Université Oran 1, Faculté de Médecine, Département de Médecine,
Laboratoire d'Histologie-Embryologie, cytologie et génétique cliniques
Cours de Cytologie de la première année de Médecine
Dr Hamadouche H , Pr Belarbi-Amar N

LA MEMBRANE PLASMIQUE

I. Généralités :

La membrane plasmique est une structure remarquablement mince et délicate, qui sépare la cellule vivante de son environnement, et constitue une enveloppe continue de la cellule.

Elle se caractérise par :

- ✓ Sa composition chimique variable par la nature des molécules qui la constituent, qui sont adaptées
- ✓ La filtration sélective de substances qui rentrent ou qui sortent du compartiment cellulaire.
- ✓ Un mécanisme qui permet le transport physique des substances à travers la membrane.
- ✓ Des récepteurs qui s'unissent à des ligands spécifiques de l'espace extérieur et relaient l'information aux compartiments internes de la cellule.

La membrane plasmique ainsi que les membranes des organites ont une structure similaire (unité membrane). Elles sont toutes constituées de molécules lipidiques et protéiques.

II. Structure :

1. ***En microscopie optique*** : la membrane plasmique apparait sous forme d'un fin liseré.
2. ***En microscopie électronique*** :

Seul le microscope électronique permet d'observer directement sa structure,

Technique de mise en évidence : deux techniques sont utilisées en microscopie électronique : la technique des coupes minces et la technique des répliques

a. Observation en coupes minces :

- Après une fixation au tétroxyde d'osmium, elle apparait formée de trois feuillets : deux feuillets osmiophiles sombres séparés par un feuillet osmiophobe clair.
- Elle a une épaisseur de $75A^0$.
- Le feuillet dense externe apparait garni d'un mince film glycoprotéique dont les fibrilles sont perpendiculaires à la membrane, c'est le cell coat ou glycocalyx. Ce dernier est responsable de l'asymétrie de la membrane.

b. Observation des répliques : après cryodécapage, l'observation de réplique, montre la membrane plasmique clivée en deux hémi membrane : une hémi membrane externe exoplasmique et une hémi membrane interne du coté hyaloplasmique.

III. Organisation générale :

La membrane plasmique est constituée par :

1. Une double couche lipidique.
2. Des protéines intramembranaires (intrinsèques).
3. Des protéines extramembranaires (extrinsèques) : internes du coté cytosoliques ou externes sur le côté externe de la membrane.
4. Le cell-coat, constitué par un feutrage de fibrilles constituées par des glucides.

IV. Composition chimique :

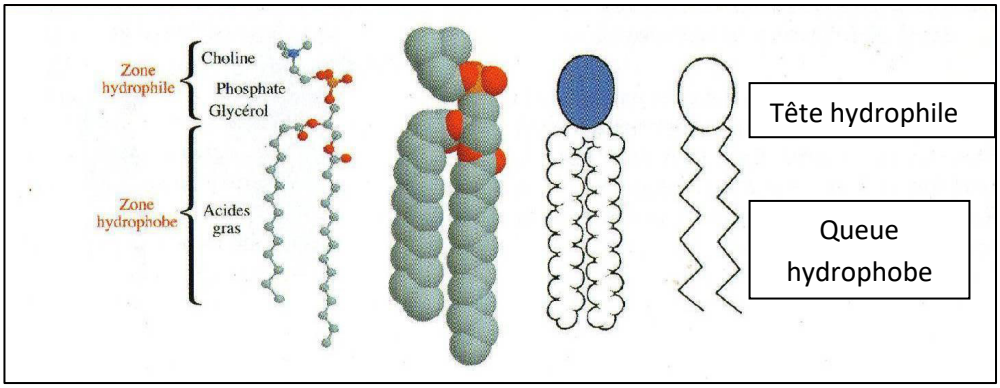
La membrane plasmique (celle des hématies) est constituée de **40%** de **lipides**, **52%** de **protéines** et **8%** de **glucides**.

1. ***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.

a) Phospholipides

Les phospholipides sont amphiphiles, ils présentent tous une tête hydrophile (phosphate et groupement spécialisé) et une queue hydrophobe (glycérol et acides gras).

L'exemple le plus classique de phospholipide est la phosphatidylcholine



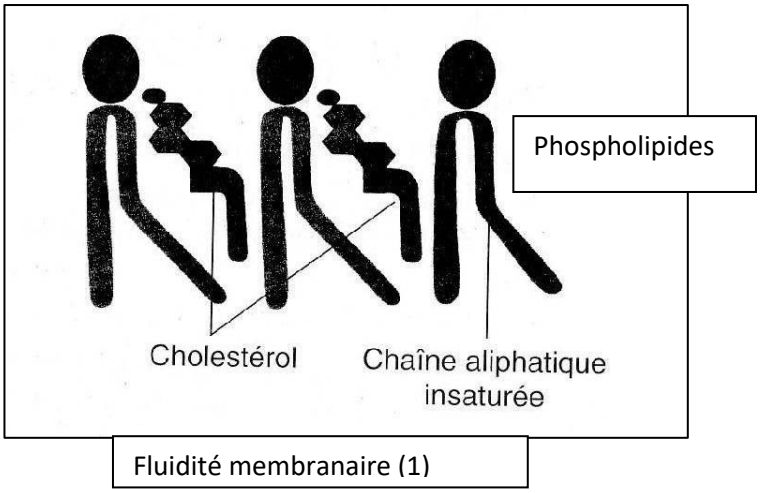
Phospholipides membranaires (2)

b) **Le cholestérol** :

Il est uniquement présent dans les membranes des cellules animales, en effet, il est absent des cellules végétales et des bactéries. Il représente ¼ des lipides membranaires. Il est composé d'un groupement polaire, et d'un groupe stéroïde. Les modifications de ses proportions agissent sur la fluidité de la membrane.

