

<b>Bio 10 : Les structures limitantes des cellules</b>
--

<b>Bio 11 : Cytosquelette et jonctions cellulaires</b>
--

### Les attendus du programme officiel

<p>Les propriétés de fluidité, de perméabilité sélective, de spécificité reposent sur l'organisation de la membrane. Les membranes cellulaires sont des associations non covalentes de protéines et de lipides, parfois glycosylés, assemblés en bicouches.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relier la fluidité membranaire à la composition de la membrane.</li> </ul>
<p>L'état pluricellulaire peut être décrit à différentes échelles : tissu, organe, appareil et individu. Différentes techniques de microscopie (optique, à épifluorescence et électronique -MEB et MET-) permettent d'étudier l'organisation des cellules et des tissus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illustrer les différentes échelles en utilisant l'entérocyte et la cellule du parenchyme palissadique.</li> <li>- Comparer les techniques de microscopie (types d'objets observés, taille des structures observées, domaines d'application).</li> <li>- Évaluer les dimensions d'une structure observée à partir de la connaissance de l'ordre de grandeur de quelques objets biologiques courants (divers types cellulaires).</li> <li>- Exploiter une coupe d'intestin de Mammifère et une coupe transversale de feuille d'Angiosperme pour identifier les principaux types de tissus et préciser les relations structure-fonction.</li> </ul>
<p>Les jonctions et les interactions cellule-matrice assurent la cohésion et participent à la communication entre cellules animales. Pour les Angiospermes, ces fonctions sont assurées par la paroi et les plasmodesmes. Les matrices extracellulaires présentent une structure en réseau dont l'organisation et la composition varient en fonction des organismes et des tissus. Les matrices extracellulaires peuvent être rigidifiées notamment par une imprégnation de lignine ou de substances minérales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les principaux types de jonctions intercellulaires sur des clichés de microscopie électronique.</li> <li>- Schématiser l'organisation moléculaire en réseau des matrices extracellulaires animales d'un tissu conjonctif et d'un tissu épithélial et celle d'une paroi pectocellulosique.</li> </ul>
<p>Certaines cellules d'un organisme pluricellulaire eucaryote interagissent (échanges de matière et d'information) avec d'autres organismes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les partenaires d'une association interspécifique impliquant des microorganismes par observation microscopique (microbiote intestinal, nodosité).</li> </ul>
<p>Les cellules possèdent un squelette interne dynamique : le cytosquelette. Chez les cellules eucaryotes, il est constitué de trois catégories de structures protéiques fibrillaires : les microfilaments d'actine, les microtubules de tubuline et les filaments intermédiaires. Le cytosquelette des bactéries présente des protéines homologues à celui des cellules eucaryotes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illustrer les rôles du cytosquelette sur l'exemple de l'entérocyte et de la cellule du parenchyme palissadique (par exemple : association aux jonctions, structuration de l'enveloppe nucléaire, structuration des microvillosités, flux vésiculaires, cyclose des chloroplastes).</li> </ul>

## I - Les membranes biologiques sont des films hydrophobes permettant la compartimentation

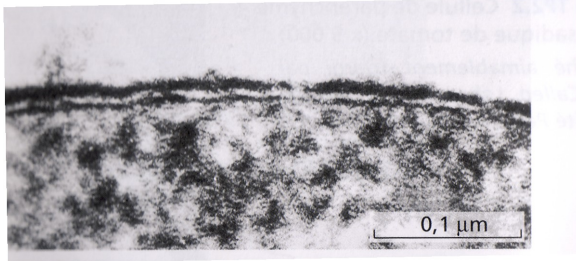
### A- Les membranes sont des mosaïques chimiques non covalentes

Mosaïque =

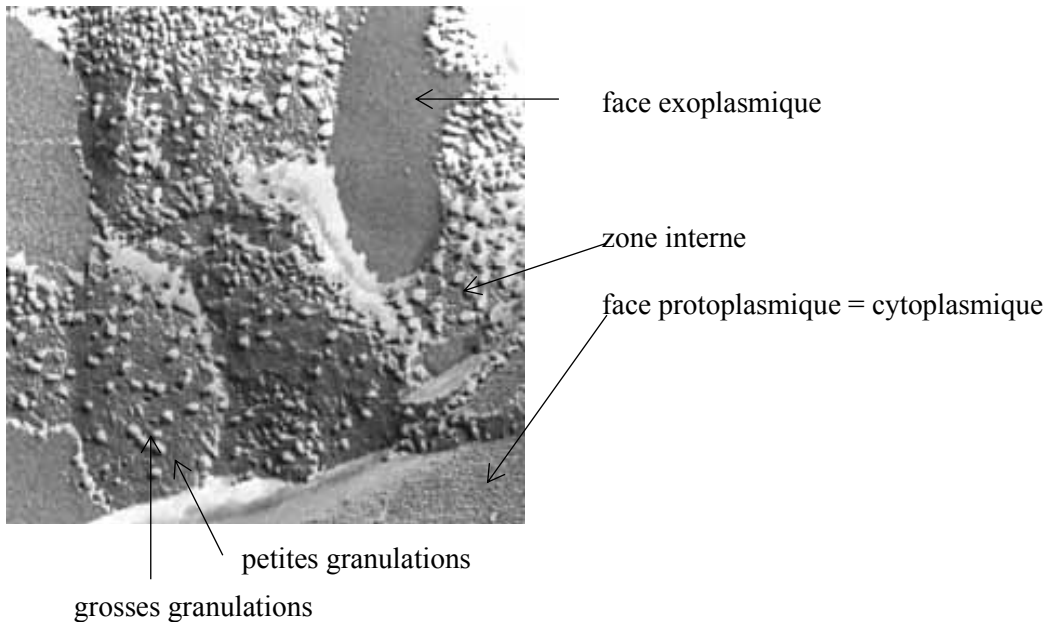
Le matériel d'étude : le fantôme cellulaire, notamment fantôme d'hématie

