Membranes cellulaires

by Glycoghélène✨

Coucouuuu les Poussins 🐣 !!!!!!

Bienvenus dans ce nouveau nouveau cours de Biocell 🧣✨ 2 nouveaux pourquoi ? Parce que vous ne l'avez jamais vu et parce que moi non plus puisque c'est un cours de la nouvelle prof de biocell. En vrai, c'est un remake de l'ancien cours qui s'appellait compartiment membranires, j'abuse un peu. J'espère qu'il vous plaira, vous allez voir il est moins dense que mon autre cours (orga du noyau pour ceux pas trauma) et cette fois-ci je vous jure que c'est vrai. Il y a un petit moment de bioch et une grosse partie qui ressemble (beaucoup trop) à de la physio donc finalement c'est pas trop compliqué et ça vous fait des révisions. Je vais pas vous mentir, je compte un peu sur ça pour récupérer ceux qui ont décroché de la biocell alors que c'est la plus merveilleuse des matières 🤗.

Comme la dernière fois (et ce sera vraiment le cas à chaque fiche), tout au long de la fiche, quand j'ai une petite explication ou un mémo, je l'ai indiqué avec un Bulbizarre ou une petite feuille 🌿 donc vous ne serez jamais seul. Aujourd'hui c'est au tour du Pokémon le plus mignon d'apprendre la biocell !!



Sommaire:

I -La membrane plasmique
- A. Généralités
- B. Une frontière controlée
- C. Structure de la membrane
- D. Synthèse

II - Les mécanismes qui permettent de traverser la membrane
- A. Généralités
- B. Diffusion simple
- C. Les protéines de transport
- D. La diffusion facilitée
- E. Transport actif
- F. Co-transport
- G. Synthèse

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Toute vente ou reproduction est interdite

I - La membrane plasmique

A. Généralités

La membrane plasmique, qu'est-ce que c'est ?
Il ne faut pas la définir comme une simple frontière parce que ce serait réducteur, elle n'a pas pour seul rôle de définir les limites d'une cellules par exemple, elle a aussi d'autres fonctions.

En effet, elle **délimite la cellule** mais elle **contrôle aussi ses échanges avec l'environnement, porte des récepteurs, participe à la communication et à la reconnaissance cellulaire et elle s'organise aussi avec le cytosquelette**.

De plus, si on s'intéresse aux cellules eucaryotes, la logique membranaire ne concernera pas seulement la périphérie de la cellule mais également celle du noyau, du réticulum endoplasmique, de l'appareil de golgi, des endosomes, des lysosomes et des mitochondries (les fameuses hihi). Et oui, tous ces éléments sont eux aussi délimités par une membrane.



Tut'focus:

Déjà on va se faire un petit récap entre cellule eucaryote et procaryote :

- *procaryote = cellule dépourvue de noyau (ex : bactérie)*
- *eucaryote = cellule possédant un noyau délimité par un membrane (ex: nos cellules)*

Ensuite, je me rends bien compte que je viens de vous faire une liste de course de différents organistes que l'on trouve dans la cellule eucaryote mais du coup pour un petit résumé (même si vous le reverrez avec ma super co-tut ♡) :

- noyau = ce qui contient l'information génétique avec les chromosomes
- réticulum endoplasmique : compartiment de synthèse des protéines
- appareil de golgi : permet le tri, modification et export des protéines
- endosomes : plateforme de tri de la cellule
- lysosomes : compartiment de digestion de la cellule = sa poubelle/son estomac
- mitochondries : la fabrique d'énergie de la cellule

Donc si vous avez bien suivi, l'intérêt de comprendre la membrane plasmique c'est de pouvoir également comprendre la logique générale de la compartimentation d'une cellule eucaryote.



Tut'mémo:

Alors petit mémo de mon vieux pour mieux comprendre cette histoire de compartiment mais en gros, il faut voir la cellule comme un appartement : chaque pièce a sa fonction et une pièce c'est un organite donc chaque organite a sa fonction pour que le tout marche correctment.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

En effet, la cellule est composée de plusieurs organites qui vont travailler ensemble afin d'accomplir les missions de la cellule. Il faut les voir un peu comme nos organes, et là se sont les organes de la cellule;.



Tut'déf:

Membrane plasmique : c'est à la fois une barrière sélective, une interface dynamique et un support de communication.

On peut donc se poser une question : comment la membrane plasmique protège-t-elle la cellule du milieu extérieur tout en lui permettant d'échanger avec lui ?

En effet, une cellule doit être séparée de son environnement, mais elle ne peut pas non plus être isolée (si non elle ne peut pas remplir sa fonction au sein de l'organisme). De plus, elle doit également apporter des nutriments, recevoir des signaux, éliminer des déchets et communiquer avec d'autres cellules.

Donc le but dans cette partie de cours c'est de comprendre :

1. Pourquoi une bicouche lipidique se forme spontanément dans l'eau
2. Pourquoi la membrane est une barrière sélective mais non étanche
3. Pourquoi elle est fluide, asymétrique et organisée
4. Comment ses constituants expliquent ses grandes fonctions cellulaires



Tut'focus:

Petit cadeau de la prof, elle vous donne la logique qu'il faut retenir car elle va permettre de construire tout le cours : structure → propriétés → fonction

Traduction : à chaque fois que l'on rencontre une structure particulière, celle-ci n'est pas construite au hasard. En fait, une structure particulière va permettre d'acquérir des propriétés particulières. Et lorsque l'on additionne toutes les propriétés ensemble, on obtient une fonction spécifique.

B. Une frontière contrôlée :

La cellule n'est pas un simple sac rempli de liquide, elle doit maintenir le milieu intérieur différent du milieu extérieur : les concentrations en ions, en protéines, en ARN ou en métabolites ne sont pas les mêmes de part et d'autre de la membrane (normalement vous l'avez déjà vu en physio tout ça).

La membrane est donc confrontée à plusieurs contrainte :
La première est de délimiter la cellule et de préserver l'identité/la composition du cytosol. Mais la cellule doit aussi intéragir et échanger avec son environnement. La deuxième contrainte est donc d'assurer l'import des nutriments, l'export des déchets et la reception des signaux. On peut aussi ajouter qu'elle doit pouvoir intéragir avec d'autres cellules.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

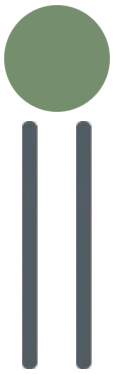
La membrane plasmique répond ainsi à ces 2 contraintes : elle sépare mais elle permet aussi des échanges contrôlés.
Comment ? En étant une membrane sélective, dynamique et organisée.

Maintenant, parlons un peu de ce qui compose notre chère membrane. Vous le savez peut-être déjà, mais le membrane plasmique est en grande partie composée de lipides.

Ainsi, la première propriété fondamentale des lipides membranaires est leur caractère amphiphile ou amphiphatique.

Qu'est-ce que ça veut dire ? Cela signifie q'une même molécule possède 2 affinités opposées. Dans le cas de nos lipides on obtient :

- la tête polaire qui est hydrophile intéragit favorablement avec l'eau
- les queues hydrocarbonées sont apolaires et hydrophobes donc elles évitent le contact avec l'eau.



En milieu aqueux (dans de l'eau), les têtes restent ainsi au contact de l'eau tandis que les queues vont se regrouper entre elles.
Cette organisation permet alors de minimiser les interactions défavorables entres les parties hydrophobes et l'eau.



Import'tut :

+++La formation de cette organisation est une propriété physico-chimique : elle n'a pas besoin de consommer directement l'énergie, de l'ATP pour que cette organisation apparaisse. *+++*
En fait, ça s'oppose un peu à une réaction chimique si vous voulez. On ne consomme rien en terme d'énergie juste ça se fait tout seul un peu comme des aimants.

Dans l'eau, les lipides amphiphiles (donc qui ont un tête polaire et une queue apolaire) vont s'auto-assembler spontanément. Selon leur forme et les conditions du milieu, ils peuvent former des micelles, des liposomes ou des bicouches membranaires (je vous mets des schémas juste après no panic).

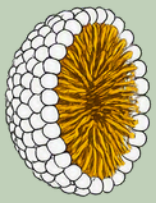
Dans ces différentes formations, les têtes hydrophiles sont orientées vers les milieux aqueux : d'un côté le milieu extra-cellulaire, de l'autre le cytosol. Les queues hydrophobes vont se regrouper au centre et vont former un coeur hydrophobe. Cette bicouche est donc stable dans l'eau et constitue le support commun des membranes cellulaires. **La bicouche lipidique constitue l'architecture de base de toutes les membranes biologiques.**

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

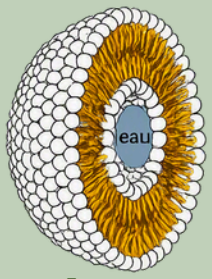
Tut'focus :

La micelle est une sorte de bille, le liposome c'est plus comme un cylindre creux ou alors comme une micelle dans laquelle on a creusé un tunnel et enfin la bicouche lipidique ça forme une sorte de matelas je trouve avec sur les faces extérieures les têtes polaires et à l'intérieur à la place des plumes se sont les queues apolaires.





