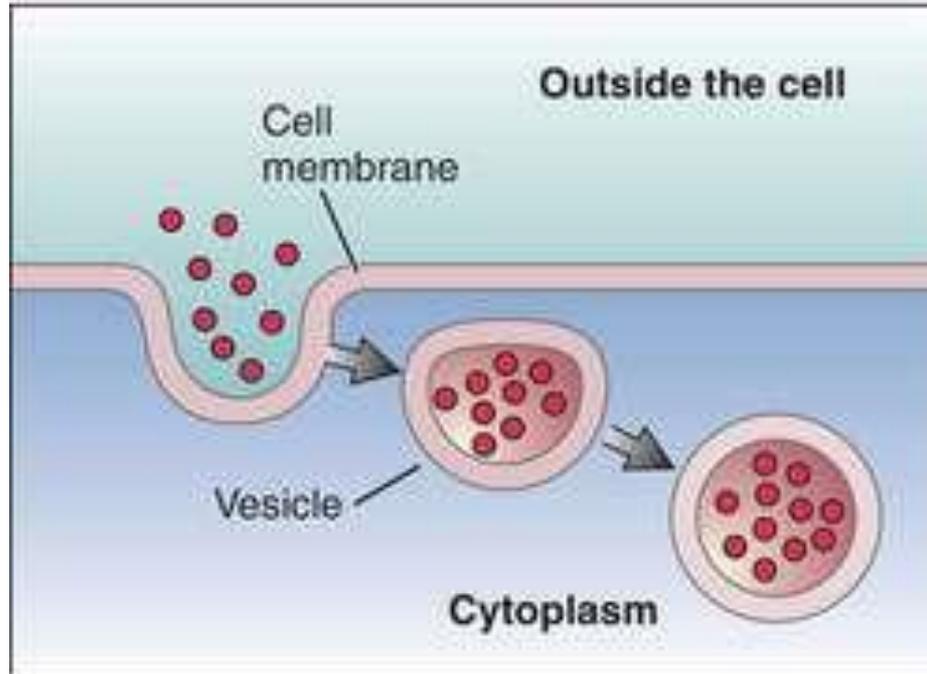
- 2 formes de transport:

Endocytose, Exocytose



Transport vésiculaire: Endocytose

- La ϕ laisse entrer des macromolécules par **invagination** de la MP.
- Une **vésicule** se forme et se détache de la MP.



Transport vésiculaire

Endocytose



➤ passage des grosses particules et des macromolécules de l'extérieur vers l'intérieur de la ϕ .

Exocytose



➤ passage de substances de l'intérieur vers l'extérieur de la ϕ .