#### 1- Observation de la membrane plasmique

Au MET : coupe fine de membrane, X 80 000



Après cryofracture : congélation ultra rapide puis fracture dans un plan de fragilité ; observation au MEB



## 2- Une bicouche lipidique

Les expériences de biochimie (construction de liposomes) montrent que les lipides amphiphiles peuvent se disposer en bicouche lipidiques et séparer deux solutions aqueuses.

Hypothèse : la membrane plasmique comporte une bicouche lipidique.

Expérience :

Modèle : la membrane est structurée par une bicouche lipidique stabilisée par liaisons faibles uniquement.

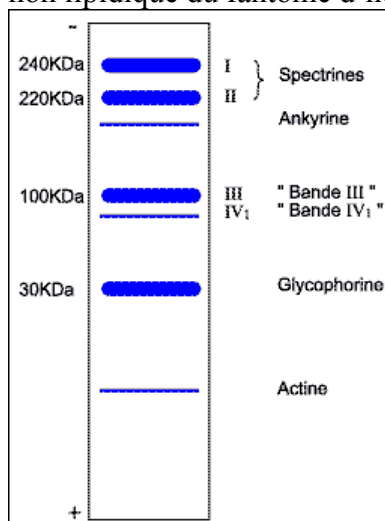
Importance fonctionnelle : cette disposition assure la cohésion de la membrane et la fonction de compartimentation de la membrane plasmique.

Identification des lipides :

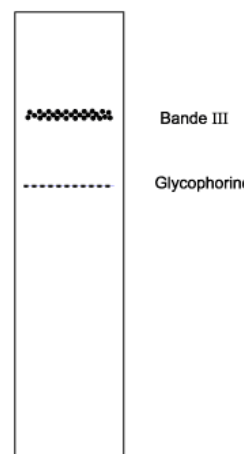
- chez les procaryotes, uniquement des phospholipides
- chez les eucaryotes, 20% de cholestérol et 80% d'un mélange de phospholipides et glycolipides.

## 3- La fraction protéique

Expérience 1 : électrophorèse de la fraction non lipidique du fantôme d'hématie



Expérience 2 : choc de pH sur les fantômes, puis électrophorèse de la fraction non lipidique du fantôme d'hématie



Bilan : deux positions des protéines membranaires

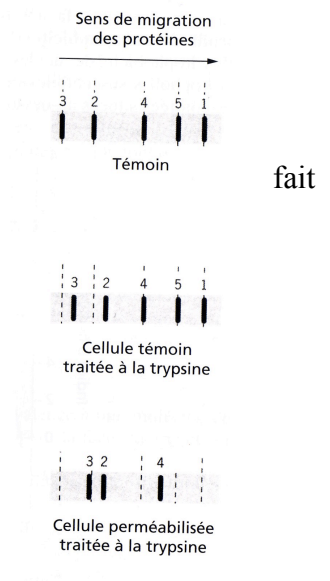
- des protéines intrinsèques,

Cas particulier : protéines transmembranaires traversant au moins une fois la bicouche lipidique grâce à une hélice  $\alpha$  hydrophobe

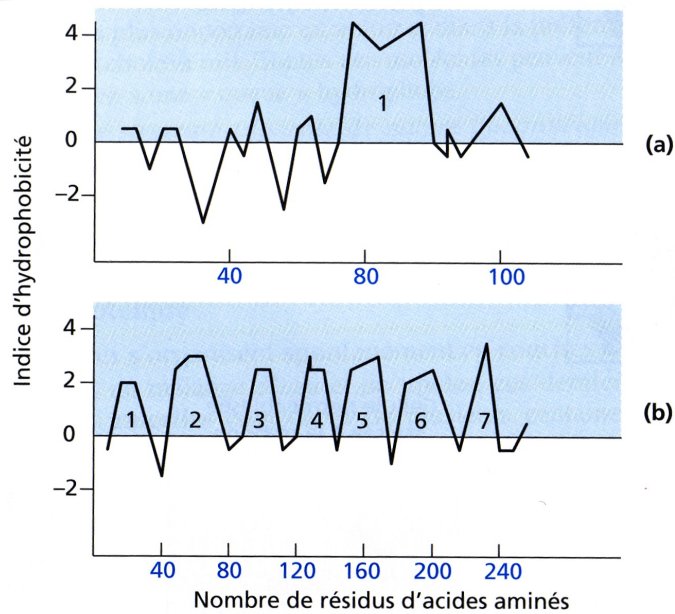
- des protéines extrinsèques ou périphériques, dont le contour est hydrophile.

Expérience 3 : digestion par la trypsine puis électrophorèse de la fraction non lipidique du fantôme d'hématie

- On soumet une membrane cellulaire, intacte ou perméabilisée, à l'action de la trypsine, enzyme protéolytique clivant les liaisons peptidiques impliquant des résidus arginines.
- On extrait ensuite la fraction protéique de la membrane et on la migre dans un gel d'électrophorèse avec tampon SDS-Page.
- On révèle les protéines sur le gel par un colorant spécifique des protéines comme le Rouge Ponceau.



