

LA MEMBRANE PLASMIQUE

1. Organisation de la matière vivante.

Une cellule est une unité de vie qui possède certaines caractéristiques telles que l'autonomie, l'autoreproductibilité et l'adaptabilité.

Ces propriétés permettent le développement des tissus et à plus grande échelle de l'espèce. Ces propriétés de la cellule sont assurées par le génome, conservateur du plan spécifique qui caractérise l'ensemble des molécules. Le matériel génétique a les propriétés de réplication et mutationnelle c'est à dire qui évolue. La matière vivante se doit de muter sans cesse pour survivre aux modifications de l'environnement.

La complexité des mécanismes évolutifs est croissante comme le montre l'évolution des cellules:

-Cellule eucaryote (du grec caryote= noyau): c'est une cellule à noyau soit protiste soit pluricellulaire. Dans ce dernier cas, l'on distingue les métazoaires (animaux) des métaphytes (végétaux).

-(Cellule) procaryote (telle que les bactéries, archée): c'est une cellule sans enveloppe nucléaire.

-Il existe aussi les acaryotes (tels que les virus), de constitution plus simple que les eu ou procaryotes, dont les scientifiques estiment l'apparition plus récente que ces derniers. Ce ne sont pas des cellules car pas autonomes.

-Ou encore les prions: particules protéiques infectieuses.

2. Organisation de la membrane plasmique.

Toute cellule comporte une membrane plasmique.

Rq: La membrane qui enveloppe le noyau est appelée cytomembrane.

La membrane n'est visible qu'avec un ME apparu dans les années 40. Mais, des études biochimiques ont mis en évidence dès 1920 les lipides constituant la membrane. La membrane plasmique est une frontière continue composée de lipides et protéines, entre le milieu extracellulaire (MEC) et intracellulaire (MIC). Elle contient les éléments cellulaires et est résistante tout en permettant les échanges de matière (les cellules animales chimiotrophes rejettent leur déchet dû entre autre à la vieillesse de la cellule mais assimile aussi des produits) et d'informations grâce à des molécules émettrices/ réceptrices localisées au niveau de la membrane pour réaliser des échanges de signaux.

Cette membrane doit être un filtre extrêmement sélectif et en même temps un élément structural de la cellule.

La membrane réalise des échanges permanents entre membrane interne et externe.

Au ME, on perçoit les aspects ultrastructuraux ce qui est impossible en MO (apparu depuis milieu XVIIe) (Immunocytochimie).

Structure différenciée au niveau des cellules.

ME à transmission donne une structure tristratifié. C'est une vision artéfactuelle car arrangement selon procédé utilisé (différent de in vivo).

Schéma

La membrane se compose d'une couche bilipidique amphiphile c'est à dire mi-hydrophile et mi-hydrophobe. La zone hydrophobe de cette couche bilipidique se trouve au centre, et la zone hydrophile de part et d'autre, en contact avec une couche de protéine (2nm apparaissant sous l'aspect d'une bande sombre) (ou plus précisément 2: au dessus, et en dessous), surmontée d'un glycocalyx de 10nm pour la limite avec le MEC. Tout ceci constitue la membrane délimitant le passage de MEC à MIC.

Rq: La bande claire désigne les queues hydrophobes. Les deux bandes sombres désignent les têtes et les protéines.

L'acide osmique (osmium) colore les structures aqueuses. Ce sont des structures osmiophiles (synonyme d'hydrophiles).

Gorter et Grandel.

Pour mettre en évidence les lipides et protéines, l'on place des hématies ou érythrocytes dans un milieu hypotonique puis l'on réalise une ultracentrifugation.

Technique de cryofracture: fracture à froid:

Schéma

La membrane est scindée au niveau de la zone hydrophobe de la bicouche lipidique (3nm, bande claire). Le plan de fracture est non uni mais hérissé d'aspérités (hétérogène) donc présence de molécules différentes.

Les aspérités observés sont des protéines qui ont traversé.

Schéma

Au ME conventionnel, les protéines sont dénaturées et délocalisées contrairement à une cryofracture ou un cryodécapage.

Les aberrations observées au ME sont des artefacts.