Micelle



Liposome

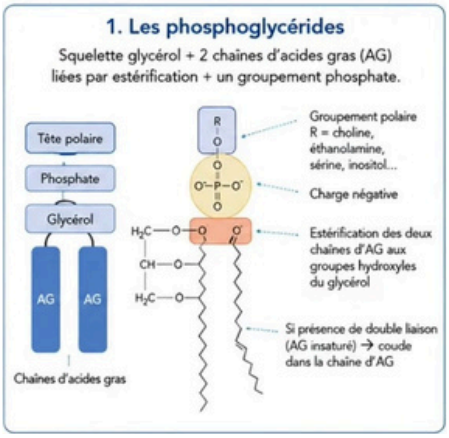


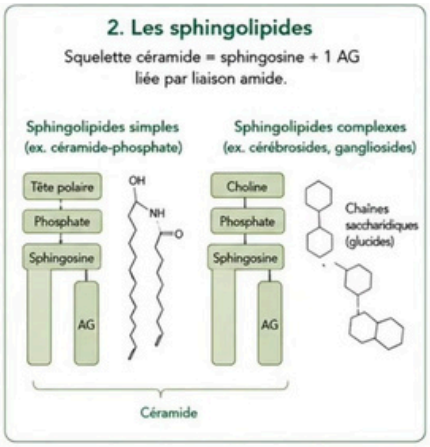
Bicouche membranaire

On va maintant passer à une partie un peu relou mais en vrai c'est cool parce que c'est de la bioch donc ça fait de fou des rappels et quand vous apprenez un cours vous en apprenez un autre donc c'est trop cool, ça fait d'une pierre deux coups !

On peut retenir 3 grandes familles de lipides membranaires : phosphoglycérides, sphingolipides et cholestérol.

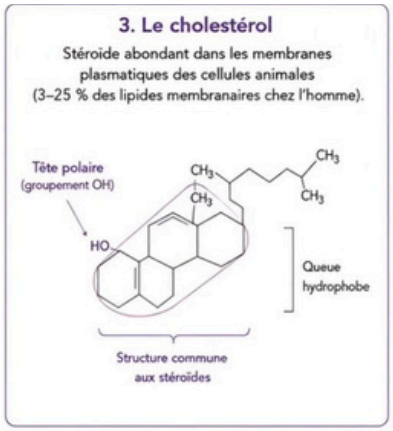
1. Les phosphoglycérides constituent une grande partie de la bicouche, voire même la majorité de la bicouche. Ils possèdent un squelette glycérol, 2 chaînes d'acide gras et un groupement phosphate qui porte une tête polaire.





2. Les sphingolipides reposent sur un squelette différent. Dérivées de la sphingosine, elles sont souvent présentes dans le feuillet externe et peuvent porter des chaînes glucidiques : on dit que les shingolipides sont glycosylées.

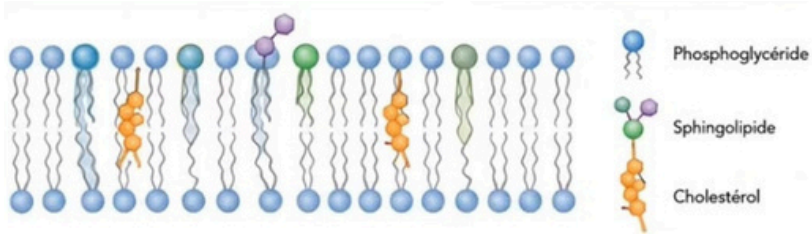
3. Le cholestérol est un stéroïde abondant dans les membranes animales. Il va s'intercaler entre les lipides et moduler la fluidité et la stabilité de la bicouche.



Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

A ce stade, l'important n'est pas de retenir toute la chimie de chaque lipide mais de comprendre que la composition lipidique va conditionner les propriétés physiques de la membrane. Donc en gros, selon comment est composé tel lipide, il n'aura pas les mêmes fonctions car sa composition lui donnera des propriétés différentes qui auront un impact sur la membrane en règle générale.

Schéma simplifié de l'organisation des lipides dans la bicouche lipidique



C. Structure de la membrane :

Le coeur hydrophobe de la bicouche lipidique explique pourquoi la membrane est une barrière sélective. Qu'est-ce que cela signifie ?

Les petites molécules apolaires comme le dioxygène ou le dioxyde de carbone vont traverser relativement facilement car ils seront "dans leur élément" entre les queues des lipides qui sont elles aussi apolaires.
Certaines molécules liposolubles peuvent aussi diffuser à travers la bicouche.

En revanche, les ions (comme le sodium Na^+, le potassium K^+ ou calcium $Ca2^+$), les molécules polaires (comme le glucose) et les grosses molécules, elles ne peuvent pas traverser librement ces queues hydrophobes.

La membrane n'est donc pas une paroi totalement étanche. Elle ne doit pas non plus être perméable à tout. Les échanges importants devront être contrôlés par des protéines membranaires spécialisées.

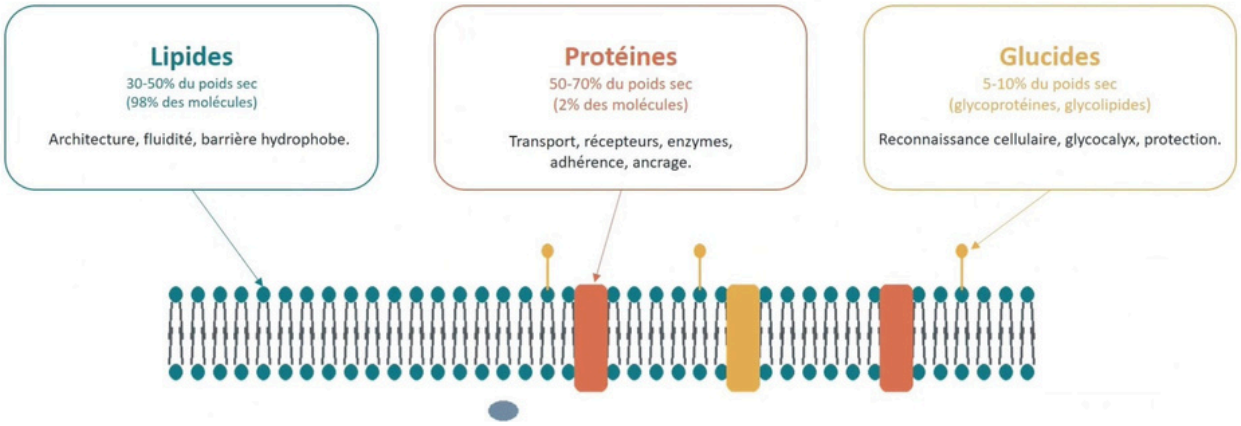


Tut'récap :

*Une membrane biologique n'est donc pas seulement une bicouche de lipides, c'est une **structure composite** qui associe lipides, protéines et glucides dans une organisation fonctionnelle. Les **lipides** forme l'architecture générale, participent à la fluidité et ils créaient la barrière hydrophobe. Les **protéines** vont assurer la plupart des fonctions spécialisées : transport, la réception des signaux, la réactivité enzymatique, l'adhérence ou l'ancrage au cytosquelette. Les **glucides** qui sont portés soit par des protéines soit par des lipides, vont être exposés surtout du côté extracellulaire et vont participer à la reconnaissance cellulaire et au glycocalyx.*
Toutes les membranes n'ont pas exactement la même composition : leur composition va varier selon le type cellulaire et selon le compartiment dans lequel on se trouve.
On y reviendra plus tard mais le glycocalyx ce sont les glucides sous différentes formes, exposés sur la surface externe de la membrane et qui remplissent de nombreuses fonctions pour la cellule.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Et voilà le petit schéma récap qui fait plaisiiiir :