## Expérience 4 : profil d'hydrophobicité



Profil d'hydrophobicité (ou hydrophobie)  
de deux protéines membranaires (simplifié).

(a) une protéine membranaire à 1 segment hydrophobe (exemple : la glycophorine), (b) une protéine membranaire à 7 segments hydrophobes (exemple : la bactériorhodopsine). Les segments hydrophobes (constitués de 20 à 25 acides aminés) sont identifiables dans les plages colorées ; ils sont susceptibles de former autant de segments transmembranaires.

## Quantité des protéines membranaires

- en moyenne les protéines représentent 50% de la masse d'une membrane
- la membrane qui contient le plus de protéines est la membrane mitochondriale interne
- la membrane qui contient le moins de protéines est la membrane plasmique de la cellule de Schwann, constituant la gaine de myéline autour des neurones.

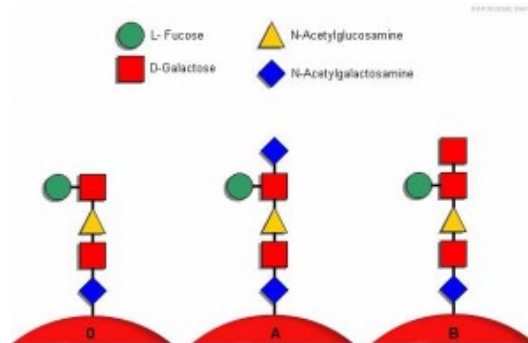
Diversité des protéines membranaires : certaines protéines ne se trouvent que dans un type cellulaire, d'autres sont plus répandues.

- des enzymes membranaires
- des transporteurs
- des récepteurs aux messagers chimiques
- des protéines d'adhérence....

#### 4- Des ornements glucidiques

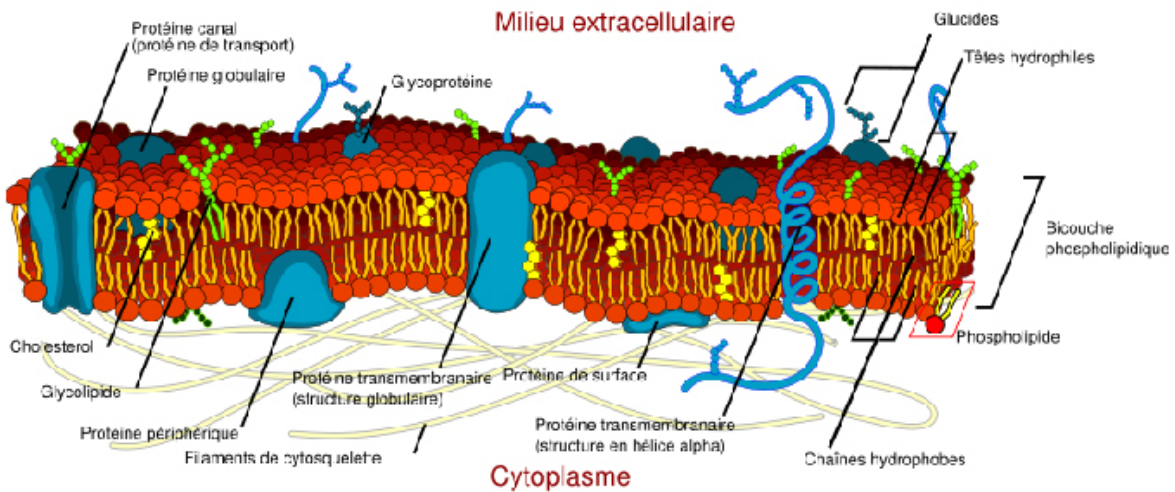
Sur la face non cytoplasmique uniquement (i.e. la face externe pour la membrane plasmique) protéines et lipides portent de courts polysides hétéropolymériques, linéaires ou ramifiés, fixés covalamment.

Exemple : les antigènes ABO

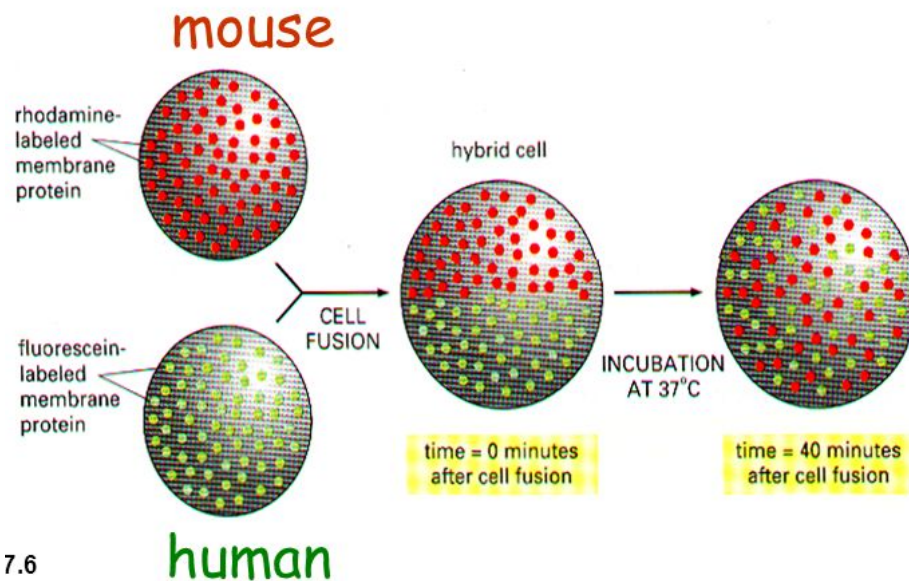


Dans le cas de la membrane plasmique l'ensemble des ornements glucidiques forment le cell-coat ou glycocalyx. Il joue un rôle mécanique, dans le piégeage des particules alimentaires, et un rôle informationnel, indiquant l'identité de la cellule.