Ce sont Singer et Nicholson qui ont proposé le modèle membranaire (mosaïque fluide membranaire, de $2 \times 2 \text{ nm} + 3 \text{ nm}$ soit une épaisseur totale de environ 7,5nm).

Les constituants sont une bicouche lipidique polarisée et organisée spontanément par autoassemblage et autofermeture. De plus, la structure fluide explique la propension à former une ligne continue. Les protéines absorbées à la surface de la membrane contracte des liaisons fortes avec les phospholipides hydrophobes via leur propre zone hydrophobe.

Schéma

La partie glucidique constitue le cell coat, principalement sur la membrane externe= glycocalyx.

Les propriétés allostériques (adaptable, modelable) des protéines sont en grande partie du au fluide. La membrane interne n'a pas de vrai organisation de cell coat ce qui rend la membrane asymétrique.

3. Structure et propriétés.

La membrane des hématies (plus simple à étudier car les hématies ne possèdent pas d'organites) est composé à 50% de protéines, à 40% de lipides et à 10% de glucides (% variable suivant la cellule étudiée).

Les lipides membranaires sont:

- des phospholipides (car un atome phosphate) dans 55% des cas.
- des cholestérols dans 25% des cas.
- des glycolipides dans 20% des cas.
- des protéolipides.

Les cholestérols et les glycolipides sont peu nombreux dans les membranes internes.

Le point commun de ces quatre catégories de lipides est le fait d'être amphiphile (= amphipathique).

Ils sont tous trois (à vérifier pour les protéolipides) issus de l'estérification du glycérol qui porte deux éléments de structure différentes:

-Une tête: constituée éventuellement d'un résidu choline (→ phosphatidylcholine), sérine (phosphatidylsérine), éthanolamine (phosphatidyléthanolamine), inositol (phosphatidylinositol), et d'un phosphate hydrophile (→ acide phosphorique PO_4^-).

Rq: Le phosphatidylinositol est moins majoritaire que les phosphatidylcholines, phosphatidylsérines et phosphatidyléthanolamines car n'est pas un phospholipide de structure mais sert à la formation.

Rq: La "tête" a deux sens: l'un désigne le radical tête, l'autre les trois éléments constitutifs de la tête qui sont hydrophiles.

-Des queues: sont deux chaînes d'acides gras (AG) plus ou moins longues et hydrophobes. Si la queue est droite c'est qu'elle est saturée donc flexible. Si elle est insaturée, elle est moins flexible car double liaison.

En effet, AG saturé (sans double liaison) est une molécule souple et étirée. AG insaturé (avec une ou plusieurs doubles liaisons). La double liaison crée un coude rigide à 30° dans la molécule.

Schéma

Le cholestérol est plus rigide (plus petit) que le sphingomyéline et est amphipathique. Il est polarisé et par conséquent s'oriente le long des AG.

Rq: La tête est hydrophile et la queue hydrophobe.

Il y a environ une molécule de cholestérol par molécule de phospholipide. La fluidité membranaire est inversement proportionnelle à la quantité de cholestérol.

Les glycolipides appartiennent aux sphingoglycolipides car ils possèdent la même base (= céramide= queue 1: sérine + AG; queue 2: AG).

Notons qu'il y a souvent un résidu glucidique au niveau de la tête.

Si ce résidu glucidique est du galactose, l'on parle de galactolipide ou de galactocérébromide, principalement sur la membrane externe dans la myéline des nerfs.

Un sphingomyéline est un céramide si il est composé de choline. On appelle sphingosine la partie constituante d'un céramide, comprenant choline, phosphate et sérine + AG.

Les glycolipides ont des fonctions particulières de récepteurs tels que le botox, un virus, VIH,...

Certains déterminants antigéniques de glycolipides comme dans les hématies.

En bref (p 185 dans le "Biochimie structurale et métabolique" de Moussard): Les phospholipides sont des esters d'AG et d'un alcool (alcool n°1), ce dernier étant uni à un autre alcool (alcool n°2) par un groupement phosphoryle.

On distingue:

-Les glycérophospholipides, dont l'alcool n°1 est le glycérol.