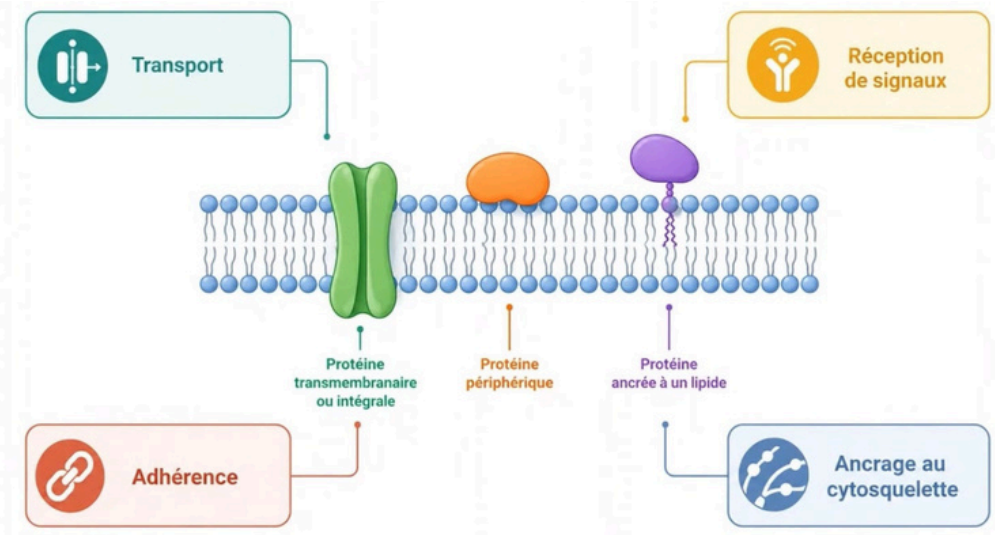


Si on reprend ce qu'on a dit, une bicouche lipidique seule isole mais ce sont les protéines qui vont rendre la membrane réellement fonctionnelle. C'est toujours la même chose mais se sont les protéines qui donnent sa spécificité à la membrane.

Certaines protéines vont traverser complètement la bicouche, on parle de protéines transmembranaires ou de protéines intégrales. Ces protéines possèdent des domaines hydrophobes insérés dans la membrane et des domaines hydrophiles exposés de part et d'autre de la membrane.

D'autres protéines sont périphériques, c'est-à-dire qu'elles sont associées qu'à une seule face de la membrane par interaction soit avec les lipides soit avec d'autres protéines.

Enfin, certaines protéines sont ancrées à la membrane par un lipide. L'ancre glycosyl-phosphatidylinositol ou ancre GPI par exemple fixe certaine protéine sur le feuillet externe de la membrane plasmique.
Cette diversité d'association explique la diversité des fonctions : canaux, transporteurs, récepteurs, enzymes, molécules d'adhérence ou point d'ancrage du cytosquelette.



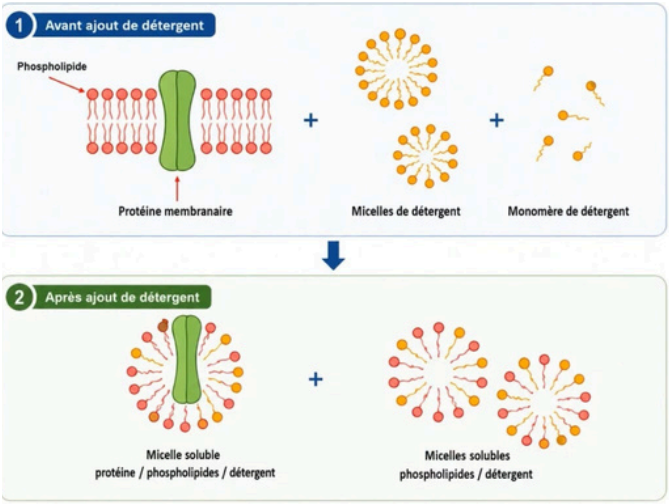
Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite



Tut'warning :

La partie qui va suivre introduit l'idée de méthode afin d'étudier une protéine qui est normalement insérée dans une membrane.
Donc si on traduit, c'est le retour des expériences afin de comprendre le vivant ! Mais vous inquiétez pas c'est pas très compliqué. En vrai, essayez juste de vraiment comprendre le concept et le protocole comme au lycée et ça passera tout seul.

On va s'intéresser à la purification détergente des protéines membranaires.



Les détergents sont des molécules amphiphiles comme les lipides. Ils possèdent une partie hydrophile et une partie hydrophobe.
Lorsqu'on les ajoute à une membrane, ils vont désorganiser la bicouche et entourer les régions hydrophobes des protéines membranaires.

On va alors obtenir des complexes solubles sous forme de micelles qui vont contenir protéines, lipides et détergent. Cette méthode permet d'extraire les protéines membranaires pour les purifier et les étudier.

Tous les détergents n'ont pas le même effet : certains comme les détergents ioniques peuvent dénaturer les protéines, d'autres non ioniques ou zwitterioniques sont souvent utilisés pour conserver une structure plus proche de l'état fonctionnel.



Tut'def :

***zwitterionique** : molécule neutre qui possède à la fois une charge positive et une charge négative sur des groupes fonctionnels distincts. Elle est neutre car toutes les charges s'équilibrent.*



Tut'récap :

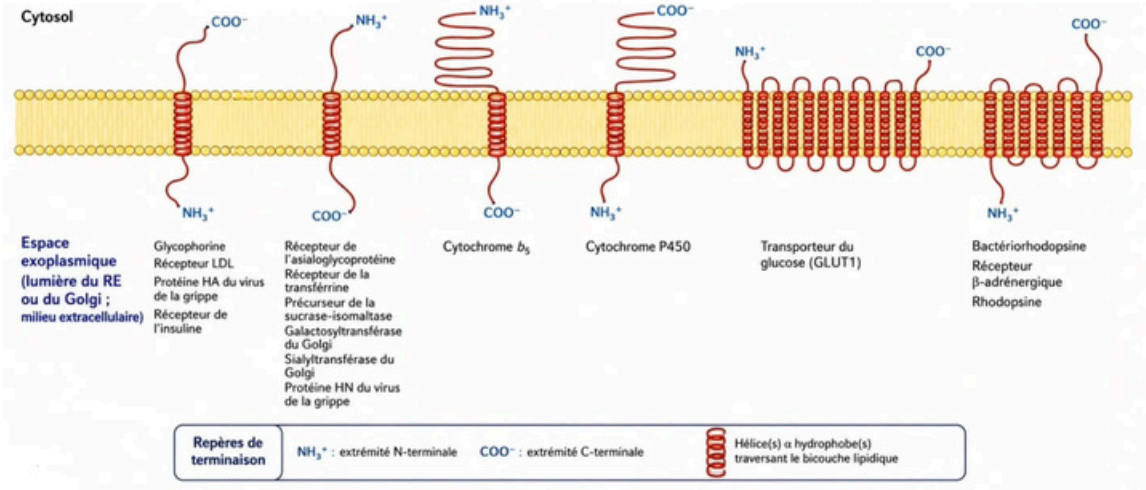
***L'étude des protéines membranaires nécessite de préserver ou de mimer l'environnement hydrophobe dans lequel elles se situent actuellement**. Et oui, ça peut sembler bête mais si vous étudiez votre protéine hors contexte vous risquez de passer à côté de certaines de ses fonctions ou interractions ou pire encore, de ne pas étudier sa véritable fonction.*

La **topologie** d'une protéines membranaire correspond à son <u>orientation dans la membrane</u> et à son <u>nombre de passages transmembranaires</u>.
Certaines protéines traversent la membrane une seule fois, d'autres la traversent plusieurs fois. Les domaines exposés au cytosol et ceux exposés à l'espace exoplasmique n'ont pas les mêmes fonctions.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

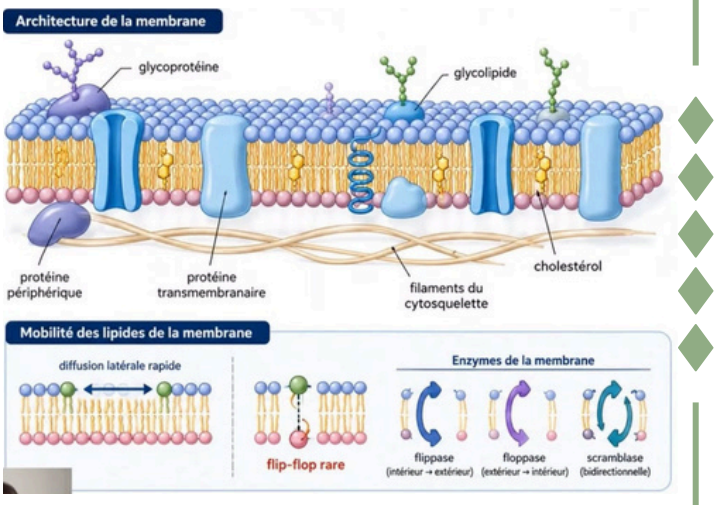
L'espace exoplasmique désigne ici la lumière du réticulum endoplasmique, du golgi ou le milieu extracellulaire une fois la protéine adressée à la membrane plasmique.