#### 5- Bilan : un modèle de mosaïque chimique plane (2D) non covalente



**Document 1 : expérience de fusion cellulaire  
1970, Frye et Edidin**



## II- Les matrices extracellulaires sont des enchevêtrements organisés de macromolécules

### A- La matrice extracellulaire des cellules végétales : la paroi squelettique

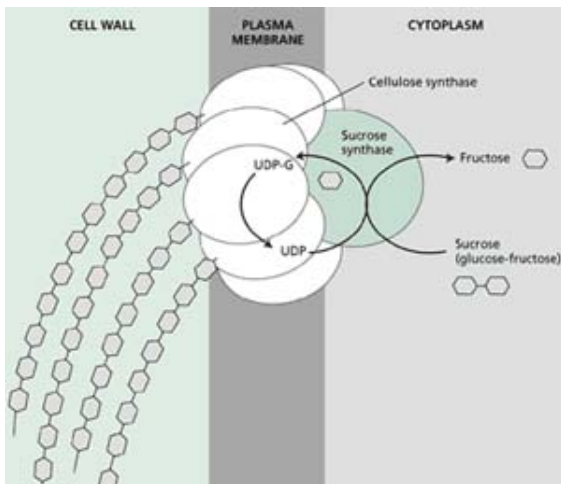
#### 1- Des rubans de cellulose

- formule : la cellulose est un homopolymère de  $\beta$ -D-glucopyranoses, enchainés en 1 $\beta$ -4 ; la forme parfaitement rectiligne est obtenue par les liaisons H entre le groupement hydroxyle du carbone 3 et le motif hémiacétal du monomère adjacent.

Plusieurs celluloses s'associent en rubans ou fibrilles par le biais de liaisons H intermoléculaires.

- mise en place : la cellulose est incorporée à la paroi à la fin de la mitose (paroi I) et au cours de la différenciation cellulaire (paroi II) grâce à l'enzyme cellulose synthase.

La cellulose-synthase est une enzyme transmembranaire en forme de rosette, prélevant le glucose et l'UTP dans le cytosol et délivrant la cellulose dans la paroi ; elle est fixée aux microtubules, ses déplacements dans la membrane sont guidés.



- rôle de résistance à l'étirement : limitée lors de l'auxèse et forte après différenciation, cette fonction s'oppose à la turgescence.

La résistance intrinsèque à cette macromolécule est renforcée dans la paroi I par une disposition en contreplaqué des rubans.

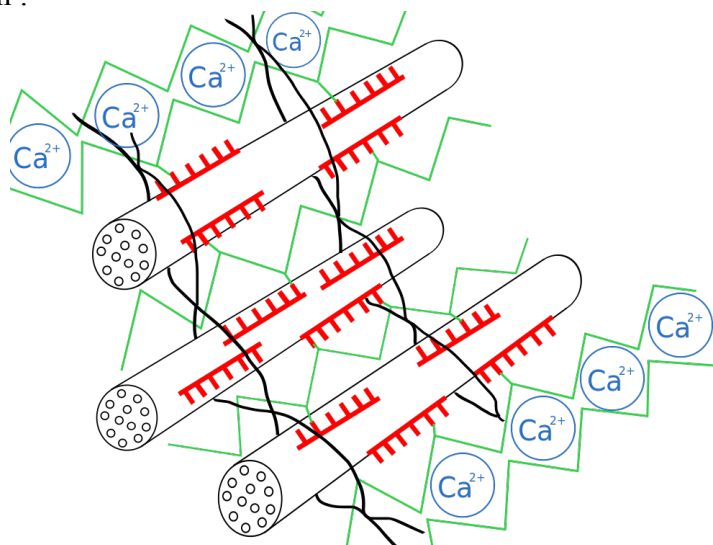
- la cellulose n'est pas renouvelée au cours de la vie de la cellule

## 2- La matrice pariétale

La matrice pariétale est le gel hydraté situé entre les fibres de cellulose. Elle comporte :