Si l'alcool n°2 est un éthanolamine nous avons à faire à un phosphatidyléthanolamine (PE). Si il s'agit d'une choline, c'est un phosphatidylcholine (PC). Une sérine donne un phosphatidylsérine (PS). Un inositol donne un phosphatidylinositol (PI). Un glycérol, un phosphatidylglycérol (PG). Un phosphatidylglycérol, un cardiolipine.

Des dénominations anciennes sont encore utilisées: lécithines pour phosphatidylcholines, céphalines pour phosphatidyléthanolamines et phosphatidylsérines.

-Les sphingomyélines, dont l'alcool n°1 est la sphingosine, l'alcool n°2 la choline.

Les cérébrosides= sphingosine + monosaccharide.

Les gangliosides= sphingosine + polysaccharide.

Rq: Un céramide est un sphingomyéline moins la choline et le phosphate.

A. Propriétés.

1. Organisation bicouche en ligne continue de façon spontanée. Les phospholipides ont donc le rôle de stéréotyper l'allure de la membrane.

2. Les phospholipides peuvent se déplacer latéralement (diffusion latérale, 1MHz), par permutation (flip-flop (= permutation de couche) non spontané car nécessite une flipase), par rotation...

Les phospholipides se déplacent à une vitesse 1µm/s pour des molécules de qq nm donc très rapide.

Le réticulum endoplasmique crée les phospholipides qui s'insèrent dans la membrane.

Rq: La perte de l'asymétrie membranaire est un signe précurseur de l'apoptose.

Les AG peuvent se figer en deçà de 15°C. Plus ils sont insaturés et moins ils sont flexibles (moins les queues sont flexibles), moins les phospholipides bougeront. Les quantités de cholestérol sont variables, mais plus il y en a et plus la structure est rigide.

Lors d'un flip-flop, l'asymétrie persiste.

Les glycolipides se répartissent sur la membrane externe (sphingomyéline, phosphatidylcholine) et interne.

Les phospholipides ont plus ou moins d'affinité entre eux. Cette propriété provoque la formation de zone moins fluide, c'est à dire plus riche en sphingomyéline ou cholestérol et glycolipides appelée radeau ou raft (USA). Ces derniers permettent d'abriter des protéines, des récepteurs particuliers, le cytosquelette, les cavéoles,...

Les protéines membranaires sont beaucoup plus grosses que les lipides donc moins abondantes (50 à 100 fois moins; rapport déterminé en fonction des masses moléculaires).

Les protéines membranaires sont divisées en deux catégories: les protéines extrinsèques (30%) et intrinsèques (70%).

Les protéines extrinsèques (PE) sont enlevables facilement car elles sont simplement liées ioniquement (solubilisées par force ionique). Interaction non covalentes entre protéines (pas liées aux lipides membranaires). En revanche, les protéines intrinsèques (PI) sont enchâssées donc beaucoup moins commode à retirer (liées directement aux lipides membranaires. Les PI sont solubilisées par les détergents). Il en existe plusieurs sortes:

Schéma

-Traversante bitopique: les acides aminés (aa) hydrophiles se répartissent, et les aa hydrophobes (Val, Leu,...) se localisent dans la zone hydrophobe de la bicouche lipidique par amas d'environ 20aa.

Les ponts disulfures sont absents, car les S-S sont libres.

-Traversante monotopique (ex: cavéoline): elles sont moins abondantes que les protéines traversantes bitopiques.

Dans les deux cas -protéine traversante bitopique ou monotopique- elles peuvent être à une (traversée unique) ou plusieurs traversées.

Sous la forme d'hélice alpha dotée d'une extrémité COOH et d'une extrémité NH₂. L'hélice tient grâce aux liens intra-chaîne que constituent les ponts disulfures.

Rq: Les extrémités COOH et NH₂ sont réversibles. Ainsi, COOH peut être du côté intra ou extracellulaire, idem pour NH₂.

Les protéines intrinsèques (PI) (= qui traversent la membrane) peuvent être associées:

Schéma

Si l'on réalise une coupe transversale de ces PI associées, l'on constate l'existence d'un canal entre les PI associées.

Les protéines sont agencées: côté externe= hydrophobe et côté interne= hydrophile → canal hydrophile.