Un **domaine extracellulaire** peut <u>reconnaitre un ligand</u> alors qu'un **domaine cytosolique** peut <u>transmettre un signal ou interagir avec des protéines intracellulaires</u>. Leurs fonctions sont donc différentes.
La membrane impose une orientation fonctionnelle aux protéines qui la compose. Autrement dit, l'orientation et le nombre de passages dans la membrane déterminent la fonction des protéines membranaires.



La membrane est décrite pas le modèle de **mosaïque fluide**.
Mosaïque parce qu'elle associe différents lipides, protéines et glucides.
Fluide parce que les lipides et certaines protéines peuvent diffuser latéralement dans le plan de la membrane. Cette mobilité latérale est rapide pour les lipides alors que la mobilité des protéines est souvent plus contrôlée (🌿dites vous que les lipides sont souvent plus légers que les protéines donc ils se déplacent plus facilement).

La fluidité dépend notamment de la température, de la longueur et du degré d'insaturation des chaînes d'acides gras et de la quantité de cholestérol.
Le cholestérol qui s'intercale entre les phospholipides module cette fluidité. Il stabilise la bicouche tout en évitant qu'elle soit trop rigide ou trop désorganisée.



Le passage spontané d'un lipide d'un feuillet à un autre, que l'on appelle le flip flop, est un évènement rare. Des enzymes spécialisées peuvent contrôler ce passage comme les flippases, les floppases ou les scramblases.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite



Tut'récap :

***La fluidité** : ça veut dire que les lipides et certaines protéines diffusent dans le plan de la membrane, donc un mouvement latéral.*

***Le cholestérol** : il vient s'intercaler entre les phospholipides afin de moduler la fluidité et stabiliser en même temps la bicouche.*

***L'organisation** : fluide ne veut pas dire anarchique : on observe des interactions avec le cytosqueltte, la matrice ou d'autres protéines.*

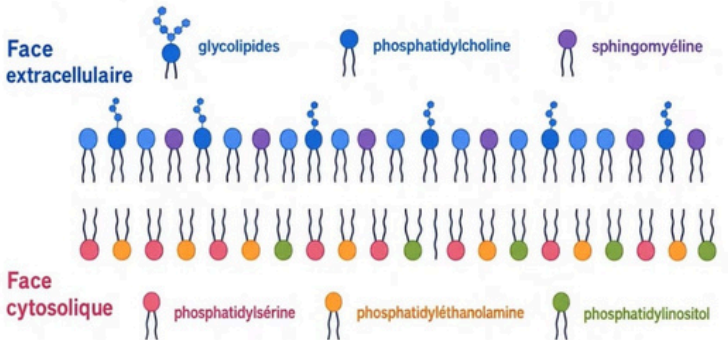
La membrane n'est donc pas quelque chose de statique mais bien dynamique.

La membrane plasmique est asymétrique : ses deux feuillets (interne et externe) n'ont pas la même composition (ce qui fait qu'il n'ont pas la même fonction non plus si vous avez bien suivi). Le feuillet externe est enrichi en certains lipides notamment la phosphatidylcholine, la sphingomyéline et les glycolipides. Le feuillet cytosolique quant à lui contient davantage de phosphatidylsérines, de phosphatidyléthanolamines et de phosphatidylinositols.

Cette asymétrie est fonctionnelle. Les glucides sont majoritairement exposés vers l'extérieur, ils participent à l'identité cellulaire. Certains lipides du feuillet interne participent à la signalisation intracellulaire (ça serait un de mes cours hihihiii).

Un exemple important à retenir est celui de la phosphatidylsérine. Elle est normalement localisée du côté cytosolique. Mais si elle est exposée à la face externe, elle sert de signal de reconnaissance pour les cellules phagocytaires indiquant son entrée en apoptose (#le retour du cours mort cellulaire de ma super co-tut).

Donc l'asymétrie permet la reconnaisance cellulaire, l'ancrage de signaux intracellulaire et la réponse à certains états cellulaires.



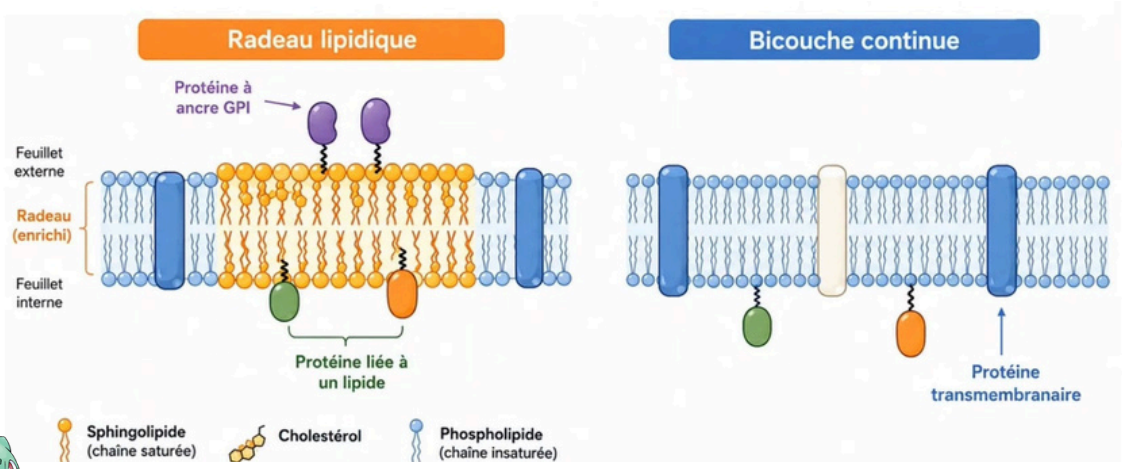
L'asymétrie est donc activement maintenue et peut devenir un signal biologique. Même si la membrane est fluide, elle n'est pas désorganisée. La mobilité latérale des protéines peut être restreinte par le cytosquelette, par la matrice extracellulaire, par des interactions entre protéines ou encore pas des jonctions entre cellules.

La membrane contient aussi des microdomaines. Les radeaux lipidiques sont classiquement décrits comme des zones enrichies en cholestérol et en sphingolipides associés à certaines protéines. Notamment des protéines ancrées à un lipide comme les protéines à ancre GPI.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Ces microdomaines peuvent concentrer des molécules impliquées dans la signalisation ou dans le trafic membranaire.

Il faut rester simple : la membrane n'est pas un liquide uniforme. Elle est fluide mais elle est organisée en domaines fonctionnels. (c'est vraiment 20 fois la même chose, dite de manières différentes.

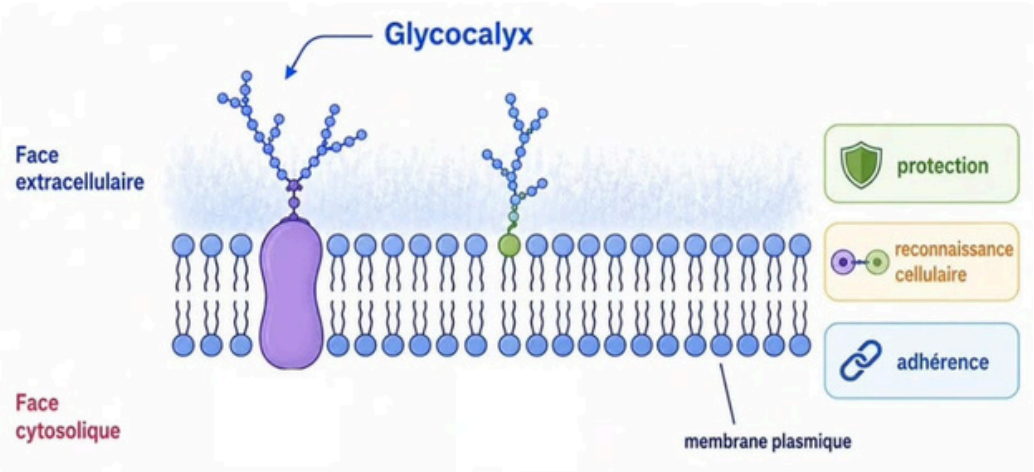




Tut'def : ***le glycocalyx***

A la surface externe de la membrane plasmique, des chaînes glucidiques sont portées par des glycoprotéines, glycolipides ou par des protéoglycanes. Cet ensemble forme ce qu'on appelle le ***glycocalyx****. Le glycocalyx participe à la protection de la surface cellulaire, à l'hydratation, à la reconnaissance entre cellules et aux interactions avec le milieu extracellulaire.*
Il faut vraiment le voir comme un revêtment qui sert de protection et de moyen de communication avec ce qui entoure la cellule. Il participe à l'identité cellulaire.

La surface cellulaire porte ainsi des marqueurs qui peuvent être reconnus par d'autres cellules, par des anticorps ou parfois par des agents infectieux.