Transport vésiculaire



Endocytose



Exocytose

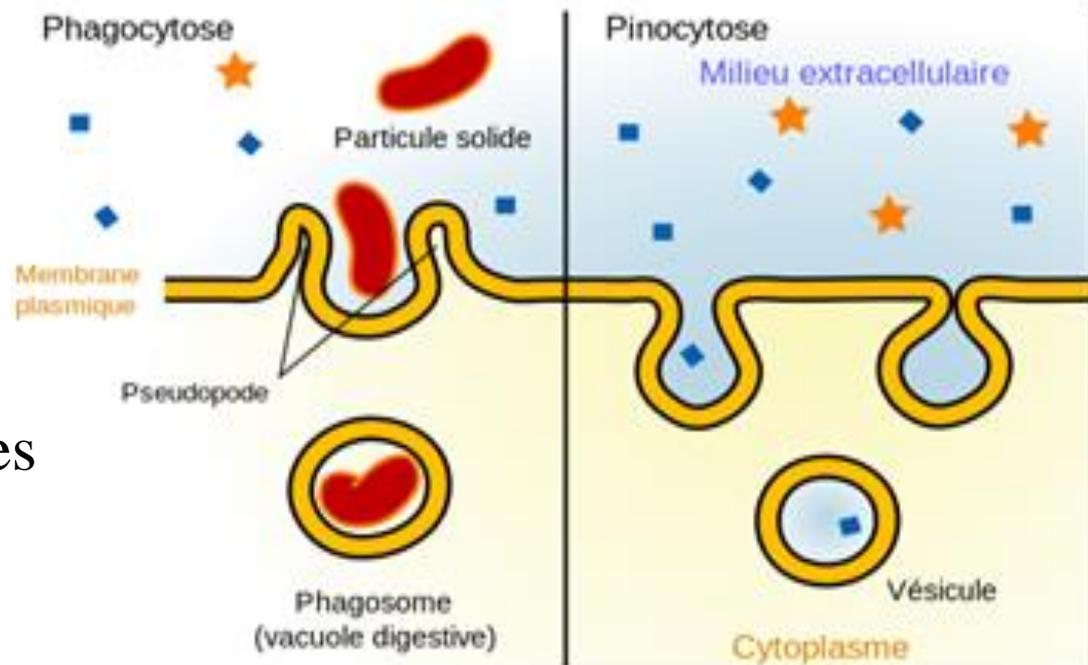


- Phagocytose
- Pinocytose
- Endocytose par récepteurs interposés

Endocytose

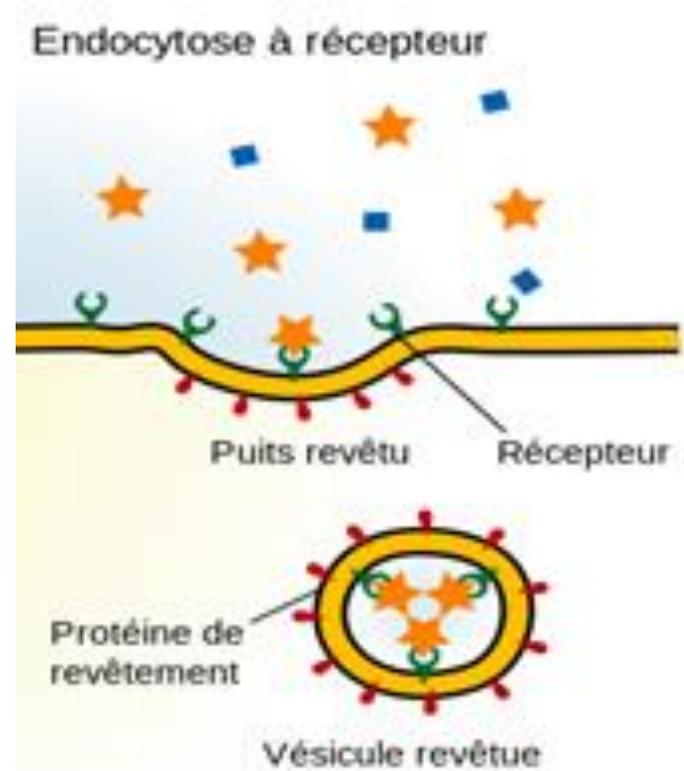
• **La phagocytose** (action de manger): concerne les macromolécules relativement gros et solide = des particules.

• **La pinocytose** (action de boire): concerne les gouttelettes de liquide extracellulaire, contenant des molécules dissoutes. **Ex:** le colloïde du follicule thyroïdien.



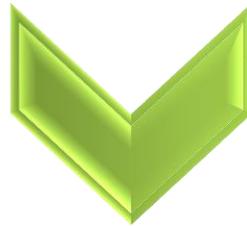
Endocytose

• **L'endocytose par récepteurs interposés:** un transport sélectif, qui nécessite des récepteurs qui se lient à certaines substances (ligands).