Les canaux sont ioniques (souvent très sélectifs et ne fonctionnant que dans un sens) ou pour l'eau (= aquaporines).

Du côté extra cellulaire, les protéines peuvent porter des résidus glucidiques.

Les PE (= à la surface de la membrane) sont parfois liées aux PI grâce aux interactions moléculaires:

Schéma

Beaucoup de PE ou PI, présentent des liaisons covalentes avec le liquide membranaire. Ce sont des protéines ancrées (autrefois appelées périphériques).

Elles peuvent se fixer de deux manières:

-Ancrage grâce à une courte chaîne glucidique (= glyco phosphatidyl inositol= GPI) pour les PE, vers les phospholipides membranaires (= phosphatidyl inositol).

Schéma

-Les AG tels que la cystéine ou la glycine se fixent directement.

Schéma

Ce qui est valable pour les PE est valable pour les PI:

L'ancrage se fait sur les AG.

Schéma

Adsorption des PE globulaires par la membrane ou association à des PI.

-Côté externe de la membrane:

Situation des protéines ancrées grâce à des chaînes d'AG fortement insérées dans la bicouche lipidique par l'intermédiaire de chaîne glucidique jusqu'au lipide (par liaison covalente).

Sucre + phospholipide= GPI (glycophosphatidyl inositol).

-Côté interne de la membrane:

Liaison covalente directe de chaîne d'AG (10-20 C) qui s'insèrent entre les phospholipides.

En bref:

-Les PE du côté externe sont ancrées à un lipide grâce à une chaîne glucidique.

-Les PE du côté interne sont ancrées à un lipide directement par un AG.

-Les PI connaissent éventuellement un ancrage supplémentaire par l'intermédiaire de chaîne hydrocarbonée.

Les protéines ancrées jouent un rôle important dans la transmission de l'info, la reconnaissance cellulaire et la cohésion entre cellules ou protéines-substrat (c'est un mécanisme d'adhérence cellulaire).

Ces protéines sont sujettes à l'allostérie (= changement de forme) rendue possible par la fluidité de la membrane lipidique.

Du fait de leur ancrage à une membrane lipidique fluide, ces protéines conservent une certaine mobilité, bien entendu inférieure à celle des lipides membranaires car bien plus grosse que ces dernières. De plus, il est rare de constater un flip-flop chez ces protéines ancrées.

Caractéristiques des protéines:

-Allostérie.

-Liberté, car déplacement dans la membrane. (mais beaucoup plus lent que les phospholipides, 50 à 100 fois moins rapide).

Les deux modèles principaux mettant en évidence le déplacement protéique sont:

a. Les hétérocaryons= fusion cellulaire (soit 2 cellules A et B, au début de la fusion, la cellule nouvellement formée a une membrane moitié A, moitié B. Par la suite, la membrane de l'hétérocaryon a parfaitement mélangé les membranes A et B.

b. Certains lymphocytes sont constitués d'anticorps qui détectent l'antigène. L'immunocytologie se sert de cette propriété pour mettre en évidence les anticorps, en injectant des anticorps fluorescents:

Schéma

Sur un lymphocyte T, l'on rend visible le liseret fluorescent homogène autour du lymphocyte. Puis, l'on chauffe au delà de 37°C pour constater un découpage de ce liseret homogène en petits amas tourant. Ensuite, la convergence des lipides membranaires vers le pôle de la cellule conduit à la formation d'une "cape" (= phénomène de capping). Enfin, il y a internalisation par phénomène d'endocytose, d'englobement.

Rq: En dessous de 4°C, il ne se passe rien.

On considère que les protéines ne peuvent pas faire de flip-flop, la position de la protéine étant déterminé lors de sa synthèse.

Il y a 3 cas de limitation de mobilité protéique:

1. Dans le tissu épithélial, dispositif de jonction (= zone de jonction) entre les cellules, latéralement. Cette dernière délimite au dessus d'elle le domaine apical, et en dessous d'elle le domaine baso-latéral.

Les protéines sont adressées à l'un ou à l'autre de ces domaines mais dans les deux cas, les protéines ne pourront pas franchir la zone de jonction.