Un point important est que ces chaînes glucidiques sont orientées vers l'extérieur. Cela s'explique par leur synthèse dans la lumière du réticulum endoplasmique et de l'appareil de golgi qui correspond topologiquement au futur espace extracellulaire lorsque les vésicules vont rejoindre la membrane plasmique.

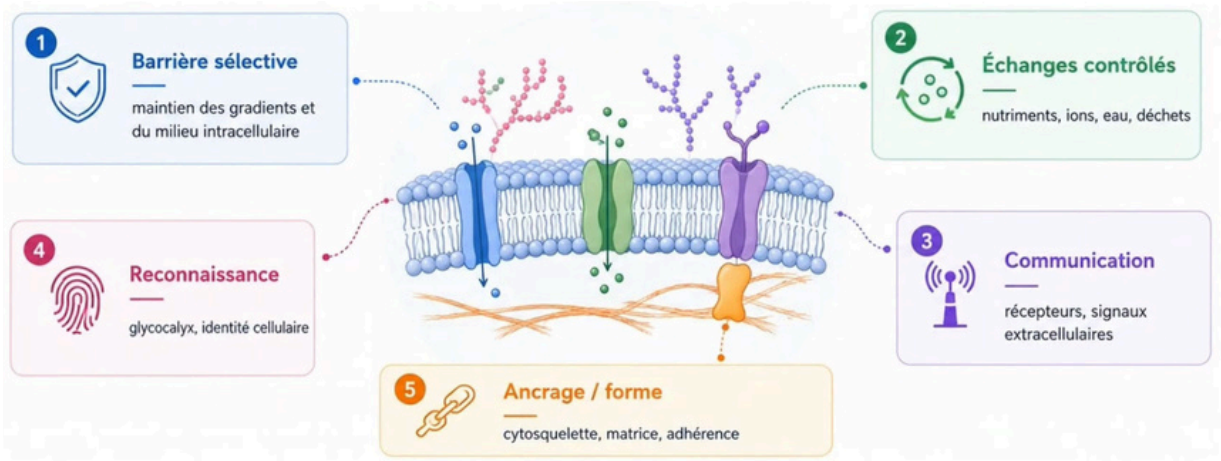
Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

D. Synthèse

A présent, on va enfin faire le lien entre structure et fonction car une même architecture explique plusieurs fonctions cellulaires fondamentales.

- La bicouche lipidique forme une barrière sélective, les protéines membranaires permettent les transports, les communications, l'adhérence, les activités enzymatiques et l'ancrage.
- Les glucides du glycocalyx eux participent à la reconnaissance et à la protection.
- La fluidité permet une adaptation dynamique tandis que l'asymétrie donne une identité différente à chaque face de la membrane.

Une membrane plasmique n'est donc pas une simple enveloppe, c'est une frontière active, sélective, dynamique et organisée.



Tut'QCM :

Il est temps de faire quelques petits QCM/QRU afin de vérifier ce que vous avez retenu. Ne regardez pas la correction avant, c'est trop nul… S'il y a quelque chose que vous n'avez pas compris revenez sur la partie du cours avant d'avancer si non ça ne sert à rien. Bon courage !!

QRU 1 : La formation spontanée de la bicouche lipidique repose principalement sur :
A. la consommation d'ATP
B. l'amphiphilie des lipides
C. la présence de protéines membranaires
D. la synthèse d'ARN

QRU 3 : La phosphatidylsérine exposée à la face externe est notamment un signal associé à :
A. l'apoptose
B. la réplication de l'ADN
C. la traduction
D. la glycolyse

QCM 2 : Concernant la membrane plasmique :
A. elle est asymétrique
B. elle est totalement rigide
C. elle contient des protéines
D. les glucides sont surtout orientés vers l'extérieur



Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Correction :
QRU 1 : B
QCM 2 : A, C, D
QRU 3 : A



Tut'récap :
Donc si on récapitule un peu cette partie, on a vue que la structure de la membrane explique à la fois sa capacité à séparer, à organiser la surface cellulaire et à contrôler les échanges.
Les cellules doivent faire passer des ions, de l'eau, du glucose, des acides aminés ou encore des macromolécules.
La membrane plasmique est une bicouche lipidique sélective, fluide, asymétrique et organisée.

Maintenant qu'on a vu tout ça, la question est donc : quels mécanismes permettent de traverser la membrane ou de franchir cette barrière ?

II - Les mécanismes qui permettent de traverser la membrane

A. Généralités

La membrane est une barrière hydrophobe, mais la cellule doit faire passer en permanence de l'eau, des ions, du glucose, des acides aminés ou encore des déchets. Le mécanisme utilisé dépend de deux choses :

- les propriétés de la molécule
- et le sens du gradient



Tut'warning :
Alors la partie qui va suivre est un peu une partie ajoutée par la nouvelle prof mais le truc cool c'est que c'est beaucoup de la physio donc finalement c'est pas une partie trop lourde et ça vous donnera quelque chose d'un peu synthétique pour retenir les grandes lignes et réviser. Vraiment vous allez voir, vous allez kiffer les cours qui se recoupent entre eux. Donc dans cette partie, on va distinguer transport passif et transport actif, expliquer diffusion simple, diffusion facilitée et osmose. Différencier canal, transporteur et pompe, et enfin comprendre comment les gradients ioniques sont maintenus.
C'est partiiiii

Pour comprendre un transport membranaire, posez-vous toujours deux questions :

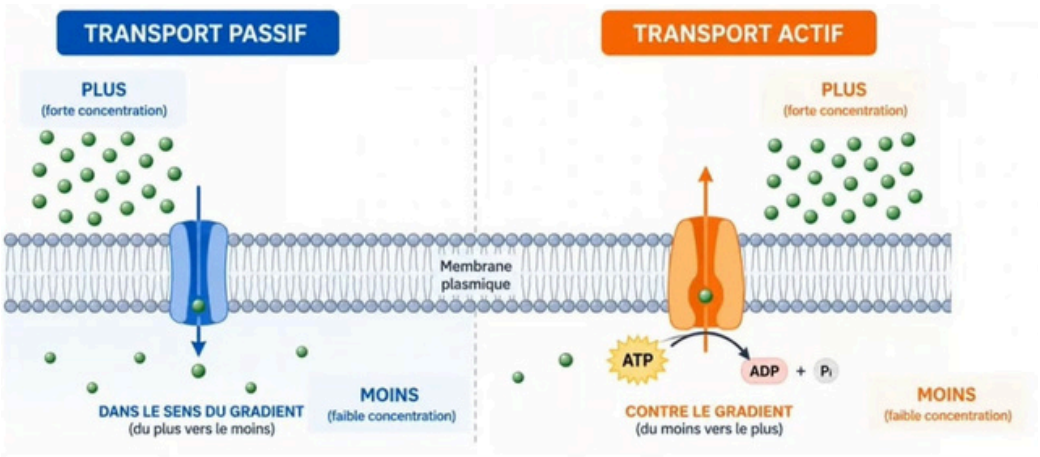
1. La molécule peut-elle traverser seule la bicouche ? Les petites molécules apolaires peuvent souvent passer directement. Les ions, les molécules polaires ou volumineuses ont besoin d'une protéine, voire d'un transport vésiculaire
2. Le transport se fait-il dans le sens du gradient ou contre le gradient ? Dans le sens du gradient, on parle de transport passif. Contre le gradient, il faut une source d'énergie, c'est ce que l'on appelle un transport actif.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Tut'def :

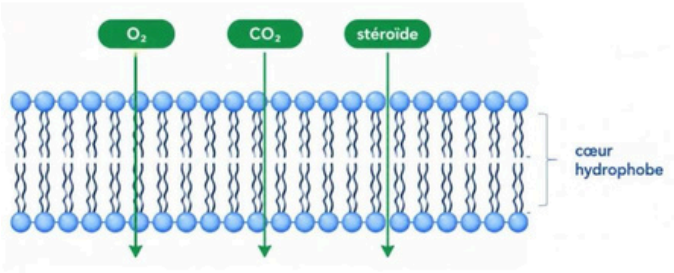
***Gradient** : différence de concentration et/ou de charge électrique*





B. Diffusion simple

La diffusion simple correspond au passage direct d'une molécule à travers la bicouche lipidique, sans avoir besoin ni de protéines de transport, ni consommation d'ATP.



Elle se fait dans le sens du gradient de concentration. Elle concerne surtout les petites molécules non chargées et apolaires, comme l'oxygène ou le dioxyde de carbone, ainsi que certaines molécules liposolubles.

A l'inverse, les ions et les molécules polaires, comme le glucose diffusent très mal à travers le cœur hydrophobe de la membrane.

