

La membrane plasmique

La membrane plasmique ou cellulaire ou encore plasmalemme désigne une fine barrière qui sépare les composantes internes de la cellule des substances extracellulaire et du milieu externe. Elle sépare mais n'isole pas la cellule de son environnement

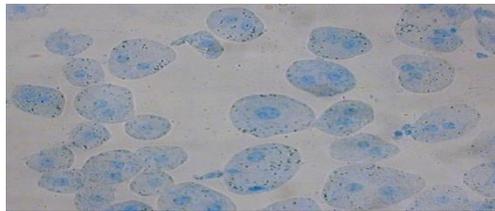
C'est un assemblage moléculaire :

- représente une frontière qui isole le compartiment cellulaire du milieu extracellulaire.
- régule et contrôle les échanges entre le milieu extérieur et intérieur.
- le siège de la réception de signaux.
- joue un rôle majeur dans l'adhérence et la reconnaissance cellulaire

Structure

1. En microscopie optique

La membrane plasmique prend l'aspect d'une limite continue. Le pouvoir séparateur du microscope optique ne permet pas la mise en évidence des divers constituants de ce revêtement.



Cellules de foie de lapin observées au microscope optique, après coloration au bleu de méthylène)



Cellule d'épithélium buccal en MO

2. Au microscope électronique

Deux techniques sont utilisées en microscopie électronique :

La technique des coupes minces

La technique des répliques

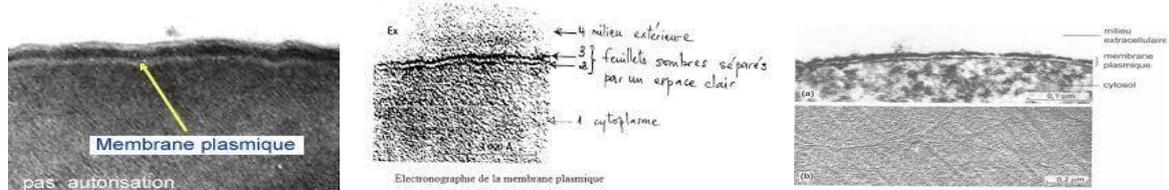
Observation des coupes minces

Après fixation au permanganate de potassium ou au tétr oxyde d'osmium et observation au microscope électronique, la membrane plasmique paraît composée de trois couches. Ces trois couches sont réparties comme suit : un feuillet clair de 35 Å° situé entre deux feuillets denses de 20 Å°. L'épaisseur de cette membrane plasmique avec ses trois couches est voisine de 75 Å°. Puisque la membrane plasmique est constituée de trois couches, cette structure est connue sous le nom de membrane tripartite ou trilaminaire. Les deux feuillets denses de la membrane plasmique d'une cellule ont une épaisseur qui peut varier d'un feuillet à l'autre, ce qui montre que les deux faces de la membrane plasmique ne sont pas identiques. On explique cette variation d'une part par la présence d'un revêtement

fibreuse, appelé le "cell coat" ou manteau, localisé uniquement sur le feuillet dense externe qui est en contact avec le milieu extérieur, et d'autre part par un revêtement de microfilaments en relation avec la face interne de la membrane plasmique qui constitue ce que l'on appelle le revêtement cytosquelettique

Observation des répliques : cryodécapage.

En utilisant la technique de cryodécapage, l'observation des répliques montre que la membrane plasmique est formée de deux couches clivables renfermant des particules globulaires intramembranaires de 50 Å à 80 Å de diamètre, ce sont les protéines. Cet aspect de la membrane plasmique est le même chez les autres types de membranes cellulaires étudiées par cryodécapage



Aspect de la membrane plasmique (ME)

Composition chimique de la membrane plasmique

Le poids des membranes plasmiques des cellules animales usuelles est reparti uniformément entre **les protéines** et **les lipides**, maintenus ensemble par des liaisons non covalentes. Toute fois, comme les protéines sont plus grosses et plus lourdes que les lipides, on trouve près de **50 molécules de lipides par molécule de protéine**.

Analyse chimique des membranes plasmiques des globules rouges

Après leur isolement des autres constituants, les membranes plasmiques des hématies ont été soumis à une analyse chimique pour déterminer la nature de leurs constituants. Les résultats obtenus ont montré que les membranes plasmiques sont constituées de protéines, de lipides et de glucides dans des proportions différentes : les protéines constituent 49 % de la membrane plasmique d'un globule rouge tandis que les lipides représentent 43 % et les glucides représentent 8 % de cette membrane plasmique des globules rouges étudiés.

I. Les lipides membranaires

les lipides membranaires sont les éléments de base de la membrane plasmique , 55% d'entre eux sont des phospholipides, 25% sont des molécules de cholestérol et 20% des glycolipides.

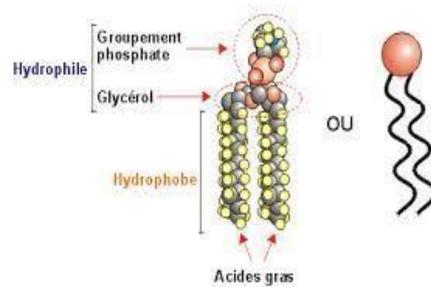
Tous les lipides membranaires sont amphipatiques : ils possèdent une partie hydrophile et une partie hydrophobe. Les lipides rencontrés dans la membrane sont

a/- Les phospholipides

ils dérivent du glycérol (les phosphoglycérides ou glycérophospholipides) ou de la sphingosine (les sphingolipides (dont sphingomyéline) . La sphingomyéline est un composant de la gaine de myéline de l'axone des neurones.).