Propriétés des lipides membranaires :

- ✓ **L'asymétrie de la bicouche lipidique :** la répartition des lipides entre les deux feuillets 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 chaines hydrocarbonées augmente la fluidité de la membrane.
  -Le cholestérol renforce la solidité de la membrane. Il se place entre les molécules de phospholipides, immobilise les chaines hydrocarbonées voisines rendant la membrane plus rigide.
  -Une baisse de la température provoque la synthèse de lipides membranaires insaturés, et en même temps ralentit l'agitation moléculaire.



Fluidité membranaire (1)

2. **Les protéines :**

Les protéines intrinsèques pénétrant dans la bicouche lipidique et la traversent, exposant des portions sur les faces cytoplasmique et extracellulaire de la membrane

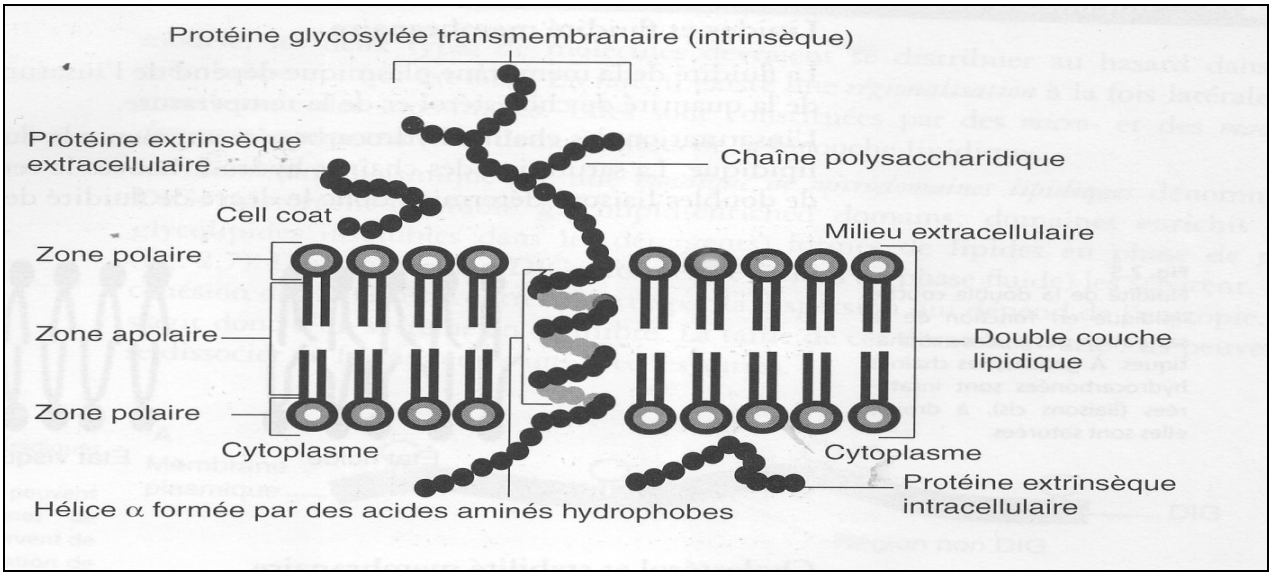
Les protéines périphériques ou extrinsèques sont entièrement situées en dehors de la bicouche lipidique mais unis par covalence à un lipide qui fait partie de la bicouche.

Les protéines membranaires ont des rôles bien spécifiques au sein de la double couche phospholipidique : récepteurs, transporteurs, adhérence cellulaire, catalyse enzymatique, messagers intracellulaires.

Les protéines membranaires sont douées de mouvements lents de diffusion latérale à travers la bicouche.

3. **Les glucides :** sont représentés en faible quantité dans la membrane plasmique et se présentent sous deux formes, les glycolipides et les glycoprotéines associées au

feuillet dense externe pour former le cell-coat. Les glucides participent à la charge négative de la membrane, par la présence de l'acide sialique.



Représentation tridimensionnelle de la membrane plasmique (1)

Architecture moléculaire : Singer et Nicholson ont proposé en 1972, un modèle d'architecture moléculaire qui définit la membrane comme une **mosaïque fluide et asymétrique.**

IV Fonctions de la membrane plasmique

La membrane plasmique à plusieurs fonctions :

-Protection de la cellule du milieu extérieur.

-Entoure les cellules, formant des compartiments fermés en séparant les unes des autres les cellules et permettant ainsi leur individualité.