C. Les protéines de transport

Lorsque la bicouche lipidique ne suffit pas, la cellule utilise des protéines de transport membranaire. Le point important est que ces protéines ont **toutes la même fonction générale** : permettre le passage d'un soluté à travers la membrane mais elles ne le font pas toutes de la même manière.
On peut distinguer 3 grandes familles de protéines de transport :

1. Les canaux : ils forment un port hydrophile à travers la membrane. Lorsqu'ils sont ouverts, ils laissent passer certains solutés dans le sens de leur gradient. Le transport est très rapide, mais il reste sélectif. En effet, un canal ne laisse pas passer n'importe quelle molécule, ils ne laissent passer que les molécules pour lesquelles ils sont spécifiques. Beaucoup de canaux sont régulés par des mécanismes d'ouverture et de fermeture. Les exemples classiques sont les caillots ioniques (pour les ions) et les aquaporines (pour l'eau).

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

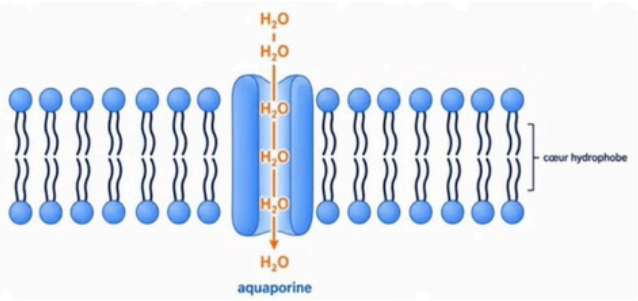
2. **Les transporteurs à changement de conformation (ou carriers)**: ici, il n'y a pas de pore ouvert en permanence. Le transporteur reconnaît un soluté, le lit spécifiquement, puis change de conformation pour le faire passer de l'autre côté de la membrane. Ce mécanisme est plus lent que celui des canaux, mais il est très spécifique et saturable. Il peut correspondre à un transport passif comme avec les GLUT pour le glucose ou un transport couplé à un gradient comme avec SGLT.
3. **Les pompes** : elles déplacent un soluté contre son gradient, ce qui nécessite une source d'énergie. Le plus souvent, cette énergie provient de l'hydrolyse de l'ATP. Un exemple important est la pompe sodium-potassium-ATPase qui maintient des gradients ioniques essentiels au fonctionnement cellulaire.



Tut'récap :

Donc là ce qu'il faut vraiment retenir c'est que les canaux fonctionnent comme des pores, les transporteurs à changement de conformation fonctionnent par liaison, puis changent de forme et les pompes utilisent de l'energie pour déplacer un soluté contre son graduit.
Pour revenir sur ce qu'on disait au début, vous voyez bien que toutes ces protéines ont la même fonction générale = transporter. Mais elles utilisent toutes des mécanismes différents : pore, changement de conformation ou énergie.

L'eau est un cas particulier, elle peut traverser lentement la bicouche. Cependant, dans de nombreuses cellules, son passage est fortement facilité par des canaux spécialisés que l'on appelle des aquaporines, ce qui rend le passage beaucoup plus efficace.

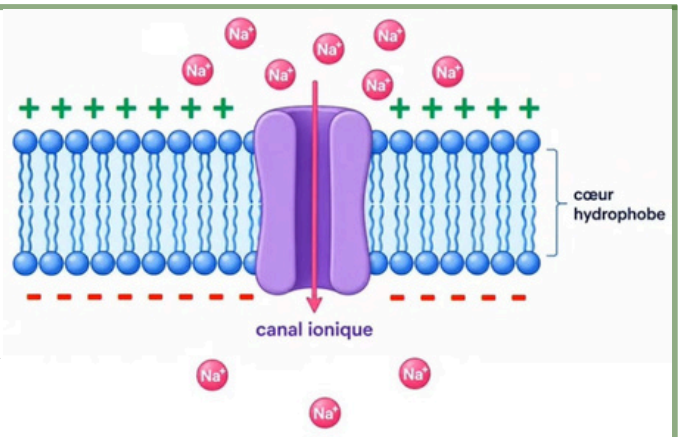


Le mouvement de l'eau dépend des différences d'osmolarité : l'eau tend à se déplacer vers le compartiment le plus concentré en soluté non diffusible. Ce qu'on entend par là, c'est que quand il y a une différence de concentration d'un soluté donné entre 2 compartiments mais que ce soluté ne peut pas s'équilibrer lui même, alors c'est l'eau qui permettra l'équilibre en se déplaçant pour diluer le compartiment trop concentré. Ce passage de l'eau, selon un gradient osmotique, ne doit pas être confondu avec un transport actif : il ne consomme pas d'énergie.
Les aquaporines sont des canaux spécialisés pour l'eau : elles augmentent la perméabilité hydrique de certaines membranes.

Les canaux permettent un passage hydrophile sélectif à travers la membrane. Ils sont très importants pour les ions qui ne traversent pas librement le cœur hydrophobe de la membrane.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

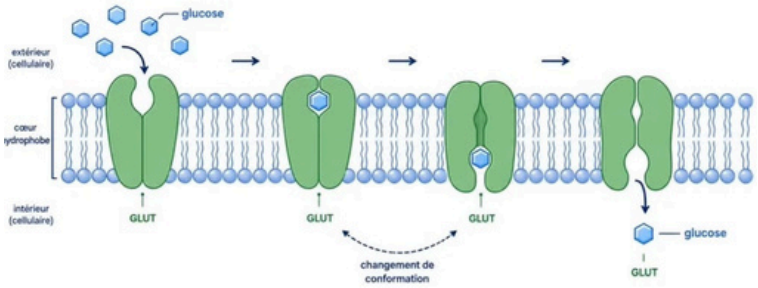
Un canal est sélectif (j'espère que c'est ancré dans votre tête) : il ne laisse pas passer n'importe quel ion. Le flux ionique suit le gradient électrochimique, c'est-à-dire que le flux dépend à la fois de la différence de concentration et de la différence de charge électrique de part et d'autre de la membrane.



Ces canaux peuvent être régulés : c'est-à-dire qu'ils s'ouvrent et se ferment comme une porte en réponse à un signal. Ce signal peut être un ligand, un changement de voltage ou un stress mécanique.

D. La diffusion facilitée

La diffusion facilitée utilise une protéine de transport mais reste un transport passif. C'est-à-dire que le soluté va dans le sens de son gradient et qu'il n'y a pas de consommation directe d'ATP.
L'exemple classique est le transporteur GLUT pour le glucose.



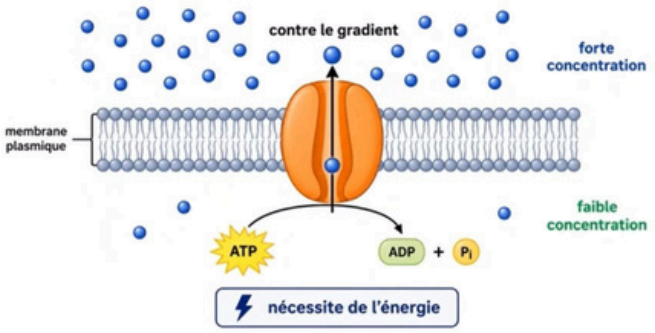
Le glucose vient se fixer à son transporteur, ce qui va entraîner un changement de conformation du transporteur puis le glucose va être libéré de l'autre côté de la membrane.

Cette diffusion est spécifique à un soluté et saturable. C'est-à-dire qu'au-delà d'une certaine concentration, tous les transporteurs sont occupés et le flux atteint une vitesse maximale.

E. Transport actif

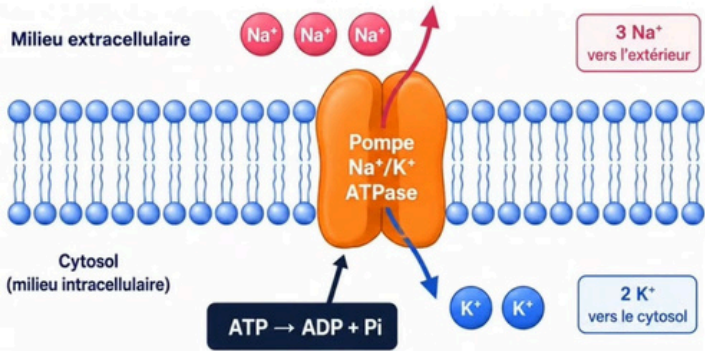
Le transport actif correspond au déplacement d'un soluté contre son gradient. Comme ce déplacement est défavorable, il nécessite une source d'énergie. Dans le transport actif primaire, la protéine utilise directement l'énergie, le plus souvent l'hydrolyse de l'ATP. C'est par exemple le cas de Na^+/K^+-ATPase

Dans le transport actif secondaire, le transport est couplé au gradient d'un autre soluté. L'énergie provient donc indirectement d'un gradient qui a été créé auparavant, c'est le cas pour le symport Na^+/glucose.