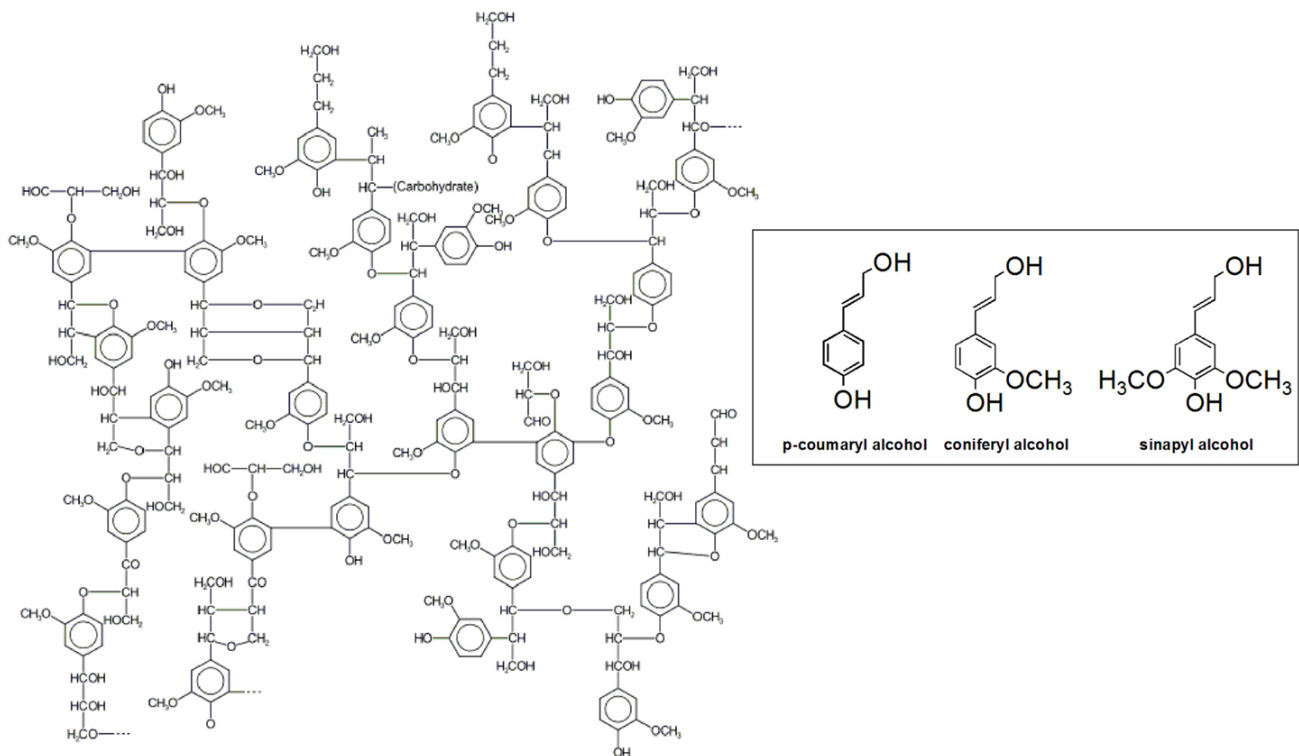
- de la pectine, hétéropolymère d'acide galacturonique plus ou moins méthylé et de rhamnose ; chargée négativement elle s'associe aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et garantit un niveau élevé d'hydratation par l'eau d'imbibition
- de l'hémicellulose, hétéropolymère glucidique
- deux protéines : l'extensine, l'expansine
- de nombreuses liaisons faibles

Modèle d'Alberstein :





### 3- La lignification facultative de la paroi II



La lignine, fixée covalamment aux rubans de cellulose, joue le rôle de ciment moléculaire et renforce la résistance de la paroi II de certains tissus (ex : xylème). Sa mise en place par des enzymes provoque la libération de  $H_2O_2$ , toxique, ce qui conduit à la mort de la cellule.

Bilan : la MEC végétale ou paroi squelettique, essentiellement glucidique, est d'épaisseur et de dureté variable selon les types cellulaires ; elle est différenciée.

#### B- La matrice extracellulaire animale

Selon le type cellulaire, l'épaisseur et la position de la MEC varie :

- MEC épaisse caractéristique des tissus conjonctifs
- lame basale fine, autour des cellules musculaires et sous le pôle basal des cellules épithéliales.

La chimie de la MEC animale est glycoprotéique, avec dominance de la fraction protéique.

1- Des protéines à rôle structural  
a- le collagène

Le **collagène** est la protéine la plus abondante chez les Mammifères. Elle est constituée de 3 chaînes polypeptidiques en hélices, associées en une superhélice. Elle est codée par de nombreux gènes (28 au moins chez les Mammifères) et possèdent donc plusieurs isoformes.

(1) **La structure primaire**, ou séquence en acides aminés, du collagène est caractérisée par une très grande abondance en glycine. Chaque 3e position dans la séquence d'une chaîne de collagène est occupée par une glycine : la séquence est périodique.

... Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Ser-Gly-Pro-Arg-Gly-

Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-Gly-Pro-Gln-Gly-

Phe-Gln-Gly-Pro-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-

Ala-Ser-Gly-Pro-Met-Gly-Pro-Arg-Gly-Pro-Hyp-Gly-

Pro-Hyp-Gly-Lys-Asn-Gly-Asp-Asp...

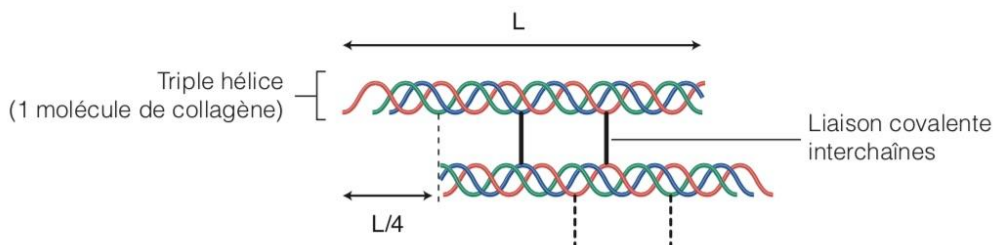
*Séquence primaire de la chaîne  $\alpha 1(I)$  de collagène, qu'on retrouve dans le collagène de type I, du 13e au 66e acide aminé.*

Notez que la glycine se retrouve régulièrement tout le long de la séquence, séparée des ses voisines par deux acides aminés. Notez aussi la très grande richesse en proline et la présence d'hydroxyproline, une proline hydroxylée post-traductionnellement.