- La membrane plasmique est une barrière à perméabilité sélective qui autorise le passage de solutés et les échanges entre la cellule et le milieu extérieur se font soit par diffusion passive des molécules soit par transport actif (nécessite un transporteur protéique et de l'énergie). Elle contrôle ainsi l'entrée des substances nutritives et le rejet des déchets.

-Reconnaissance de certains produits auxquels elle va réagir par le biais de récepteurs présents dans la membrane.

Spécialisations de la membrane plasmique:

- Sont des transformations morphologiques de la membrane plasmique parfois complexes.
- Confèrent à la cellule une fonction particulière.

1) Spécialisations des la membrane plasmique apicale :

a. *Microvillosités :*

- Ce sont des expansions cytoplasmiques en doigts de gant de longueur variable (moins de 1µm) et de diamètre régulier (0.1µm)
- Renferment un axe formé de micro-filaments d'actines et de nombreuses protéines permettent l'association du cytosquelette avec les protéines membranaires.
- Interviennent dans les phénomènes d'absorption.
- Pouvant être isolées ou groupées :

-Les microvillosités isolées : sont

- ♦ Distantes les unes des autres.
- ♦ Caractérisées par une irrégularité de forme et une inégalité de taille et de diamètre.

-Les microvillosités groupées :

- ♦ Recouvrent tout le pole apical de la cellule.
- ♦ Sont identiques dans la forme, la longueur et le diamètre.

Ex : Le plateau strié des entérocytes (épithélium intestinal), et
la bordure en brosse des tubes contournés du Rein.

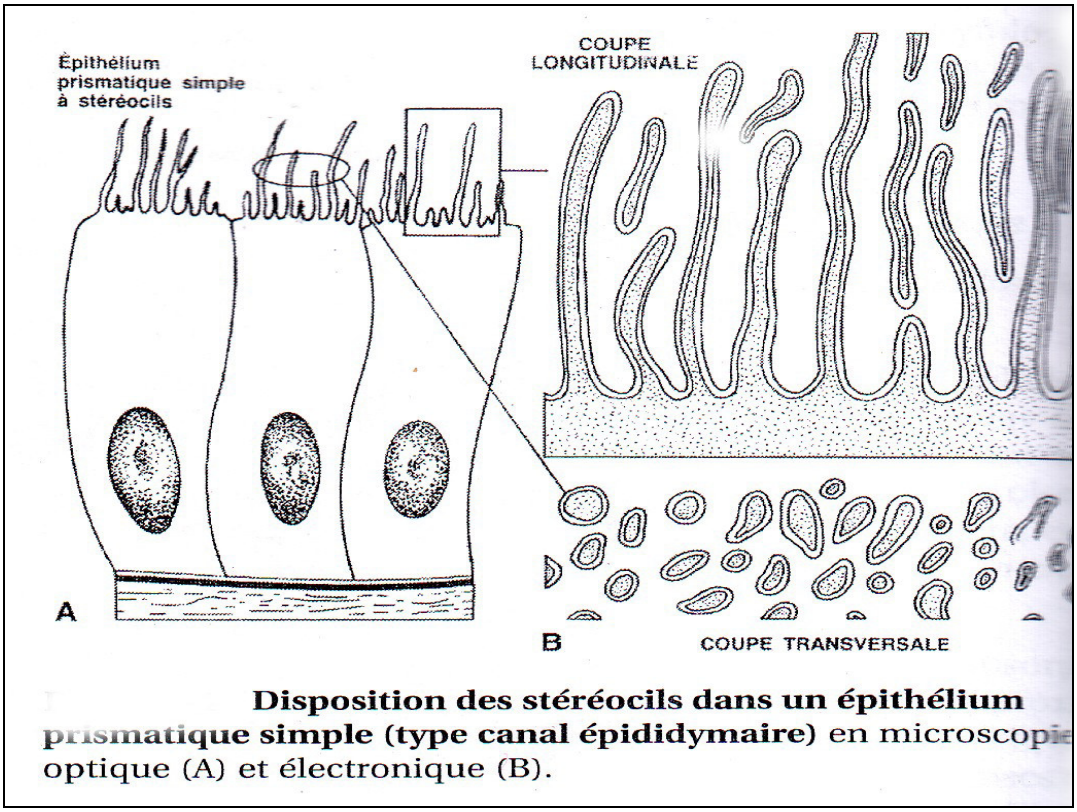
b. Les cils vibratiles : sont des expansions cytoplasmiques mobiles :

- Douées de mouvements pendulaires ou ondulants.
- Possédant un squelette de microtubules et de protéines associées.
- Entrainant les particules et les liquides à la surface de l'épithélium.
  Ex: Epithélium respiratoire, Epithélium tubaire.

c. ***Les stéréocils*** : Ce sont des expansions :

- Immobiles.
- Ressemblant à de très longues microvillosités, mais dépourvus du cytosquelette d'actine.
- S'agglutinent par touffe à la surface.
- Guident l'évacuation du produit de sécrétion.

Ex : Epithélium des voies excrétrices masculines : épididyme.



Disposition des stéréocils dans un épithélium prismatique simple (type canal épididymaire) en microscopie optique (A) et électronique (B).