L'endocytose

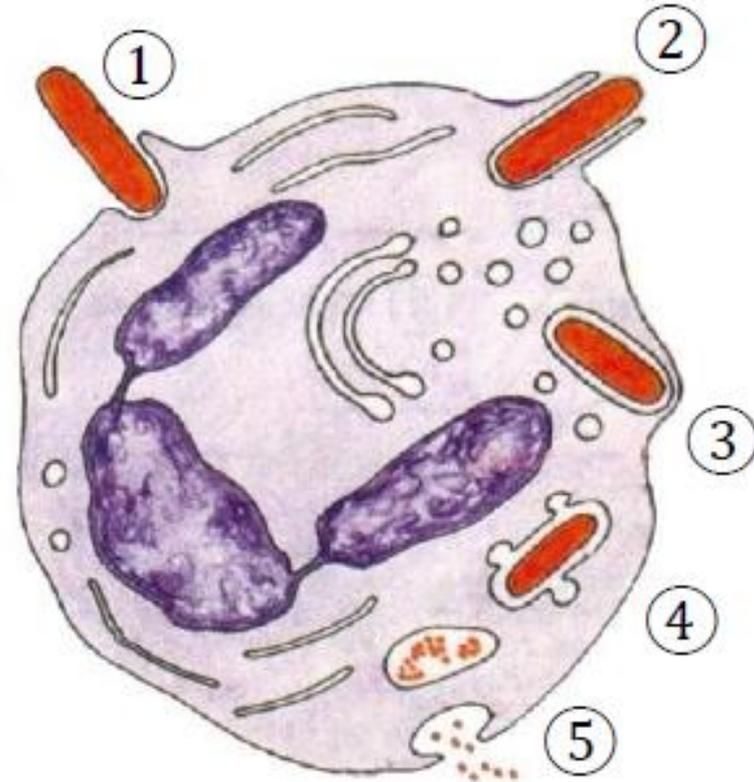
- **Pinocytose:** se produit dans presque tous les types de c et presque tout le temps.
- **Phagocytose:** ne se produit que dans les c spécialisées (c du système immunitaire).