(2) Pas de structure II

(3) Une structure III en fibrille hélicoïdale

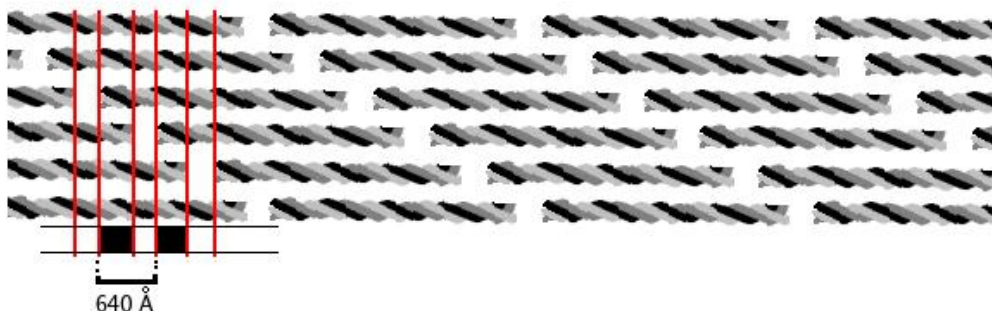
(4) Une structure IV obtenue par le tressage de 3 sous-unités identiques ou différentes : c'est le tropocollagène



(5) Deux dispositions possibles :

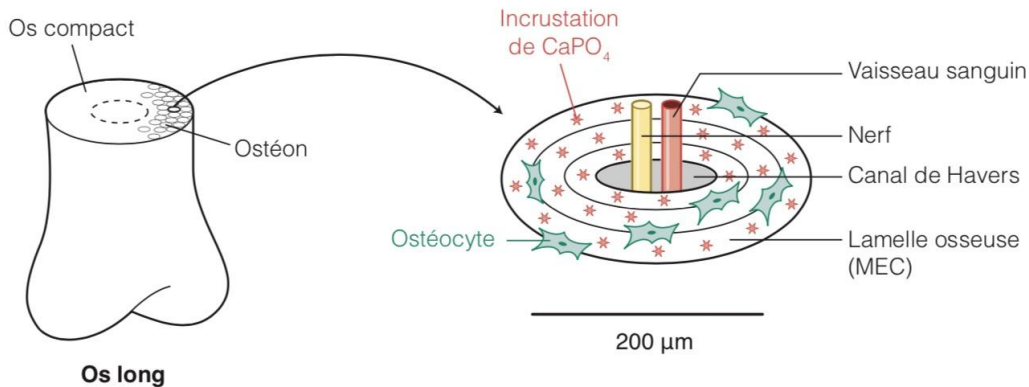
- dans la lame basale des cellules épithéliales, le collagène dit de type IV adopte une disposition en maillage serré

- dans la matrice des cellules conjonctives, le collagène de type I adopte une disposition en fibrilles reliées par des ponts entre les lysines : une striation est alors visible ; d'autres collagènes tissus spécifiques se mêlent au collagène I



### Document 2 : le tissu osseux compact des Mammifères

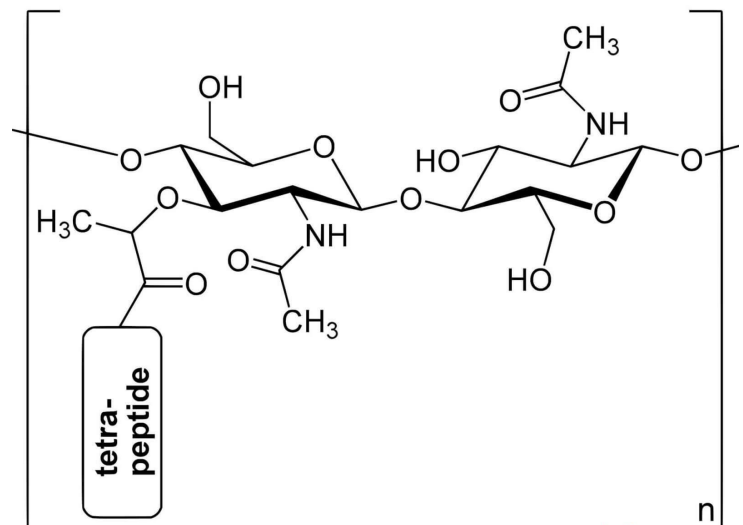
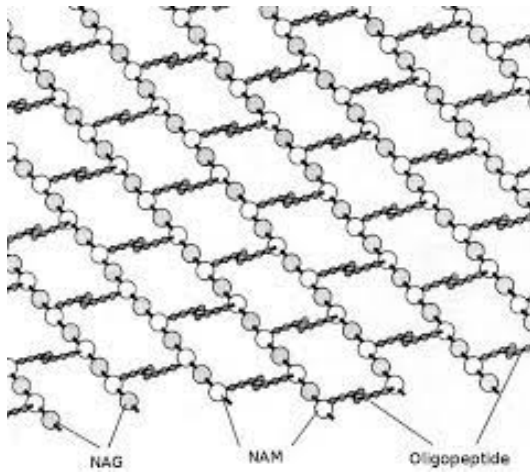
Il s'agit d'un tissu très dense et rigide, rencontré surtout dans les os longs des vertébrés (figure 6.8). Il s'organise en unités structurales appelées **ostéons**. Chaque ostéon est centré sur un canal de Havers qui permet le passage de capillaires sanguins et de fibres nerveuses. Il est constitué de la superposition de lamelles de MEC (qui constitue 80 % du volume du tissu). Les ostéocytes (cellules sécrétant la matrice osseuse) se trouvent à la jonction des lamelles. La MEC contient des fibrilles de collagène organisées en couches concentriques, ainsi que d'importantes incrustations de **phosphate de calcium** (hydroxyapatite). C'est ce qui explique la rigidité du tissu.