2) **Spécialisation de la membrane basale :**

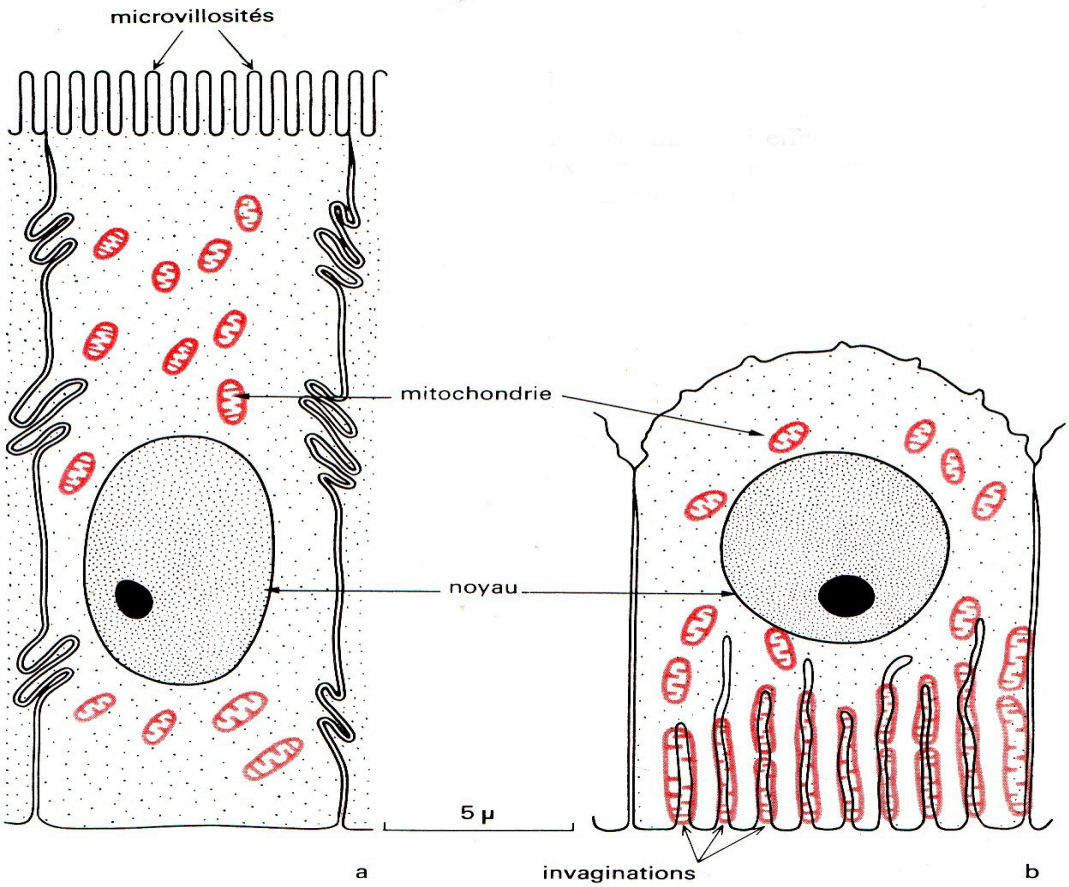
La membrane basale dessine des invaginations plus ou moins profondes qui pénètrent dans le cytoplasme basal et divisent celui-ci en compartiments toujours ouverts vers le cytoplasme.

Ex: cellules épithéliales impliquées dans les échanges actifs : cellules des tubes contournés du Rein.

3) **Les interdigitations** :

- Sont des interpénétrations de membranes latérales de cellules voisines.
- Souvent rectilignes et suivent des contours sinueux par place.
- Ces dispositifs permettent :

  - l'Adhésion des cellules.
  - leur cohésion.
  - et l'augmentation de la surface de la membrane cellulaire.



Spécialisations de la membrane plasmique

a-Apicale b-Basale

4) Les jonctions intercellulaires:

Les cellules sont jointives grâce à des dispositifs de jonction et de communication qui représentent des différenciations de leurs faces latérales.

Les jonctions intercellulaires diffèrent par leur :

- Forme :

1. **Zonula:** correspond à une jonction étendue en ceinture.
2. **Macula**: correspond à des jonctions circulaires ou ovalaires s/forme d'un point.

- Selon l'espace intercellulaire :

-Occludens: ou l'espace intercellulaire est nul.

-Adherens: ou l'espace intercellulaire est large.

-Gap: ou l'espace intercellulaire est réduit.

- Structure et fonction.

A. Jonctions serrées <tight junctions>

-Obturent complètement l'espace intercellulaire.

-Siège : cellules endothéliales, Epithéliums ou elles jouent un rôle de barrière sélective, imperméabilité des cellules épithéliales.