Un exemple central du transport actif primaire est la pompe sodium-potassium ou Na^+/K^+-ATPase.

A chaque cycle, elle fait sortir 3 ions sodium de la cellule et fait entrer 2 ions potassium en consommant de l'ATP. Cette pompe maintient un cytosol riche en potassium et pauvre en sodium.



Elle est absolument indispensable au potentiel de membrane, à l'excitabilité cellulaire et à de nombreux transports couplés car c'est elle qui maintient les gradients ioniques indispensables au fonctionnement cellulaire.



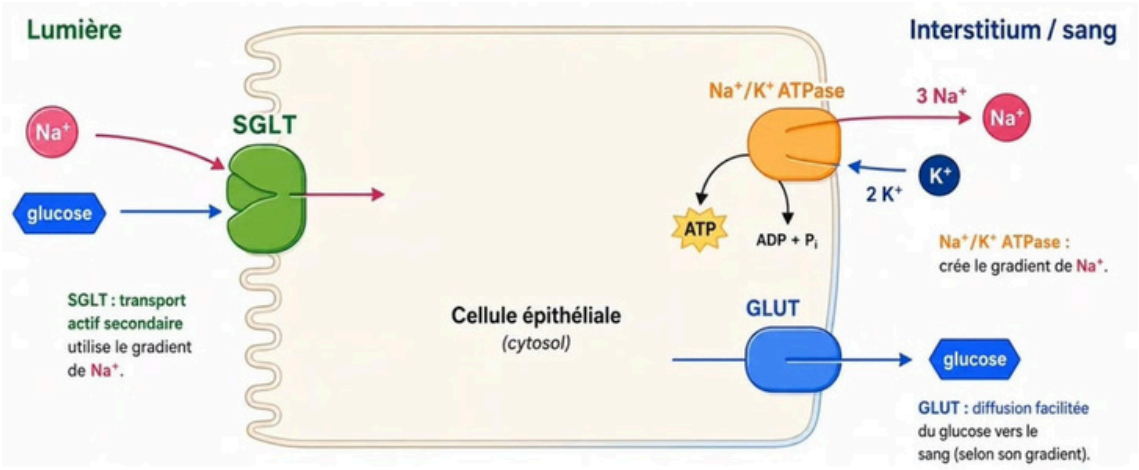
Tut'mémo :

*Voilà le retour des mémos, j'en ai un de mes vieux pour retenir le fonctionnement de la pompe sodium-potassium. Donc le mémo c'est "**321-NoKiA**, ça nous donne :*

- *3 avec No (N= Na+ et O = out) → 3 Na+ qui sortent*
- *2 avec Ki (K= K+ et I = in) → 2 K+ qui entrent*
- *1 avec A (A = ATP) → l'ATP qui est consommé*

Le transport actif secondaire utilise un gradient existant pour faire passer une autre molécule. On utilise souvent le gradient de Na^+ pour fournir l'énergie nécessaire pour faire entrer un autre soluté.

Un exemple important est le support sodium-glucose. Le sodium entre dans la cellule dans le sens de son gradient et cette entrée va favoriser le passage de glucose, même si le glucose va, quant à lui, contre son propre gradient.



Ce mécanisme n'utilise pas directement de l'ATP au niveau du symport, mais il dépend indirectement de la Na^+/K^+-ATPase qui elle, maintient une faible concentration de sodium intracellulaire.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Tut'récap :

On va reprendre rapidement transport actif primaire et secondaire pour être sûr que se soit bien clair.

***Transport actif primaire** : la protéine utilise directement de l'énergie souvent générée grâce à l'hydrolyse de l'ATP.*

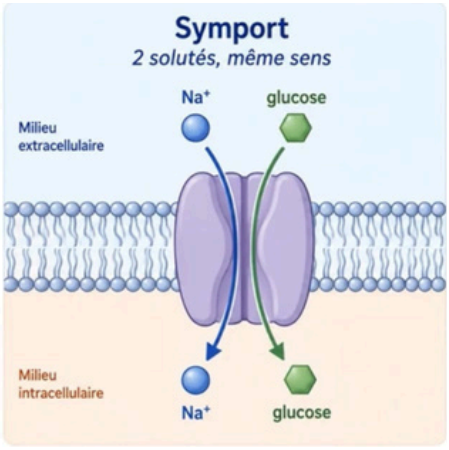
***Transport actif secondaire** : on va utiliser un gradient qui existe déjà pour faire passer une molécule contre son gradient à elle. Cependant ce gradient pré-existant existe grâce à un transport actif primaire qui lui a consommée de l'énergie. Donc on dit actif secondaire car il utilise de l'énergie par l'intermédiaire d'un autre gradient.*

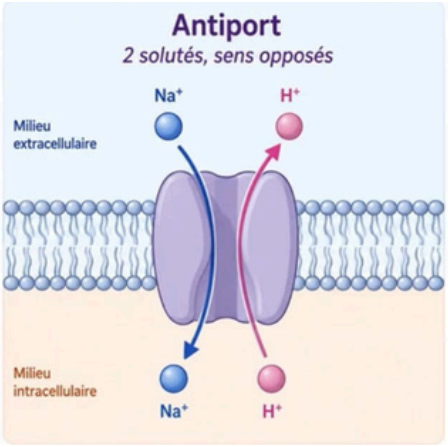


F. Co-transport

Dans certains transports, le passage d'un soluté est couplé au passage d'un autre. On parle de co-transport.

Dans un **symport**, les deux solutés se déplacent dans le même sens. C'est ce que l'on vient de voir avec le sodium qui peut entrer dans la cellule en suivant son gradient et entraîner avec lui l'entrée de glucose. C'est le principe du transporteur SGLT.





Dans un **antiport**, les deux solutés se déplacent, quant à eux, en sens opposé. L'un entre pendant que l'autre sort. L'idée clé est que le gradient d'un soluté, souvent le sodium, peut fournir l'énergie nécessaire au transport d'un autre soluté.

C'est donc un transport actif secondaire. Les co-transporteurs n'utilisent pas directement l'ATP, mais il dépendent d'un gradient créé par une pompe.

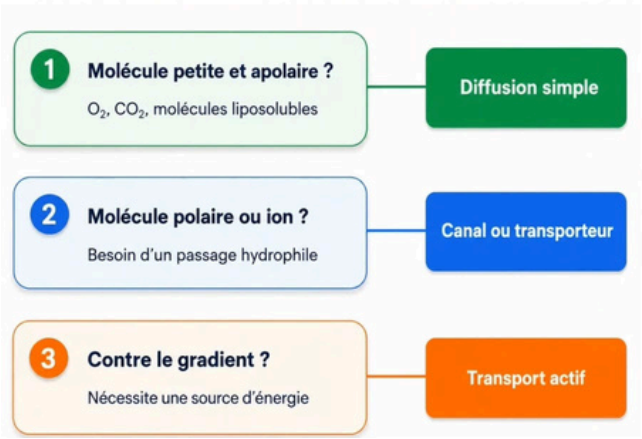
G. Synthèse

On a enfin fini, donc on va maintenant pourvoir résumer toute la logique :

- Si la molécule est petite et apolaire, elle peut diffuser simplement à travers la membrane.
- Si elle est polaire ou chargée, elle a besoin d'un canal ou d'un transporteur.
- Si elle va dans le sens de son gradient, le transport est dit passif.
- Si elle va contre son gradient, il faut de l'énergie. C'est un transport actif, qu'il soit primaire ou secondaire. Retenez bien que diffusion facilitée ne veut pas dire transport actif. Elle utilise une protéine, mais reste passive tant que le soluté suit son gradient.

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Synthèse : quel mécanisme pour quelle situation ?



À retenir

- Transport passif : suit le gradient, sans ATP.
- Diffusion facilitée : passive mais protéine-dépendante.
- Transport actif : contre le gradient, énergie directe ou indirecte.

Tut'QCM :

Pour finir en beauté ce cours : quelques petits QCM/QRU afin de vérifier ce que vous avez retenu. Ne regardez pas la correction avant, c'est trop nul et ça sert à rien… S'il y a quelque chose que vous n'avez pas compris revenez sur la partie du cours et posez moi des questions. Bon courage !!