Lors du phénomène de trans-cytose, on remarque bien que ce sont les protéines d'un domaine puis de l'autre qui vont s'occuper de faire entrer ou sortir des éléments de la cellule.

Il y a donc limitation des déplacement du à la présence de macro-domaines.

2. Combien de protéines membranaires peuvent être associées grâce à une protéine intermédiaire, aux structures du cytosquelette (= charpente de la cellules et appareil locomoteur).

ex: Dans les hématies.

Protéines abondantes= la glycophorine (c'est une PI), s'associe aux filaments d'actine du cytosquelette. La bande III (PI) s'associe à la spectrine grâce à une protéine intermédiaire: l'ankyrine (dont le nom vient du fait qu'il s'agit d'une protéine d'ancrage).

Rq: Bande III: permet le transfert d'O₂/CO₂ ionique dans les hématies.

3. Les protéines membranaires peuvent être associées à des éléments extérieurs à la cellule (MEC ou autres cellules). Adhérence à la MEC ou intercellulaire par des mécanismes d'adhérence jonctionnels ou non jonctionnels.

a. Mécanismes d'adhérence non jonctionnels.

Molécules d'adhésivité cellulaire: CAM (cell adhesion molécule): cadhérine, intégrine, sélectine.

Molécules d'adhésivité au substrat: SAM (substrate adhesion molécule): intégrine, protéoglycanes.

b. Mécanismes d'adhérence jonctionnels.

Cellule/Cellule:

-Jonction de type étanche (= zonula occludens): occludine, claudine (ce sont des protéines permettant une occlusion de l'espace intermembranaire et une sorte de fusion membranaire).

-Centre d'adhérence (= zonula adherens): cadhérine (tire son nom du fait qu'il utilise le Ca (calcium)).

-Desmosomes (= macula adherens): cadhérine.

-Jonction de type gap (gap car modère un espace) (= jonction communicante): connexine, organise de véritables connexions.

Un connexon: ensemble de connexines qui ménagent un canal.

Deux connexons face à face permettent la création d'une communication entre deux cellules, pour le passage de molécules de poids moléculaire n'excédant pas les 1000 Da.

Grâce aux connexons, il y a couplage métabolique de ces cellules.

Cellule/Substrat:

- Hémidesmosome: intégrine.
- Contact focal: intégrine.

Le mouvement est dirigé par le cytosquelette de la cellule= protéines intracellulaires motrices qui s'accrochent → mouvement.

Certaines protéines sont bloquées dans certaines positions. C'est le cas par exemple des cellules épithéliales (de l'épithélium):

Schéma

Les cellules forment une ceinture maintenue entre elles par des jonctions serrées. Chaque cellule a un domaine apical et un domaine basolatéral, opposé au précédent.

Les jonctions serrées ceignent les cellules et bloquent les échanges entre domaine apical et basolatéral.

Schéma

La glycophorine tire son nom du fait qu'elle porte beaucoup de chaînes glucidiques.

La protéine canal correspond à la bande 3. Il y a des protéines intermédiaires, comme l'ankyrine qui constituent la bande 4.1 (par électrophorèse). Ces dernières sont reliées par de l'actine et de la spectrine.

Le cytosquelette est la délimitation liée à l'existence du domaine physique de la membrane ou à la présence de liaisons avec le cytosquelette, ou bien quand les protéines sont liées dans le phénomène d'assurance cellulaire.

Schéma

Les protéines d'attachement intercellulaires, sont reliées dans une même cellule par des filaments du cytosquelette.

Les jonctions serrées:

Schéma

Les filaments se croisent au niveau de protéines d'occludines encore appelées claudines.

Desmosome:

Schéma

Les plaques cytoplasmiques faites des protéines d'attachement, sont recouvertes de filaments de kératine ancrés dans la plaque cytoplasmique. Entre les deux plaques cytoplasmiques se trouvent des protéines transmembranaires (appartiennent à la famille des cadhérines car calcium).

Jonctions communicantes de type "gap":

Schéma

Les canaux sont des connexons (appartiennent aux connexines), qui permettent par exemple, le passage d'AMPcyclique (AMPc).