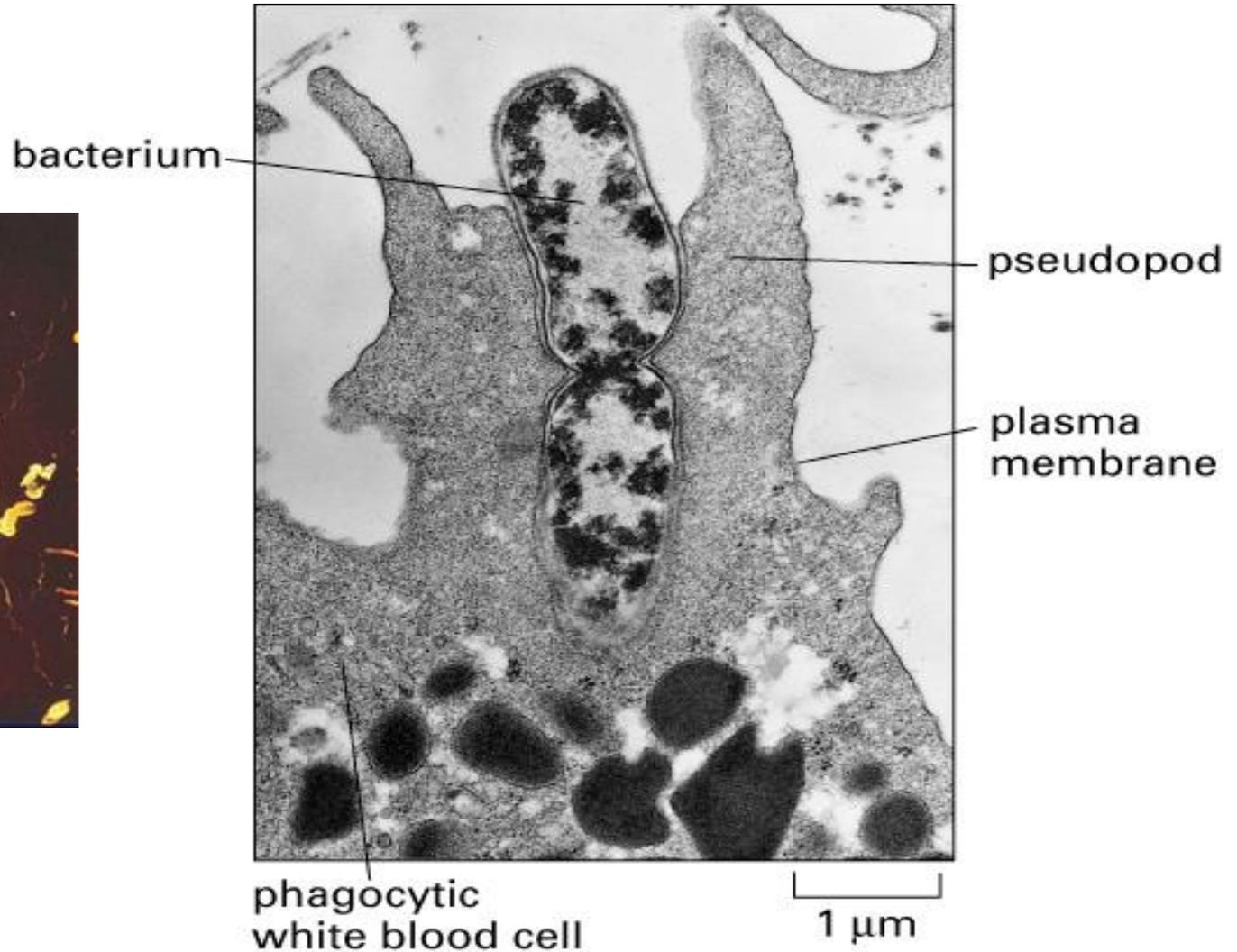
Phénomènes non spécifique

La phagocytose: étapes

1. Fixation de l'élément
2. Englobement de la particule par des prolongements cytoplasmiques
3. Formation d'un **phagosome**
4. Fusion avec des lysosomes et formation d'un **phagolysosome**
5. Dégradation de la particule par des enzymes lysosomales lytiques.



La phagocytose



Phagocytose par un neutrophile

L'endocytose par récepteurs interposés

- Permet l'absorption de molécules **précises** qui s'attachent aux **récepteurs**.
- Transport très spécifique