Les phospholipides sont de loin les plus nombreux des lipides membranaires.

Ils comportent une tête phosphorylée hydrophile et une queue formée de deux chaînes d'acides gras hydrophobe.



b- le cholestérol

Les molécules de cholestérol qui se trouvent parmi les phospholipides de la double couche chez les cellules animales **constituent 20%** restants de lipides de la membrane. Les anneaux stéroïdiens rigides de cholestérol **renforcent** la membrane dont ils diminuent cependant la souplesse. La membrane cellulaire des végétaux et des bactéries ne contient pas de cholestérol.

Propriétés des lipides membranaires

L'asymétrie de la bicouche lipidique : la répartition des lipides entre les deux feuillettes internes et externes est asymétrique.

La fluidité : la fluidité de la membrane dépend de l'insaturation des phospholipides, de la quantité de cholestérol et de la température.

L'insaturation des chaînes hydrocarbonées augmente la fluidité de la membrane. Plus les chaînes carbonées des acides gras sont courtes et insaturées plus la membrane est fluide.

-Le cholestérol renforce la solidité de la membrane. Il se place entre les molécules de phospholipides, immobilise les chaînes hydrocarbonées voisines rendant la membrane plus rigide

-Une baisse de la température provoque la synthèse de lipides membranaires insaturés, entraînant une augmentation de la fluidité de la membrane.

L'application des techniques biophysiques ont amené Singer et Nicholson (1972) à proposer le modèle de mosaïque fluide (Mosaïque: constitué d'unités de type différents; Fluide: souple et déformable) et asymétrique

FLUIDITE MEMBRANAIRE ET MOBILITE DES MOLECULES

Le modèle "en mosaïque fluide" doit être compris dans son aspect dynamique. Les différentes molécules du revêtement cellulaire n'ont pas une disposition fixe et définitive; elles sont animées de mouvements divers.



Mouvements des molécules lipidiques

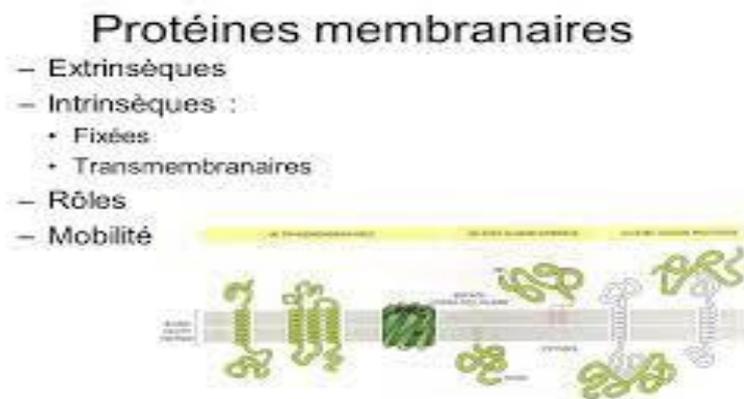
Elles peuvent effectuer 4 types de mouvements :

- a - mouvement de diffusion latérale où les molécules lipidiques changent facilement de place avec leurs voisines à l'intérieur d'une même monocouche
- b - mouvement de rotation où les molécules lipidiques individuelles sont capables d'effectuer des mouvements de rotation très rapides autour de leurs axes
- c - mouvement de flexion : les queues sont flexibles et le plus grand degré de flexion est atteint près du centre de la double couche, à l'extrémité de la queue
- d - mouvement de bascule correspond à la migration des molécules lipidiques d'une monocouche à l'autre. Ce mécanisme de flip-flop est très rare par rapport aux autres types de mouvement (moins d'une fois toutes les 2 semaines)..

II. Les protéines membranaires

Les protéines membranaires sont de 2 types : intégrales et périphériques.

Les protéines intégrales (structurales) s'étendent dans la double couche phospholipidique parmi les queues d'acide gras. Ce sont pour la plus part des **glycoprotéines**, combinaison de glucides et de protéines. La partie glucidique d'une glycoprotéine fait face liquide extracellulaire. Les protéines périphériques ne s'étendent pas dans la double couche phospholipidique. Elles sont fixées lâchement aux surfaces interne et externe de la membrane et s'en séparent facilement.



Rôles des protéines membranaires

- Récepteurs.
- Transporteurs.
- adhérence cellulaire,
- catalyse enzymatique,
- messagers intracellulaire.