### Document 3 : comparaison des MEC eucaryotes

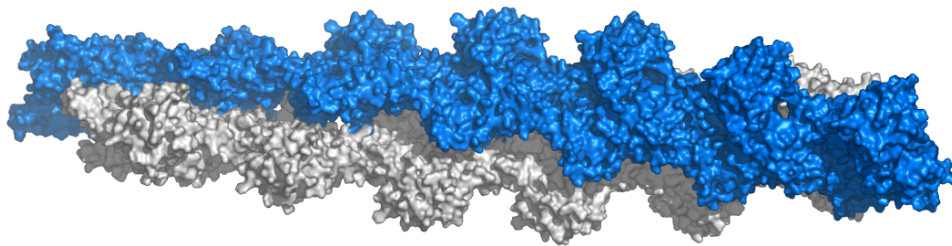
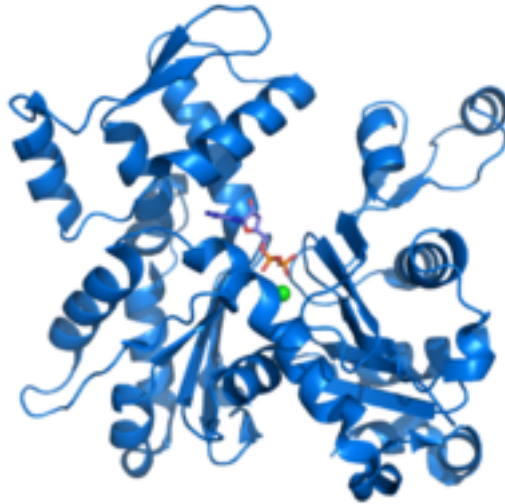
	<b>Matrice animale</b>	<b>Matrice végétale</b>
Constituants plus ou moins rigides	Collagènes ( <i>protéines fibrillaires ou réticulées</i> ) Elastine ( <i>protéine déformable</i> )	Cellulose ( <i>homopolymère de <math>\beta</math>-glucose en liaison (1-4)</i> )
Constituants formant un gel	Glycosaminoglycanes ( <i>polymères linéaires de dérivés d'oses dont certains ionisés</i> ) Protéoglycanes ( <i>protéines portant de nombreuses chaînes de glycosaminoglycanes</i> )	Pectines ( <i>polymères ramifiés de dérivés d'oses dont certains ionisés</i> )
Constituants permettant l'adhérence et / ou la cohésion	Fibronectine ( <i>glycoprotéine dimérique</i> ) Laminine ( <i>protéine trimérique</i> )	Hémicellulose ( <i>hétéropolymère de <math>\beta</math>-glucose en liaison (1-4) avec des ramifications constituées d'oses divers</i> ) Extensine... ( <i>protéine</i> ) Acides pectiques ( <i>de la lamelle moyenne</i> )
Fonctions des MEC	Cohésion des tissus Maintien d'un environnement aqueux Contrôle de la diffusion de certaines molécules (métabolites, molécules de signalisation) Rôle de soutien (surtout pour les MEC minéralisées) Ancrage des cellules épithéliales Rôle dans la migration des cellules	Cohésion des tissus Maintien d'un environnement aqueux Contrôle de la diffusion de certaines molécules (métabolites, molécules de signalisation) Rôle de soutien (surtout pour les parois lignifiées)

Document 4 : la paroi bactérienne



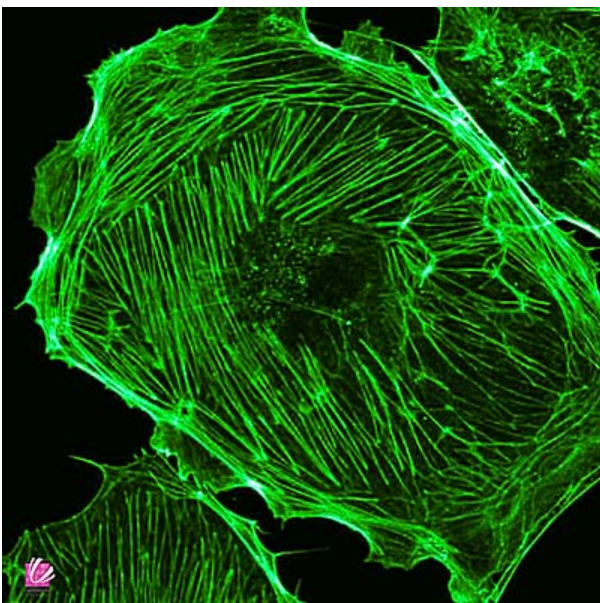
### Document 5 : l'actine

L'actine G est une protéine globulaire de 375 acides aminés, munie d'un site de fixation de l'ATP. Elle se polymérise en une hélice serrée de 8 nm de diamètre moyen, formant un filament flexible, polaire et orienté : l'actine F. Cette hélice est renouvelée en permanence : par polymérisation, efficace au pôle +, on ajoute des actines F chargées en ATP ; au pôle - la dépolymérisation détache des actines ayant déphosphorylé leur nucléotide. L'actine possède une activité ATPasique lente.