En microscopie électronique : sont composées de cinq feuillets :

1. Feuillet sombre médian.
2. et deux feuillet clair et sombre de chaque coté.

B. Desmosomes de ceinture : zonula adhérens:

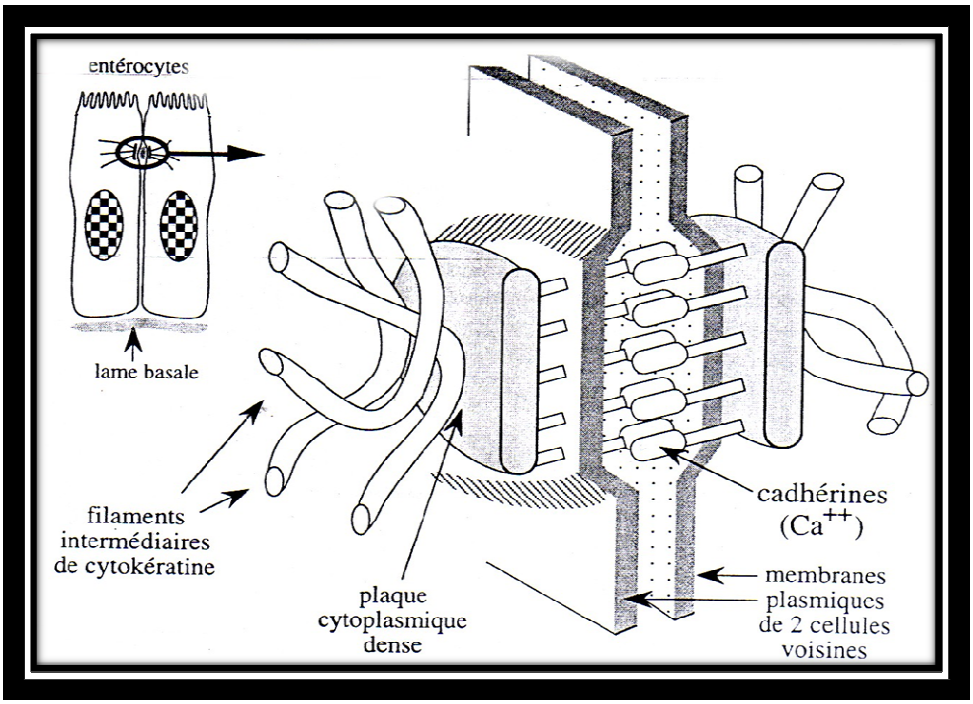
- sont des jonctions observées essentiellement dans les épithéliums prismatiques ou cubiques simples, les cellules myocardiques.
- Ceinturent les cellules à leur pole apical.
- Rôle : - Assurant l'adhésion des cellules (lors de l'embryogenèse).

-Maintient la rigidité de l'épithélium.

C. Desmosomes ponctuels:

- Présentent une forme ovalaire, 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.

-La transmission et l'amortissement des forces mécaniques s'exerçant sur les cellules épithéliales.