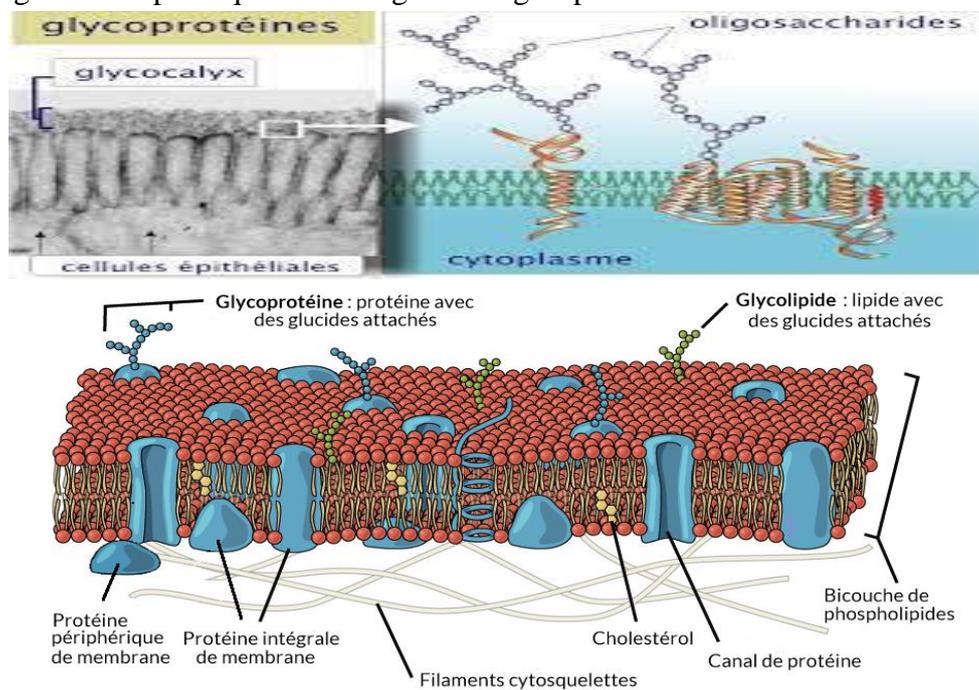
Chaque protéine possède une extrémité N-terminale et une extrémité C-terminale.

III. Les glucides

Les glucides sont accrochés à la membrane par deux moyens : ils sont fixés à la surface des protéines intramembranaires (les glycoprotéines) ou aux lipides (les glycolipides).

- Ces glucides ont plusieurs rôles :
 - Reconnaissance : les motifs glucidiques sont très antigéniques (par exemple les groupes sanguins).
 - Participation à l'environnement local, les glucides sont des molécules très polaires.
 - Renforcement de la membrane.

Les glycolipides des membranes des globules rouges, définissent le groupe sanguin de l'individu. Il s'agit d'oligosaccharides liés aux lipides au niveau de la membrane des hématies. Ex : fucose et galactosamine spécifiques des antigènes du groupe A, tandis que fucose et galactose spécifiques des antigènes du groupe B.



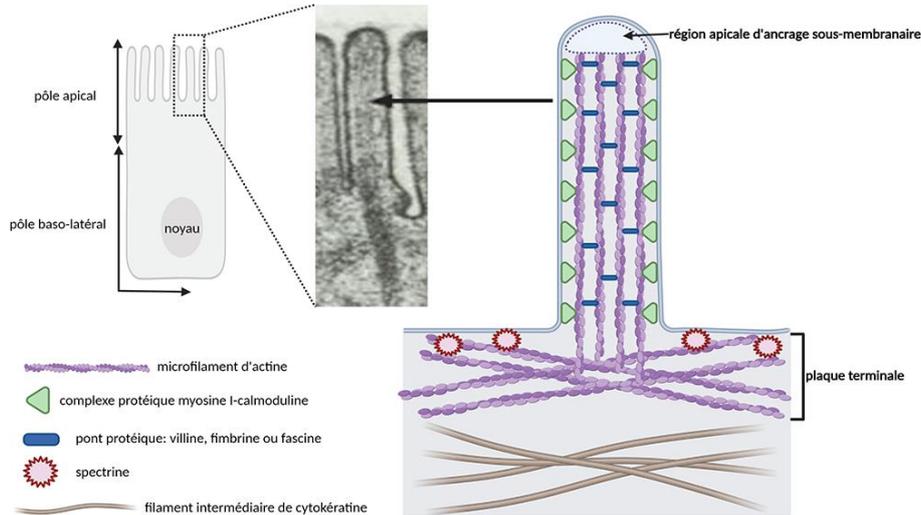
Fonctions de la membrane plasmique

II. ROLES

- Elle préserve l'intégrité de la cellule.
- Elle maintient les différences indispensables entre le contenu de la cellule et son environnement:
 - en jouant un rôle de filtre sélectif, elle contrôle l'entrée des substances nutritives et la sortie des déchets.
 - en utilisant des mécanismes de transports adaptés.
- Elle capte les signaux extérieurs et permet à la cellule de répondre aux modifications de l'environnement.

Spécialisations de la membrane plasmique

Spécialisations de la membrane plasmique sont des différenciations de cette membrane et du cytoplasme superficiel, qui permettent à la cellule d'assurer une ou plusieurs fonctions précises. On distingue 3 types des spécialisations : **apicale, latérale et basale**. Elles se situent toutes dans la cellule épithéliales hautement polarisées possédant un pole apical et un pole basal qui repose sur un tissu conjonctif sous jacent par le biais de la lame basale.