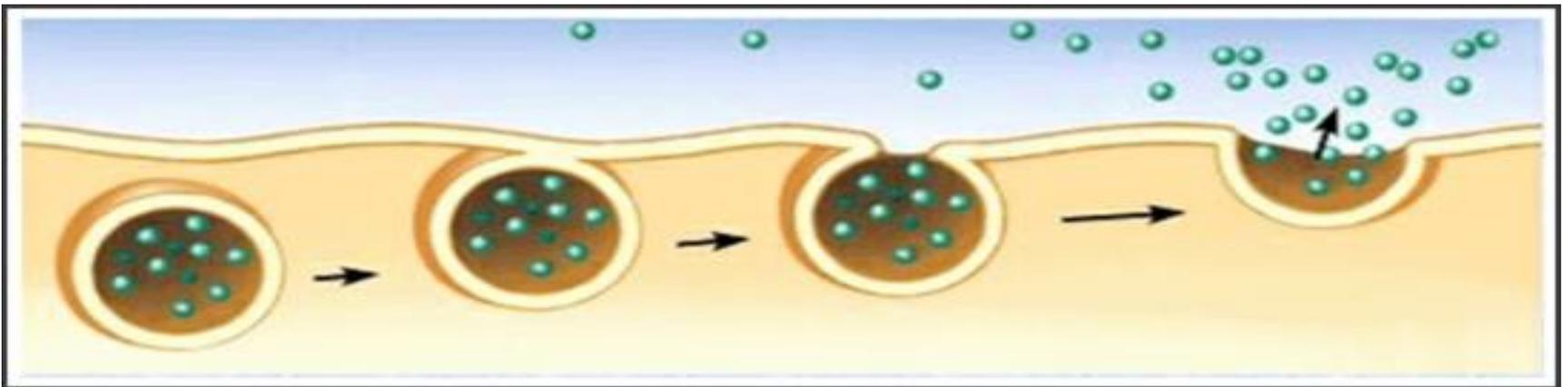


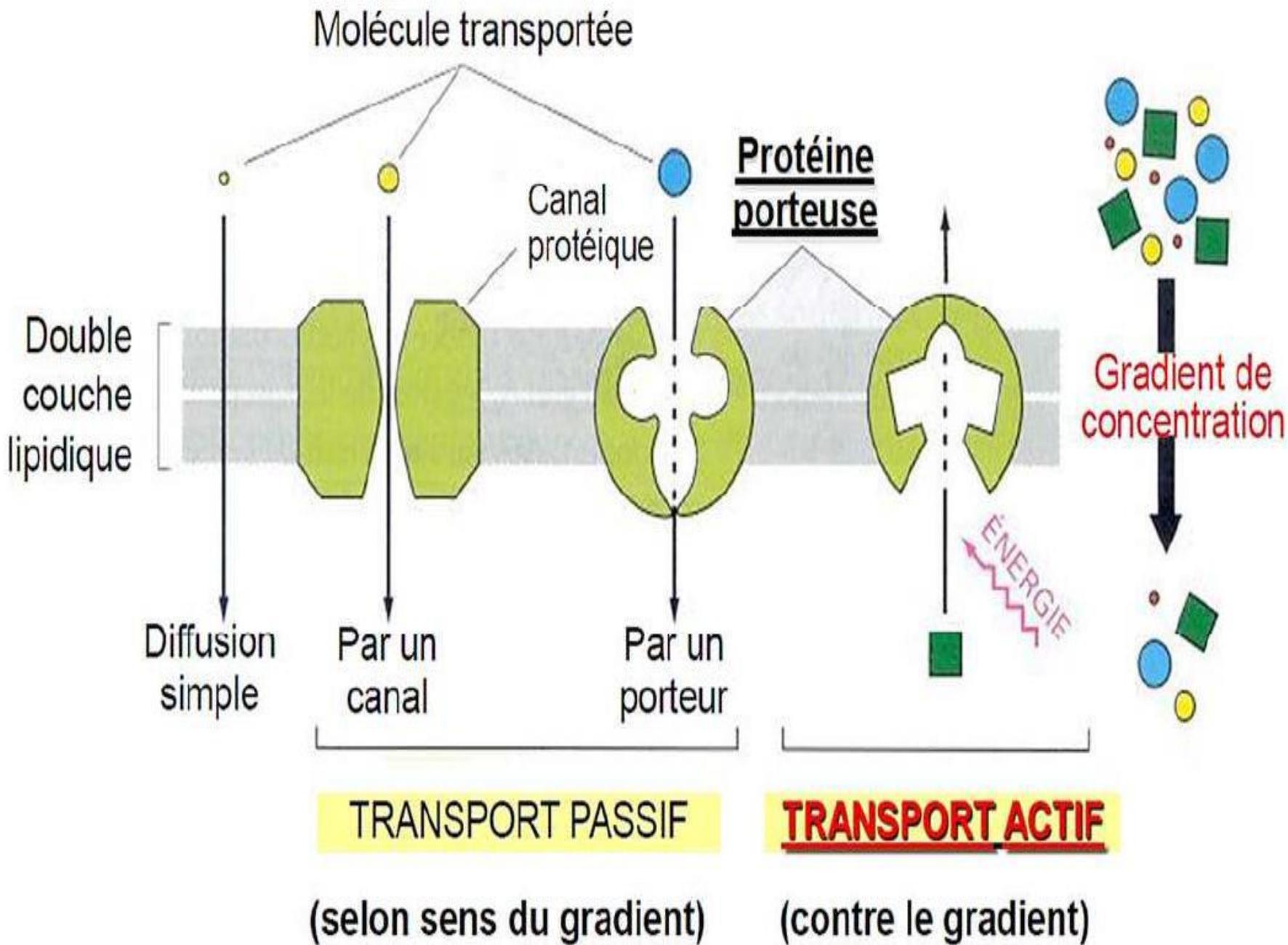
Exocytose

Exocytose

La ϕ **sécrète** des macromolécules par **fusion de vésicules de sécrétion** avec la MP:

- Une **vésicule de transport** qui s'est détachée du **RE** ou de **l'appareil de Golgi**.
- Le cytosquelette transporte les vésicules vers la MP
- Lorsque la membrane de la vésicule et la MP entrent en contact **fusion** des 2 membranes. 
- Le contenu de la vésicule se déverse à l'extérieur de la ϕ .





Transport

Transport passif

-transport de molécules sans dépense d'énergie (forte concentration à faible)

Transport actif

-transport de molécules avec dépense d'énergie (faible concentration à forte)

Transport des grosses particules

-molécules sont trop grosses pour faire du transport passif ou actif

Diffusion

-pour des petites molécules (distance courte)

Osmose

-déplacement des molécules d'eau (hypertonique, hypotonique, isotonique)

Endocytose

(l'entrée)

-membrane se replie vers l'intérieur pour laisser entrer des substances

Pinocytose

-pour petites particules

Phagocytose

-pour grosses particules (globules rouges, bactéries)

Exocytose

(« l'exit »)

-vacuole se fusionne avec la membrane pour libérer le contenu dans le fluide extracellulaire