QRU 1 : Un transport passif se définit par :
A. Un transport toujours sans protéine
B. Un transport dans le sens du gradient
C. Un transport contre le gradient
D. Une consommation obligatoire d'ATP



QCM 2 : Concernant les protéines de transport :
A. Les canaux forment un pore hydrophile
B. Les transporteurs peuvent être saturables
C. Les pompes peuvent utiliser l'ATP
D. GLUT est une pompe à glucose

QRU 3 : La Na+/K+-ATPase fait classiquement :
A. Entrer 3 Na+ et sortir 2 K+
B. Sortir 3 Na+ et entrer 2 K+
C. Sortir glucose et Na+
D. Entrer Na+ glucose

Correction :
QRU 1 : B
QCM 2 : A, B, C
QRU 3 : B

Tut'récap :

Dernier petit récap : on a vue comment traversent les petites molécules, l'eau, les ions ou le glucose, diffusion simple, canaux, transporteurs et pompes. Mais la membrane doit aussi permettre le passage de structures plus volumineuses comme des macromolécules ou des particules. Ces échanges ne peuvent pas se faire par un simple canal ou transporteur. Et c'est exactement l'objet du cours transport vésiculaire : endocytose, exocytose et transport vésiculaire.



C'est la fiiiiiin tintintintin !!!!!!

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Bravo à vous d'être arrivés au bout de ce tout nouveau cours !! Bon vous avez vu, je vous avais pas menti, il est chill ce cours. Cela dit, ça n'empêche que l'on va quand même se récompenser de l'avoir fini et pour ça : place aux DEDIIIII youpiiiii :

☆ *Dédi au monsieur de la caffet qui joue du piano pendant que je finis cette fiche, il est trop choupinou*

☆ *Dédi aux P1 qui m'ont dit où trouver les vidéos de ce cours en avant première sans qui la fiche ne pourrait pas exister du coup merciii à Céleste et Nail !*

☆ *Dédi à Irsa, on se connait depuis le lycée, tu es brillante, absolument hilarante et tu vas super bien réussir ton année, j'en ai aucun doute. On se retrouve en P2 !*

☆ *Dédi à Elea, tu vas tout déchirer cette année, je crois en toi ♡ Donne tout, respire quand tu en as besoin, tu es trop forte donc tout se passera bien (appelle moi si tu veux qu'on mange ensemble)*

☆ *Dédi à toutes mes amies de la harpe : Boulette (aka Chlo), Eulalia, Mina, Maeva et Chloé. Ce sont vraiment mes petites sœurs à ce stade et elles me manquent beaucoup troooop. Mais je suis de retour cette année donc je compte bien rattraper le temps perdu. Merci beaucoup pour tout votre soutient les filles* 🎼

☆ *Dédi toute particulière à Alessandra, ma prof de harpe depuis que j'ai 6 ans, elle est comme ma 2ème maman et ne m'a jamais laché. Merci beaucoup pour tout ce que tu m'as apporté et pour la confiance que tu me témoigne avec chaque nouveau projet (dédi à mon concert à Florence pour une conférence de médecine)*

☆ *Dédi à Paloma, on ne pouvait pas rêver de meilleure binôme de parrainage. Les 2 marraines trop investies qui ont l'impression de repasser leur P1 carrément et qui se mettent aux fourneaux rien que pour nos petits protégés (elle a mangé plus de muffins que nos fillots alors qu'ils étaient pou eux)*

☆ *Dédi à Tania à qui je dois mon pressing mdr. Donne tout et tu vas défoncer cet examen. Arrête de tergiverser avant de m'envoyer un message, fais le direct j'adore te parler et t'aider !!*

☆ *Dédi à Farah, merci beaucoup de m'avoir choisi pour être ta marraine, ça m'a trop touché. J'espère que tu ne le regretteras pas ! Bon courage et tout va bien se passer*

☆ *Dédi à Naïs et ses recettes de poudres qui ont l'air très douteuses. Hésite pas à nous demander de venir travailler avec toi à la BU ça nous fera trop plaisir ! (Peut-être qu'on ramenra un goûter en bonus)*

☆ *Dédi à Sarah, on ne sait toujours pas rencontrer mais ça va venir, trop hâte de faire ta connaissance !!*

☆ *Dédi à Noélie que j'ai un peu trauma en l'appelant en amphi mais t'as géré donc ne doute pas de tes connaissances et tu vas tout défoncer !*

☆ *Dédi à Dimitri, tellement t'es motivé que t'as débarqué dans mes messages avant même que je vois le mail du parrainage. T'es trop fort franchement, continu à tout donner, je me fais pas de soucis pour toi, tu vas défoncer cet exam. Continue à faire des blagues med tu régales (et mange des vrais cookies ton truc à l'air affreux)*

☆ *Dédi à Nasre Allah et ses horaires de sommeil catastrophiques, j'ai confiance en toi tu vas y arriver mais dors stp et tu auras tout gagné*

☆ *Dédi à Maissa, tu n'imagine pas à quel point je suis fière de toi et heuresue pour toi, cette année est la tienne et tu le prouves bien ♡ continue comme ça, tu es beaucoup trop forte*

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite

Salutttt les P1 !!!!! Moi c'est Kiara anciennement P1 et nouvellement E1 en ergothérapie !!!
Alors je vous explique parce que je suis pas tout à fait sûr que vous comprenez. Ma super Glycoghélène m'a proposé de faire les DEDISSSSSSSS. En tant que P1 vous comprenez mon enthousiasme !!! Bon place aux dédis !!!!!!

☆ *Ma première dédi est pour notre chère Glycoghélène ! Merci pour tout ma Hélène. Dédi à nos TD et nos soirée post-EB (bridgerton +lasagnes = le feu), dédi à toi notre tut' P2 !!!! Je suis tellement fière de toi et j'espère que tu vivras de belles années de médecine. Tu mérites TOUT ce qui t'arrive <3*

☆ *Dédi à mes parents sans qui je n'aurai simplement pas survécu mdrr. Qu'est ce que ça fait du bien de rentrer chez soi toutes les deux semaines et avoir tout le soutien du monde. Merciiii et vous me manquez trop !!!!*

☆ *Dédi à Toulouse ! et oui les gars je suis parti continuer mes études dans la ville rose. Le feu vraiment c'est beau, les bar au top (#cheztonton), les gens sont cool et mes cousines sont làààààà. Bon par contre c'est trop loin (#mafamilleetmoncopainmemanquent)*

☆ *Dédi à l'ERGOTHERAPIE, si vous ne connaissez pas c'est le futur les gars moi je vous le dis !!!! Vraiment meilleure découverte de mon année de P1. Je suis tellement reconnaissante d'être entrée dans cette filière !! (si vous avez des questions je suis là !!! Envoyez un message à Hélène et elle vous donnera mon numéro)*

☆ *Dédi à mes copaingggg de P1 !!! J'ai nommé vos tuteurs ThorAxel et Hospitalizé. Qu'est ce qu'on a rigolé !! Trouver des copains c'est toujours plus fun. Franchement, même la BU ça devient fun à la fin. Je vous fait plein de bisous, puis je vous attends à Toulouse les gars. Encore félicitation pour cette année dingue que vous avez faite !!! (#desmonstresdutravail)*

☆ *Dédi à mon oncle et ma tante avec qui j'ai tellement appris au cours de ces 4 années de cohabitation. Je ne les remercierai jamais assez pour les recettes excellentes, les conseils et le soutien qu'ils m'ont apporté. Merciii, vous me manquez beaucoup !*

☆ *Dédi à mes frères et sœurs. Je vous donne beaucoup de force pour les années qui arrivent. Je suis peut être loin mais je serai toujours là pour vous, je serai toujours votre grande sœur. Croyez en vous et en vos capacités, tout est possible, il faut y croire. Vous me manquez, j'ai plus personne avec qui m'embrouiller. je vous aime <3*

☆ *Dédi à Marine (je t'appelle bientôt tkt) et à Béatrice . Vous allez me tuer votre LAS 2 les filles !!! Vous êtes des machines !!!!!!!!!!!!!!!!*

☆ *Dédi à vous chers P1 ! Vous allez le faire, donnez vous à fond pour ne pas regretter. Je vous promets que peu importe ce que vous voulez faire, donnez tout !*

☆ *Et enfin, si j'ose dire le meilleur pour la fin mdrrr. Dédi à mon chéri ! Bon, si je commence à te remercier pour tout ce que tu as fait pour moi on va plus s'en sortir.... Alors, tu sais déjà tout mais sois fière de toi comme je le suis. Tu défonces tout et ta LAS 2 tu vas me la manger !!! Je t'aime <3 (tu as vu je suis resté super simple mdrrrrr)*



Glycoghélène reprend la main ! Cadeau de la photo avec nos petites têtes pendant nos soirée post-EB. Je lui avais promis que si j'étais tutrice elle pourrait faire des dédis dans une de mes fiches 💖
Voilà c'est enfin fini pour ce cours, je vous souhaite bon courage et à bientôt pour de nouvelles aventures en biocell !!

Le tutorat est gratuit (c'est incroyable) ! Tout vente ou reproduction est interdite