1) Spécialisations des la membrane plasmique apicale

a) Microvillosités

Mesurent environ 0,1 μm d'épaisseur et, selon le type de cellule, 2 μm de long. Ce sont des expansions cytoplasmiques en doigts de gant, Chaque microvillus individuel contient un faisceau central de 40 filaments d'actine qui fonctionnent comme des squelettes.

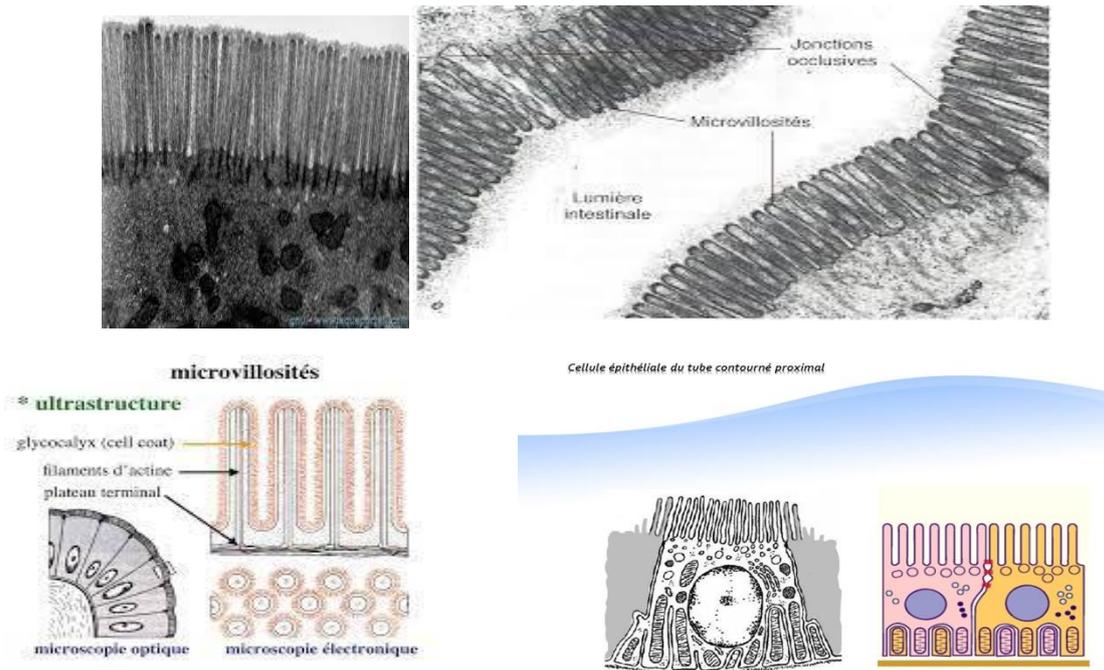
Ils sont maintenus ensemble et maintenus à l'aide des protéines fimbrine, fascine et villine.

Les microvillosités se trouvent généralement dans les cellules animales de l'épithélium de l'intestin (duodénum) ou des reins.

La grande surface de ces petites villosités facilite l'absorption des macromolécules et des ions.

Pouvant être isolées ou groupées :

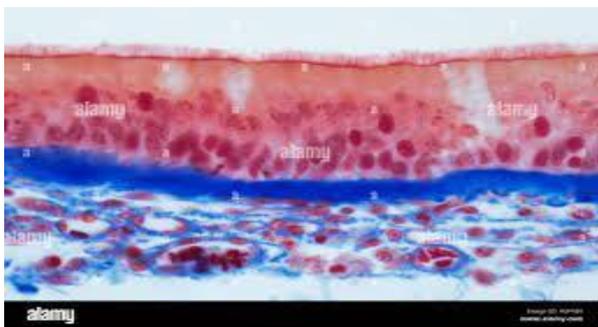
- **Les microvillosités isolées**: elles sont distantes les unes des autres, irrégulières dans leur forme et inégales dans leur hauteur.
- **Les microvillosités groupées**: elles recouvrent toutes la surface libre de la cellule réalisant :
 - La plateau strié exp: épithélium intestinal.
 - Bordure en brosse exp: épithélium du tube contourné du rein.



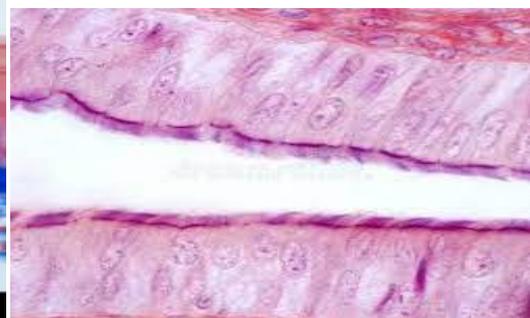
b. Les cils vibratiles

Les cils vibratiles sont des expansions de la membrane plasmique apicale se projetant à partir de certaines surfaces épithéliales, animées de mouvements ondulatoires synchrones, Les cils peuvent mesurer jusqu'à 10 μm de longueur pour un diamètre de 0,2 μm (visibles en microscopie optique) ; une seule cellule épithéliale peut en présenter jusqu'à plusieurs centaines. Chaque cil vibratile est construit autour d'un complexe central cylindrique, l'axonème.