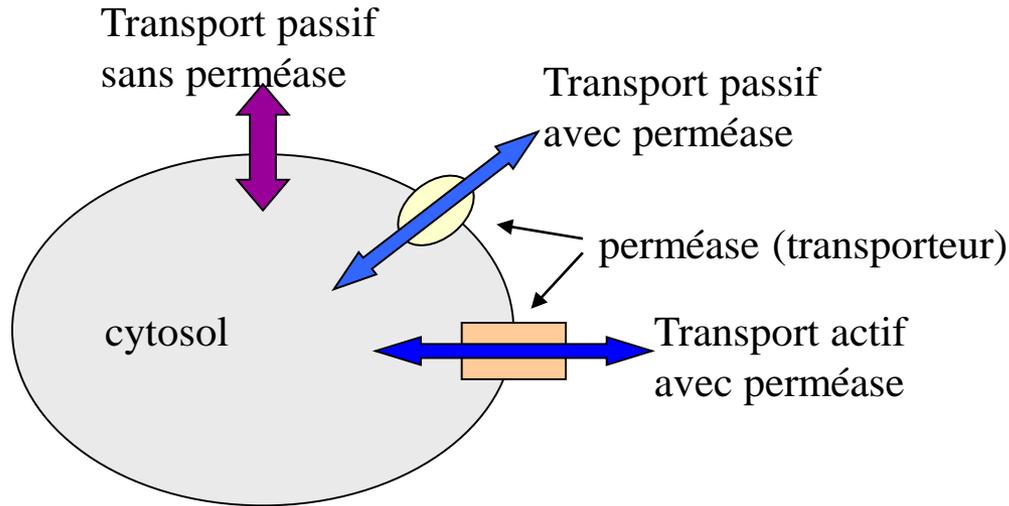
Diffusion facilitée

-molécules trop grosses passent par une protéine de transport

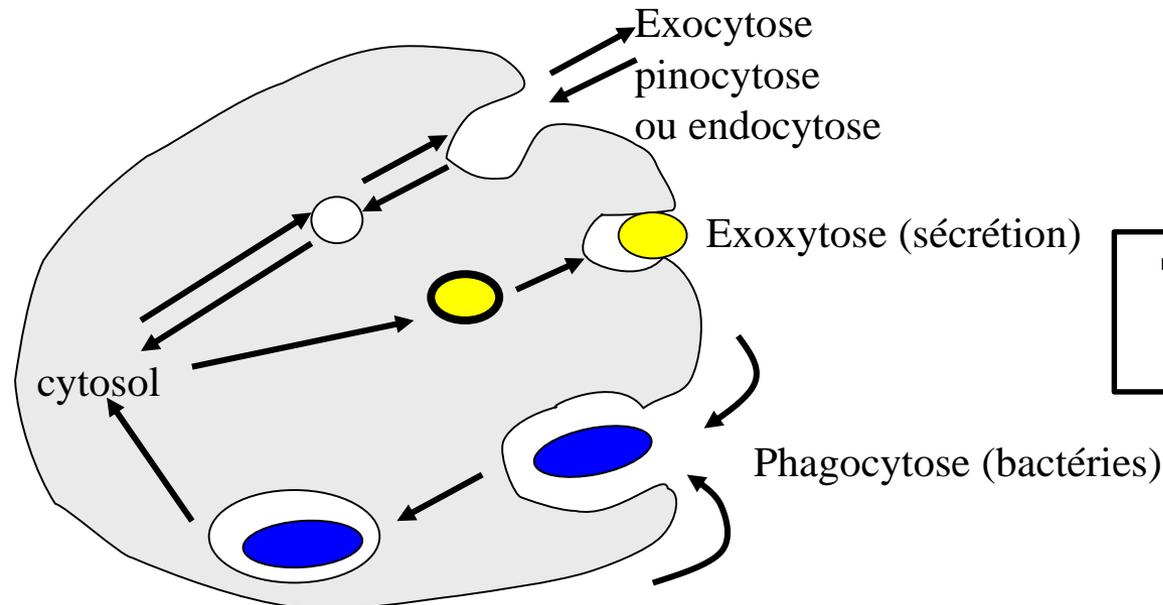
Transport Membranaire

Le transport membranaire

Le passage de substances à travers la MP peut se faire également:



Transport sans mouvements de la MP



Transport avec mouvements de la MP