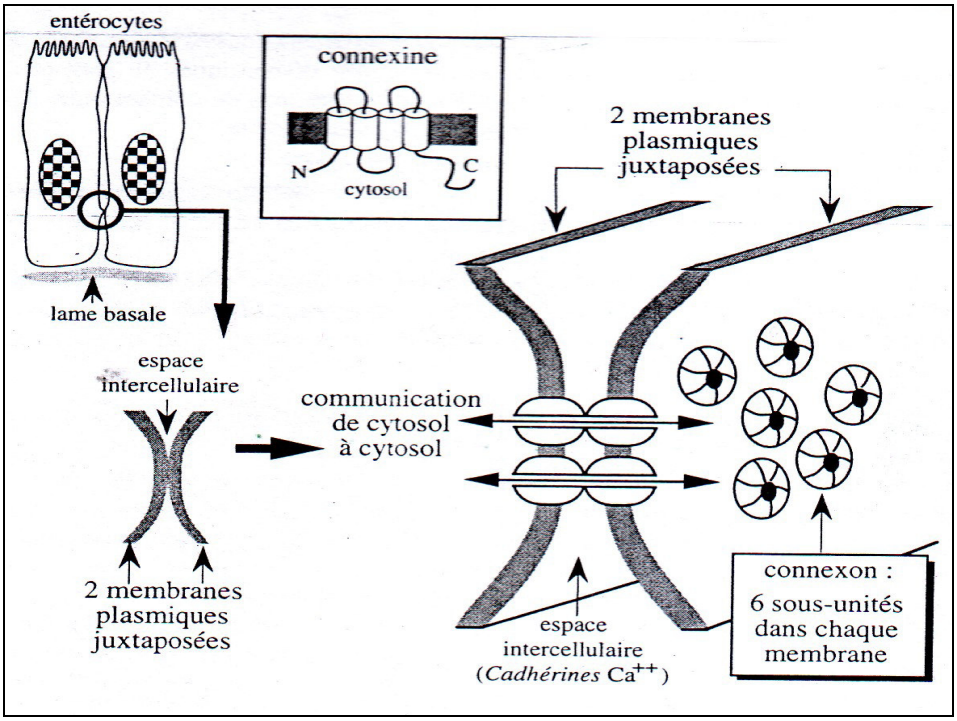
Desmosome d'une cellule épithéliale

D. Les Gap jonctions ou jonctions communicantes :

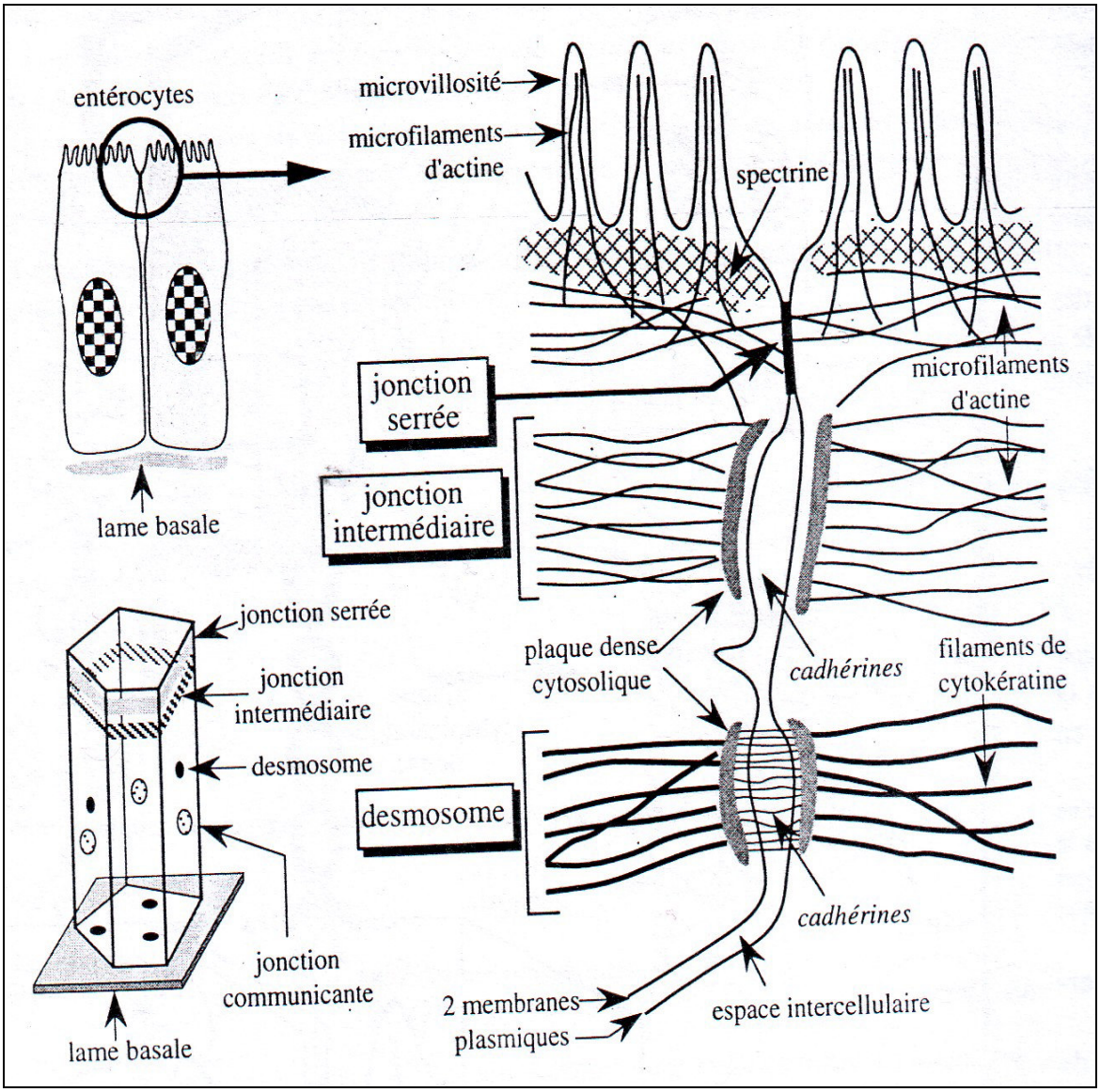
- Formées de petits canaux tubulaires permettant le passage de molécules entre cellules adjacentes.
- Présentes dans la plupart des tissus de l'organisme.

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).