- Dans l'appareil respiratoire (sinus, trachée, bronches), le mucus capte les débris de particules inhalées et les cils déplacent ce mucus de bas en haut vers le pharynx où il est avalé, laissant ainsi les vies aériennes propres.
- Dans les trompes de Fallope (tractus génital féminin), les cils facilitent le déplacement de l'ovule, de l'ovaire vers la cavité utérine.



Épithélium de la tachée

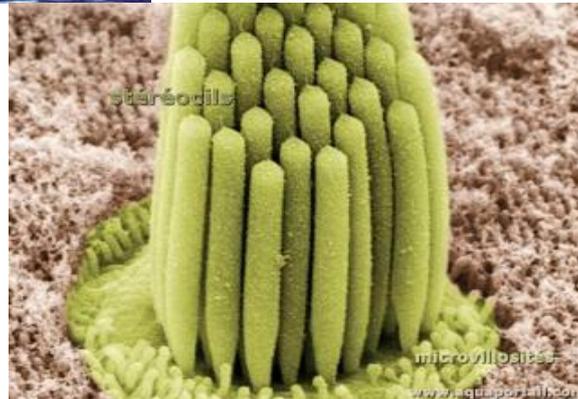
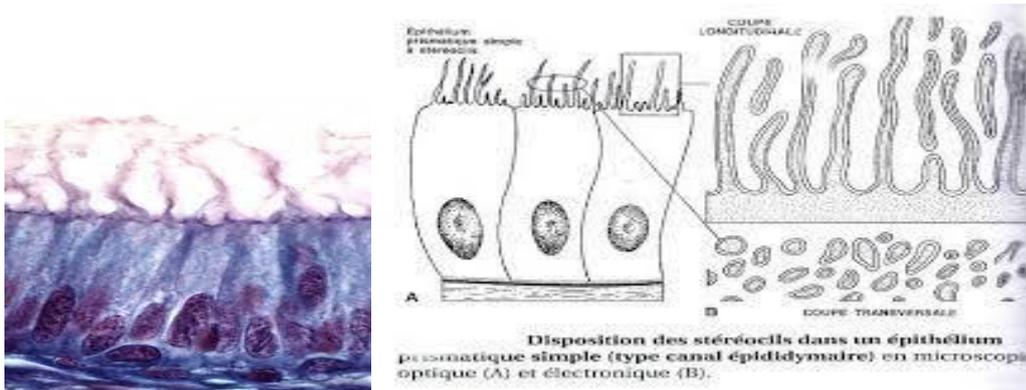


Épithélium des trompes de Fallope

c. Les stéréocils

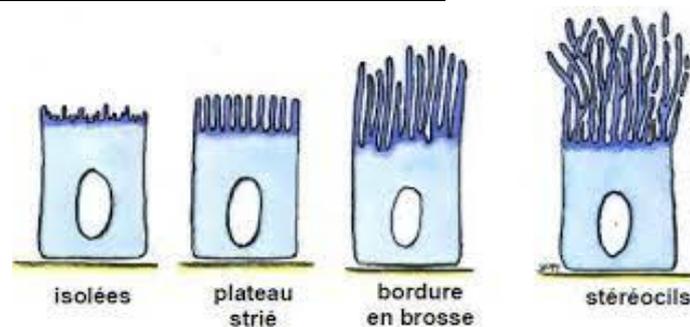
sont des spécialisations des prolongements apicaux de la membrane plasmique présente dans certaines cellules épithéliales.

- Ils se trouvent dans l'épithélium de l'épididyme, où ils remplissent la fonction de sécréter un liquide épидидymaire, qui est un composant du sperme; et dans le segment proximal du canal déférent, et dans certains tissus sensoriels, tels que la rétine, l'oreille interne ou les neurones olfactifs.



Stéréocils (ou stéréovillosités) de l'oreille interne d'une grenouille. Vus au microscope optique.

Spécialisations des la membrane plasmique apicale



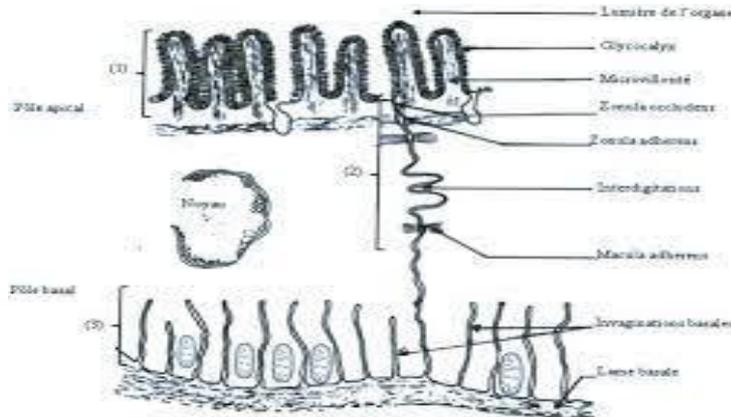
2) Spécialisation de la membrane basale

La membrane basale dessine des invaginations plus ou moins profondes qui pénètrent dans le cytoplasme basal et divisent celui-ci en compartiments toujours ouverts vers le cytoplasme. Ex: cellules épithéliales impliquées dans les échanges actifs : cellules des tubes contournés du Rein.