Les portes sont composés de plusieurs molécules permettant le passage des substances hydrophiles.

Les protéines membranaires sont maintenues en place.

Les glucides membranaires constituent, sur la membrane externe, un feutrage appelé glycocalyx. Cette association glucidique définit des polymères plus ou moins grands. Les chaînes longues fixées par des liaisons covalentes sur les protéines ou les lipides (= glycolipides) sont formées de peu (oligosaccharides= glycoprotéines) ou de beaucoup de glucides (polysaccharides= protéoglycomère). Protéoglycanes et glycoprotéines sur les PE côté externe, ou sur les PI côté interne.

Très grande variété de liposaccharides.

Toutes ces structures vont avoir des propriétés:

-2 à 10% de la masse membranaire.

-Fonction de protection chimique de la membrane (hyaluronidase dissout le glycocalyx).

-Fonction d'adhésivité cellulaire par les lamines, les fibronectines. Polarité favorisant le rapprochement ou l'écartement des cellules (via cation calcium par exemple qui neutralise l'anion).

-Le cell coat a des fonctions de piégeage des anticorps ou de structures enzymatiques comme dans les cellules intestinales (= entérocytes) grâce aux sucres présents.

ex: lipases et protéases dans cell-coat intestinal (prédigestion).

-Fonction de support de l'identité cellulaire. Car l'enchaînement de sucres correspond à un encodage spécifique. Le glycocalyx a une conformation particulière permettant d'être récepteur (fonction thyroïde, VIH) ou détecté (par les anticorps ou les lectines).

ex: Contrôle de l'identité par le biais des groupes sanguins et des anticorps associés.

Lectines: glycoprotéines qui sont capable de se fixer sur un certain enchaînement de saccharides.

→ détermination de l'identité cellulaire (défense):

-par anticorps.

-par lectines.

-par virus (bactérie). ex: Sida qui joue sur le galacto-cérébroside.

Adhérence cellulaire favorise une régulation de la croissance.

Rq: la perte d'inhibition de contact → cancer.

4. Les propriétés membranaires.

1/ Échanges d'informations.

L'échange d'informations (pas de matière!!), se fait au niveau des récepteurs membranaires:

-couplés aux protéines G (7 domaines transmembranaires, le transducteur se fixe aux Gdiphosphates= GDP).

-enzyme (ex: hormone de croissance avec une traversée membranaire PI; enzyme coté interne: fonction kinase= +P (par opposition à phosphatase= -P) sur protéine d'activation).

-canaux: canaux ioniques (→ ouverture du canal).

Récepteur (Cluster= groupe de protéines réceptrices) + ligand (Premier messenger) → changement de conformation de la membrane externe (rendu possible par la fluidité de la membrane → mouvement moléculaire) → transducteurs → un ou plusieurs deuxièmes messagers → sur un ou plusieurs effecteurs → active certaines fonctions dans la membrane interne.

La cellule porte à sa surface une spécificité structurale.

Signaux moléculaires de nature très variée:

-chimiques: sucres, ions, fragment d'aa, molécule lipidique....

-physiques: photons, base dans tous les réflexes....

-ligand.

En provenance de l'environnement immédiat (local) ou lointain (hormonal) ou de l'extérieur du corps: molécule odorante.

a. Récepteur couplé aux protéines G (7 domaines trans-membranaires, + de 1000 gènes codants).

Sont capable de reconnaître des signaux très différents (photon, molécule odorante, hormone).

Un signal par récepteur donc très spécifique.

Quand se fixe un ligand → allostérie.

Protéine G car fixe GDP et GTP → active système enzymatique.

b. Récepteur enzymatique.

Fonctionne un peu de la même manière à la différence près que la protéine réceptrice est elle même simultanément un enzyme du côté intra-cellulaire (kinase: elle transfère phosphate).

c. Récepteur canaux.

Grâce à ligand → ouverture de ports membranaires ioniques.

Sélectifs pour certains ions.

2/ Échanges de matière: Transports perméatifs.

A. Passif.

Passage de petites molécules sans modification de la structure membranaire (= sans dépense d'énergie mais nécessitant une différence de gradient de concentration définissant le sens de circulation: du plus vers le moins).