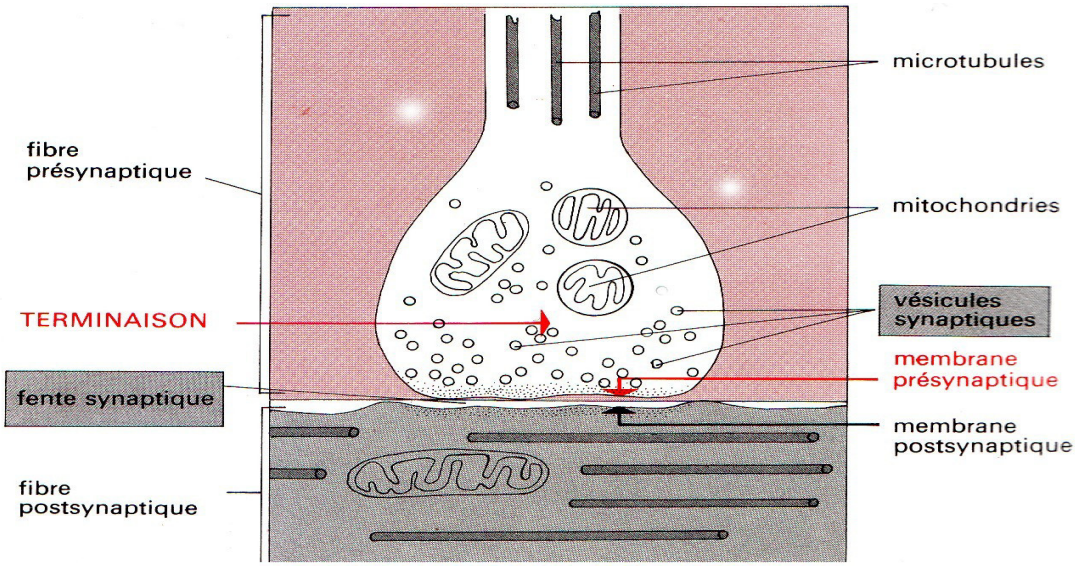
Jonctions communicantes



Dispositifs de jonction intercellulaire

La communication intercellulaire: elle peut être:

1. **Synaptique chimique**: le premier messager (neurotransmetteur) est libéré dans l'élément **pré-synaptique**, et agit sur l'élément **post synaptique** (récepteur).
2. **Endocrine**: l'**hormone** (premier messager) synthétisé par la cellule endocrine, libérée dans la circulation générale, et agit sur la **cellule cible** (récepteur spécifique).



La transmission synaptique

I. 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 scialique.
- ✓ Fonction absorbante.
- ✓ Rôle dans les phénomènes de reconnaissance cellulaire : les chaines oligosaccharidiques du cell coat peuvent jouer un rôle antigénique et sont spécifiques de l'individu.

  a. Le système HLA: L'antigène HLA est composé de deux polypeptides. Il est porté par toutes les cellules d'un individu pour permettre la reconnaissance du soi.

b. Antigénicite des globules rouges: L'antigénique des hématies, caractéristique des groupes sanguins est porté par des chaînons oligosidique du cell-coat.

-**Les transports :**

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 ne nécessite pas l'énergie et se fait dans le sens du gradient de concentration et un transport actif qui exige de l'énergie.

1.a. Le transport passif

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

1.a.1. 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).

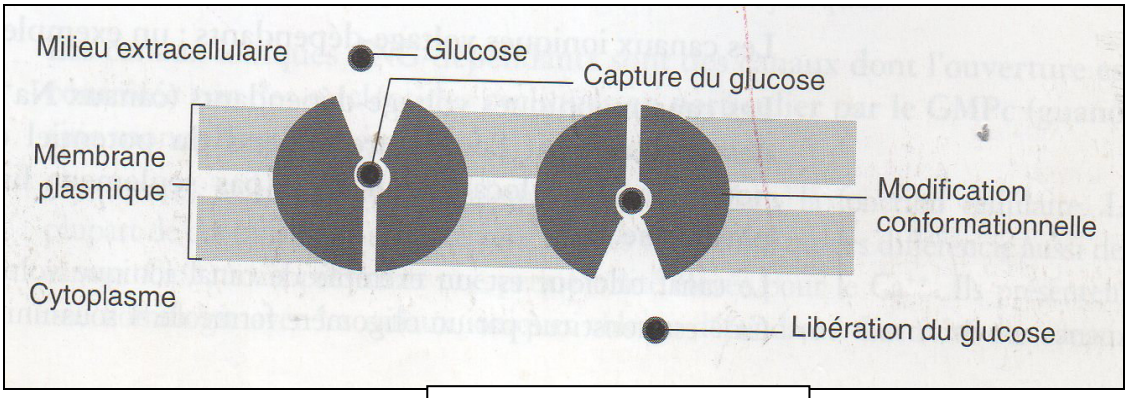
Les substances non polaires comme l'oxygène, les déchets comme le dioxyde de carbone et l'urée, les graisses, diffusent à travers la membrane plasmique en se liant à ses composés phospholipidiques.

- **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). Nécessité d'un changement de conformation du transporteur. Ex : transport du glucose (GLUT)présent sur la membrane basale des entérocytes.

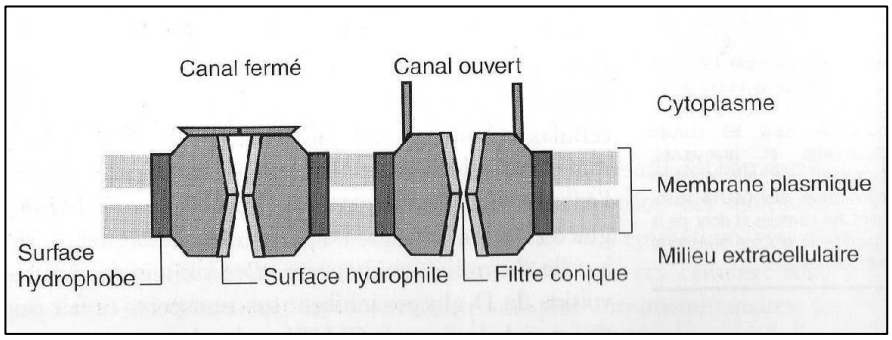


Transport du glucose (1)

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.

✓ **<u>Les canaux ioniques :</u>** ce sont des canaux protéiques transmembranaires spécifiques et sélectifs des ions.



Canal ionique (1)

1.a.2. L'osmose

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.