3) Spécialisation de la membrane plasmique latérale

- Interdigitations

Ce sont des interpénétrations des membranes plasmiques latérales des cellules voisines. Elles augmentent la surface de contact entre les deux cellules ainsi que leur adhésion ou adhérence



Les jonctions intercellulaires

Jouent plusieurs rôles :

- Cohésion des cellules entre elles.
- Obturation de l'espace intercellulaire.
- Transmission des informations d'une cellule à l'autre.

Sont classées selon leur forme et la largeur de l'espace intercellulaire

forme		Espace intercellulaire	
zonula	Ceinture qui encercle complètement la cellule	Jonction occludens	Presque nul
macula	circulaire	Jonction adhérens	large
fascia	place plus ou moins étendue à contour irrégulier	Jonction gap (communicante)	Réduit

Structure et fonction

A. Jonctions serrées tight junctions

Une connexion spécialisée de deux membranes cellulaires animales adjacentes de telle sorte que l'espace se trouvant habituellement entre elles est absent. Les jonctions serrées sont composées de deux protéines, claudine et occludine, entre les couches les plus externes adjacentes (voisines) qui établissent une barrière à l'entrée des macromolécules (lipides,

protéines) dans les cellules. Les jonctions serrées cellulaires existent dans les cellules épithéliales tapissant l'intestin et autres organes, empêchant le passage des produits dans l'espace entre deux cellules (espace intercellulaire).

- **Desmosomes de ceinture: zonula adhérens**

Sont des jonctions observées essentiellement dans les épithéliums prismatiques ou cubiques simples, les cellules myocardiques. Ceinturent les cellules à leur pole apical.

Rôle:

- Assurant l'adhésion des cellules (lors de l'embryogenèse).
- Maintient la rigidité de l'épithélium.

- **Desmosomes punctuels**

Présentent une forme ovale, 100nm pour le petit axe et 400nm pour le grand axe. Forment de véritables boutons de pressions. L'espace intercellulaire est élargi:200 à500nm.

Rôle:

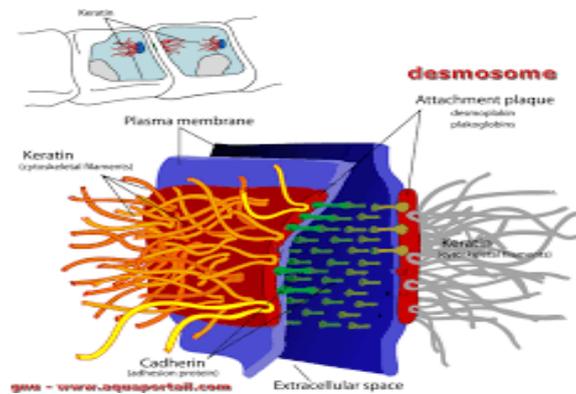
- la cohésion architecturale du tissu épithélial

Les Gap junctions ou jonctions communicantes

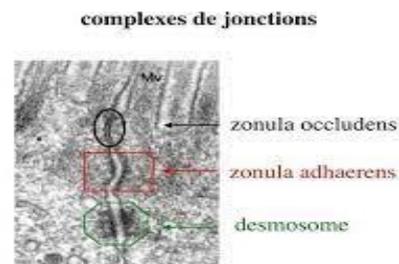
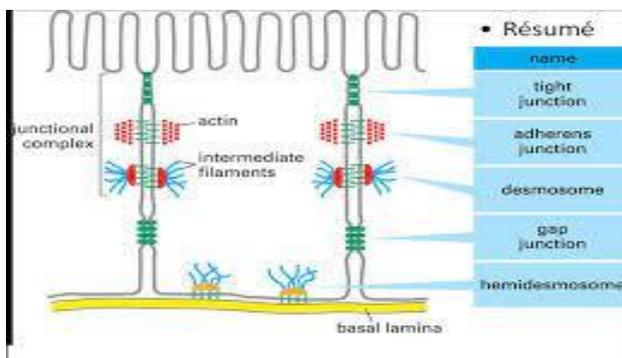
Formées de petits canaux tubulaires permettant le passage de molécules entre cellules adjacentes. Présentes dans la plupart des tissus de l'organisme.

Rôle:

- permettent le passage d'ions et de petites molécules de PM inférieur 1500 daltons.
- une régulation coordonnée de l'activité cellulaire (passage du calcium et l'AMPc).



Jonctions cellulaires

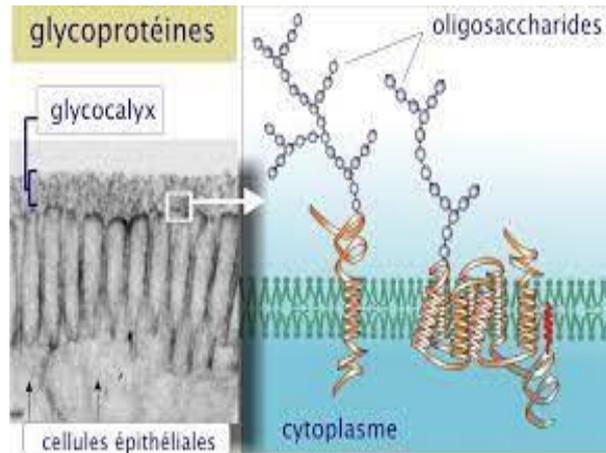


La communication intercellulaire

Synaptique chimique: le premier messager (neurotransmetteur) est libéré dans l'élément pré-synaptique, et agit sur l'élément post synaptique (récepteur).