-Diffusion: pas de charges et molécules de petites tailles (gaz) ou alors solubles tels que les anesthésiques, les aldéhydes, les liposomes (malgré ses 50nm!!),...

Schéma

Grâce aux propriétés allostériques, la protéine peut passer de la membrane externe à la membrane interne. C'est le cas des Glut qui sont des transporteurs de glucose.

-Solvant: nécessite une destruction membranaire pour passer.

-Perméases:

-transporteurs: dispositif protéique, transport au niveau membranaire.

-aquaporines: transport sélectif des molécules d'eau.

-Canaux ioniques (très spécifiques: Ca ou K,...) commandés par:

-potentiel (dépolérisation)= influx (cellules nerveuses).

-ligand (interne ou externe)= nerf → muscle (ex: acétylcholine).

-traction mécanique= mouvement liquidien → ouverture canaux (indispensable pour l'audition).

B. Actif.

-Couplé à une ATPase.

-"Pompes" à Na^+ , H^+ , Ca^+ (homéostasie).

-Cotransport:

-symport (1): les molécules A et B vont dans le même sens.

-antiport (2): les molécules A et B vont dans des sens contraires.

Schéma

Rq: une même molécule peut être acheminée par procédé passif et actif:

Schéma

C. Transports cytotiques.

S'applique aux grosses molécules (solutés) engendrant une modification de la structure membranaire.

-Endocytose (= importation): mécanisme faisant intervenir le cytosquelette.

-pinocytose= capture de petites molécules.

-endocytose médiée par récepteur: vésicules à clathrine (du grec= "cage").

Schéma

Les vésicules hérissées, mantelées appelées coated pits (USA) transportent le cholestérol (LDL). La clathrine s'associe aux molécules d'adaptines pour changer sa conformation en sphère et pouvoir capturer le LDL. Puis, la clathrine se dissocie et il y a pincement pour former une vésicule dénudée. Cette dernière va passer par une pompe à H^+ (rend acide) pour permettre la dissociation du ligand LDL. La vésicule va alors se joindre à un compartiment endosomal de

l'endosome. Ce dernier est un endosome tardif (à un stade tardif). Sur celui ci, il y a bourgeonnement du vésicule pour permettre le recyclage des récepteurs au niveau de la membrane. Ce bourgeonnement est un phénomène d'endocytose, notons au passage qu'un phénomène d'endocytose est toujours accompagné d'un phénomène d'exocytose.

Triskelion:
Schéma

-Cavéoles (relativement petit: 50 à 90nm): au niveau des radeaux (= rafts), la cavéoline d'aspect sphérique et à disposition spiralée → cavéosome.

Schéma

-Autres: pas encore identifiés.

-Macropinocytose:

Schéma

Des voiles cytoplasmiques appelés pseudopodes vont englober les particules.

-Phagocytose: au niveau des cellules spécifiques du système macrophagique et polynucléaire sanguin.

Schéma

a. Transports perméatifs.

Transport membranaire (différent de ligand qui reste toujours externe à la membrane).

Transport de type moléculaire, ne nécessite pas l'intervention du cytosquelette.
Préservation d'équilibre vital (homéostasie, si non respectée → mort cellule).

- passif:

Non chargé gradient de concentration.

Si lipophile, traverse facilement.

Dépend de la taille.

Solvant.

Diffusion.

Perméases:

-Glut 1 → 4 permet passage MEC ↔ MIC du glucose.

-Aquaporines.

-Canaux ioniques commandés par: potentiel, ligand, signal mécanique.

-actif:

Systèmes protéiques transporteurs sont capable de faire pénétrer ou sortir de la cellule, des molécules même contre un gradient de concentration.

Fonction ATPasique= consomme ATP pour transport.

-couplé à ATPases= pompes ioniques.

-cotransport (couplage d'un transport actif et passif).

Symport (même sens), antiport (sens inverse).

b. Transports cytotiques.

Endocytose:

- pinocytose (→ molécules de 100 nm de diamètre).
- pinocytose médiée par un récepteur (capture sélective d'un produit): vésicule à clathrine, cavéoles,...
- macropinocytose.
- phagocytose.