- ✓ Les **transports actifs primaires**, qui utilisent l'hydrolyse de l'ATP comme source d'énergie (pompe Na/K ATP dépendante),

* ***La pompe Na+/K+/ATPase*** :

-La concentration des ions sodium extérieure 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.

****La Pompe H+ATPase*** :(fait rentrer H+ dans les lysosomes ce qui provoque leur acidification).

- ✓ Et les **transports actifs secondaires**, qui impliquent un transport couplé (cotransport) entre un ion dit « moteur », qui suit son gradient électrochimique (par diffusion) et entraîne en même temps (par symport ou antiport) le mouvement d'une molécule organique ou d'un autre ion dans le sens inverse de leur propre gradient (transport actif).

2. Les transports cytotiques :

2. 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.

2. 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.

II. Cytopathologie de la membrane plasmique :

1. 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.

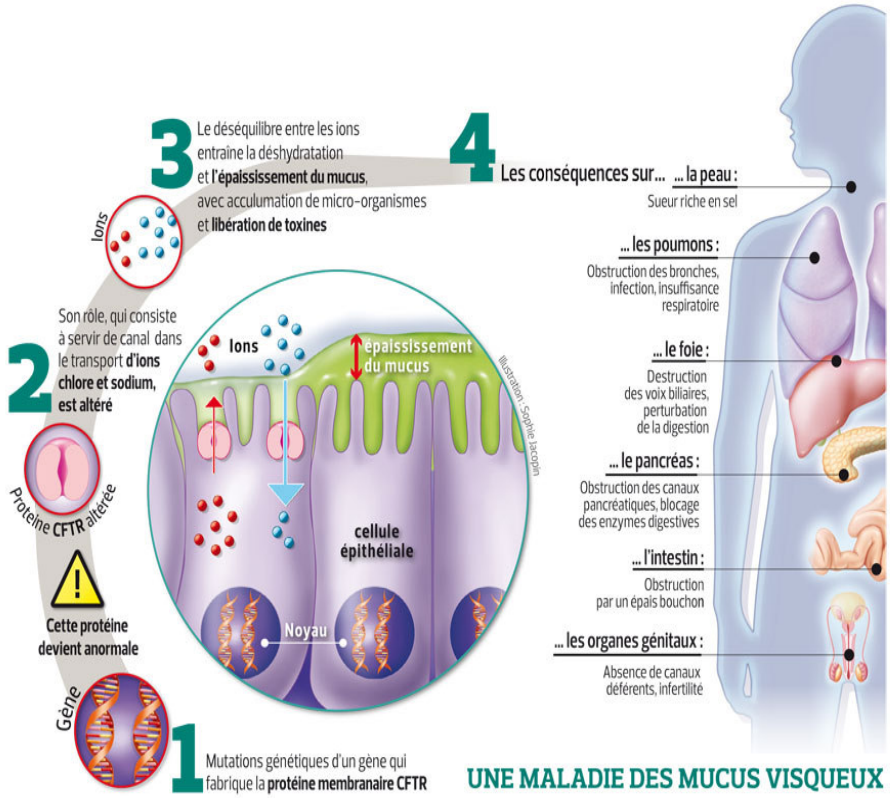
   Ex : - La Mucoviscidose:
   Maladie héréditaire des canaux ioniques du chlore (Cl-) des cellules épithéliales, le gène de la mucoviscidose s'appelle « cystic fibrosis »
   Divers organes sont affectés comme l'intestin, pancréas, glandes sudoripares et les organes reproducteurs mais c'est surtout dans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

2. Augmentation de la fluidité membranaire: Elle dépend d'une augmentation de l'instauration des phospholipides et une baisse de la quantité du cholestérol membranaire.

3. Augmentation des charges de surface : Elle est liée à l'augmentation quantitative de l'acide sialique, provoquant un épaississement du cell-coat (cas des cellules cancéreuses).

4. Modifications de l'adhésivité: Les jonctions intercellulaires se déstabilisent de telle sorte que l'adhésivité intercellulaire diminue et disparaît. Ex : cellules cancéreuses.



Références bibliographiques :

1. Biologie Cellulaire. Abrégés. Marc Maillet.9ème édition, Masson2002.
2. Biologie Cellulaire. Abrégés. Marc Maillet.10ème édition, Masson2006.
3. Biologie cellulaire en 30 fiches. J-C Callen . Dunod 2009.
4. Biologie Cellulaire. Y Bassaglia. Maloine 2001.
5. Biologie et physiologie cellulaires. A.Berkaloff, Bourguet, Favard, Lacroix. Herman. 1978.
6. Cours de Biologie Cellulaire : Pierre Cau, Raymond Seite. Edition ellipses.1999.
7. Cytologie & Physiologie cellulaire. M. Abdelali, H. Benzine-Challam, A.Madoui-Dekar. Office des Publications Universitaires 2008.
8. La cellule et sa physiologie : M Bendjelloul. Office des Publications Universitaires 2011.
9. Mini manuel de Biologie Cellulaire : cours QCM, QROC. J M Petit, S Arico, R Julien. Dumond 2008.
10. La cellule. Une approche moléculaire. Geoffrey M.Cooper. Edition De boeck université 1999.