Endocrine: l'hormone (premier messager) synthétisé par la cellule endocrine, libérée dans la circulation générale, et agit sur la cellule cible (récepteur spécifique).

Le cell coat: Fins filaments ramifiés perpendiculaires au feuillet externe de la membrane, Constitués de courtes chaînes d'oligosaccharides liées soit aux protéines membranaires ou aux lipides. D'un diamètre de 1nm, à la surface de la membrane. Son épaisseur varie en fonction de la cellule: 200nm pour l'entérocyte.



Rôle du cell coat:

- Protection de la membrane plasmique.
- Charge cellulaire de surface : la charge de surface du cell coat est négative grâce à l'acide sialique. Fonction absorbante.
- Rôle dans les phénomènes de reconnaissance cellulaire: les chaînes oligosaccharidiques du cell coat peuvent jouer un rôle antigénique et sont spécifiques de l'individu.
- a. **Le complexe majeur d'histocompatibilité ou CMH** : Ce sont des glycoprotéines porté par toutes les cellules nucléées d'un individu pour permettre la reconnaissance du soi

CMH I : présent sur la quasi-totalité des cellules de l'organisme

CMH II : présent sur certaines cellules immunitaires (cellules présentatrices.)

Transports membranaires

1. Les transports perméatifs

La membrane plasmique de par le caractère hydrophobe de la couche lipidique ne permet pas le passage de molécules polaires, cependant le fait que les cellules doivent régler les concentrations ioniques intracellulaires montre que la membrane est cependant perméable.

Il existe 2 modes de transport transmembranaire : Un transport passif qui nécessite pas l'énergie et se fait dans le sens du gradient de concentration et un transport actif qui exige de l'énergie.

a. Le transport passif

Il peut se faire sous forme de diffusion ou d'osmose.

- La diffusion

La diffusion est le mouvement des molécules d'une zone où elles sont en concentration élevée vers une zone où elles sont en faible concentration (c'est-à-dire dans le sens du gradient de concentration).

La diffusion simple

Ce type de passage n'est possible que si la molécule est « soluble » dans la membrane phospholipidique, c'est-à-dire qu'elle peut traverser directement la bicouche de phospholipides.

La molécule doit donc être hydrophobe (apolaire) ou, si elle est hydrophile (polaire), être suffisamment petite (en pratique : éthanol).

Les substances non polaires comme l'oxygène, les déchets comme le dioxyde de carbone et l'urée, les graisses, diffusent à travers la membrane plasmique en se liant à ses composés phospholipidiques.

La 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 porteuses ou des protéines de canal (canaux ioniques).

Transports passifs par protéines porteuses :

c'est un mode de transport passif sans dépense d'énergie, dans lequel interviennent des protéines porteuses (appelées transport, perméase, translocase), ces protéines changent de forme pour laisser passer les molécules.

Les différents types de protéines transporteuses:

- Uniport : il concerne le transport d'une seule substance.
- Co-transporteur Symport : le transfert d'un soluté dépend du transfert d'un second soluté dans le même sens. Ex : le glucose et le sodium.
- Co-transporteur Antiport : il concerne le transport simultané de deux substances en sens opposé.

Les canaux ioniques : ce sont des canaux protéiques transmembranaires spécifiques et sélectifs des ions. Ce type de transport est rapide et régulé.

2. L'osmose

Transport du glucose .

Canal ionique .

L'osmose est le processus de la diffusion appliquée à l'eau. Les molécules d'eau se déplacent pour diluer le milieu le plus concentré jusqu'à ce qu'il y ait éventuellement équilibre des concentrations. Ce mécanisme est à la base de l'équilibre hydro-électrolytique.

1.b. Le transport actif

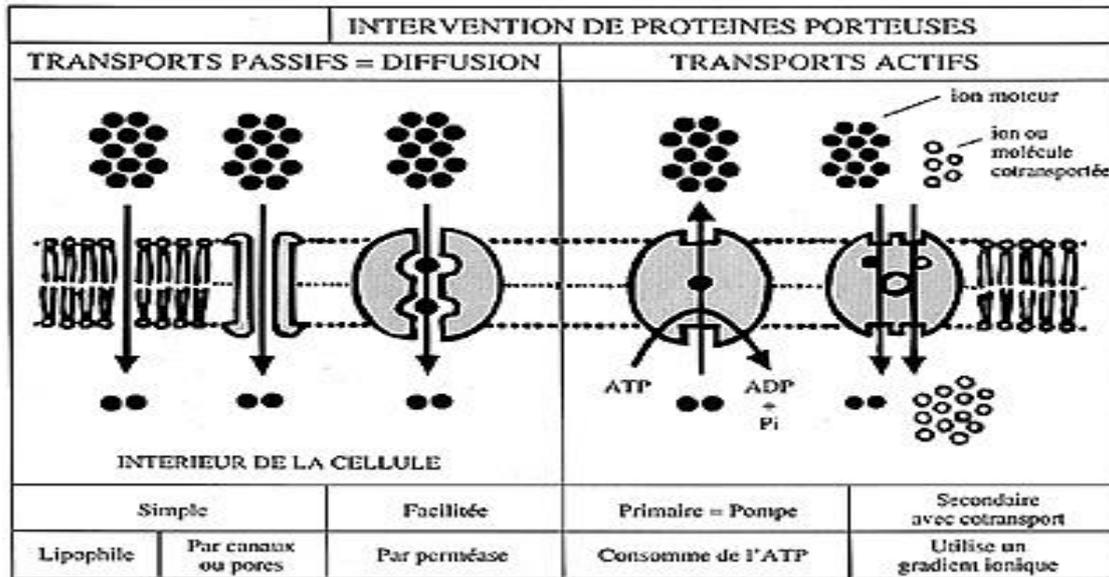
Un transport actif exige de l'énergie et l'intervention de protéines. Le transport actif est un processus nécessitant de l'énergie fournie par hydrolyse de l'ATP pour rendre la structure transporteuse capable de fonctionner contre un gradient de concentration.

* La pompe $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPase}$:

-La concentration des ions sodium est supérieure à la concentration du sodium à l'intérieur, ils devraient donc entrer dans la cellule.

-Le sodium entre mais, il est expulsé vers l'extérieur par la pompe qui fonctionne grâce à l'énergie qui provient du métabolisme.

-Pour les ions potassium c'est l'inverse, c'est-à-dire qu'il est refoulé vers l'intérieur de la cellule.



2. Les transports cytotiques :

a. L'endocytose

L'endocytose se produit par invagination de la membrane plasmique. En s'invaginant elle capture des éléments pour former des vacuoles que l'on retrouve à l'intérieur de la cellule. Elle est de 2 types :

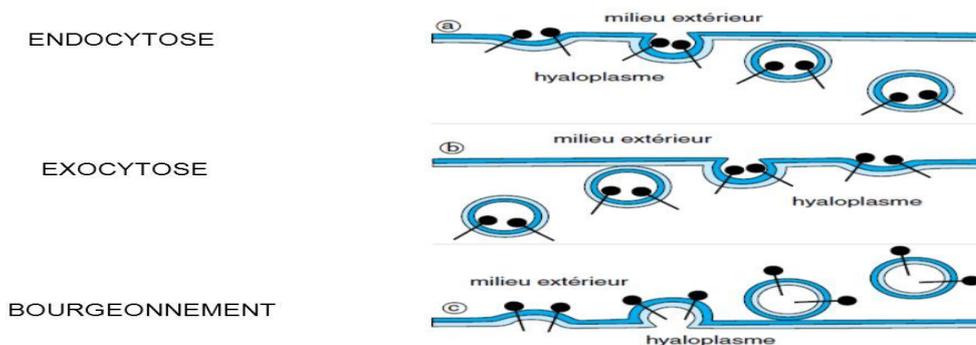
-La phagocytose correspond à la capture de particules solides plus ou moins grosses.

-La pinocytose correspond à la capture de petites quantités de liquide extra cellulaire.

b. L'exocytose

L'exocytose permet aux substances intracellulaires d'être déversées dans le milieu extracellulaire. Les produits à rejeter sont emprisonnés dans des vacuoles puis déversés hors de la cellule. Il y a alors fusion de la membrane de la vacuole avec la membrane plasmique.

LES TRANSPORTS CYTOTIQUES



Cytopathologie de la membrane plasmique

Atteinte des canaux ioniques: Les canaux ioniques sont des protéines qui forment des pores au travers des membranes cellulaires. Ils permettent et contrôlent les flux transmembranaires passifs d'ions et jouent des rôles prépondérants dans de nombreuses fonctions cellulaires telles que l'excitation, la transmission synaptique, la transduction, la sécrétion et la contraction. De plus, les canaux sont directement ou indirectement impliqués dans un certain nombre de pathologies telles que la sclérose en plaques, la mucoviscidose, les myotonies et certaines cardiopathies

Ex : - La Mucoviscidose: Maladie héréditaire des canaux ioniques du chlore (Cl-) des cellules épithéliales, le gène de la mucoviscidose s'appelle « cystic fibrosis » Divers organes sont affectés comme l'intestin, pancréas, glandes sudoripares et les organes reproducteurs mais c'est surtout dans les organes respiratoires que se manifeste les effets les plus grave.

- -HTA hypertension Artérielle: Elle est due à une défaillance au niveau des canaux ioniques sodium Na+, provoquant une rétention.
- Augmentation de la fluidité membranaire: Elle dépend d'une augmentation de l'instauration des phospholipides et une baisse de la quantité du cholestérol membranaire.
- Augmentation des charges de surface : Elle est liée à l'augmentation quantitative de l'acide sialique, provoquant un épaissement du cell-coat (cas des cellules cancéreuses).
- Modifications de l'adhésivité: Les jonctions intercellulaires se déstabilisent de telle sorte que l'adhésivité intercellulaire diminue et disparaît. Ex : cellules cancéreuses.