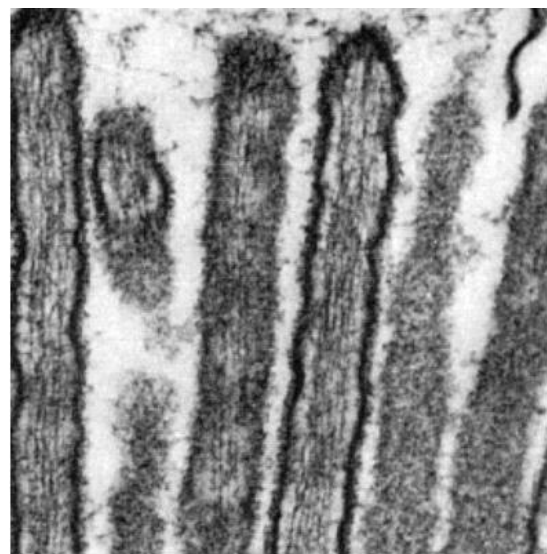


Pôle +

Pôle -

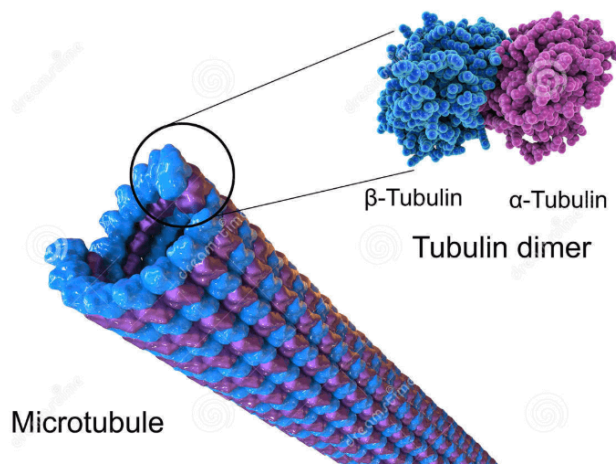


actine rendue fluorescente dans un fibroblaste

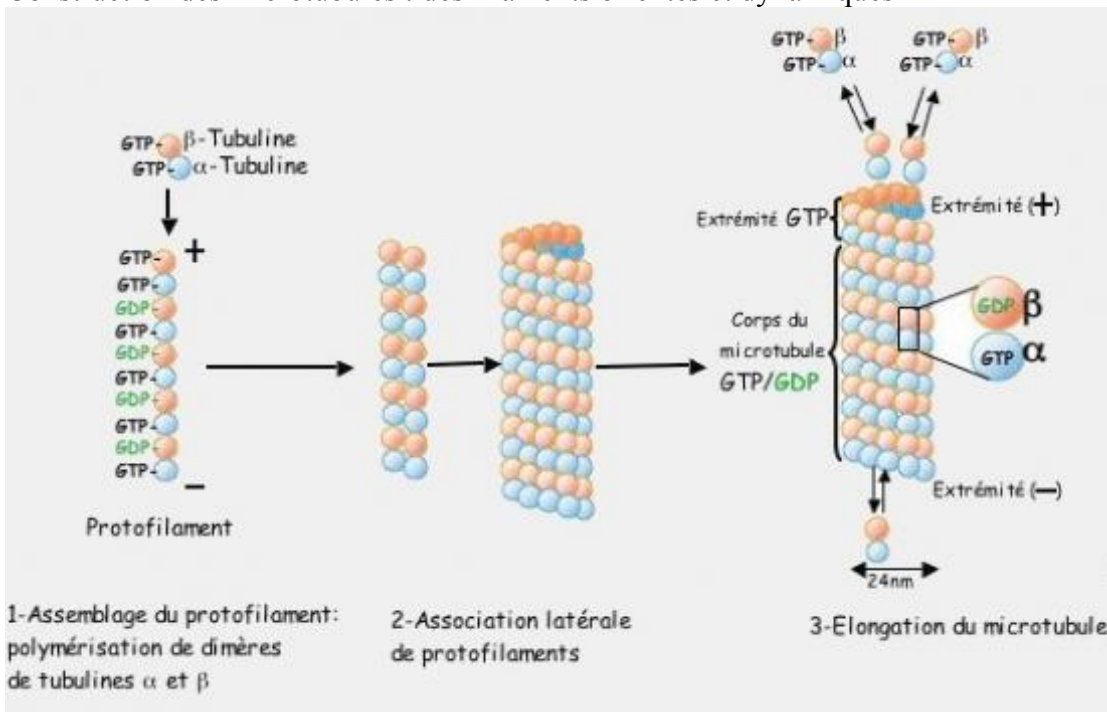


zoom sur les microvillosités d'un entérocyte

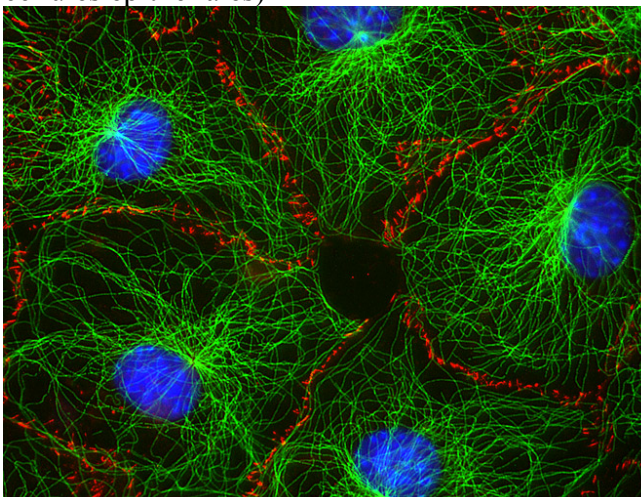
Document 6 : les microtubules



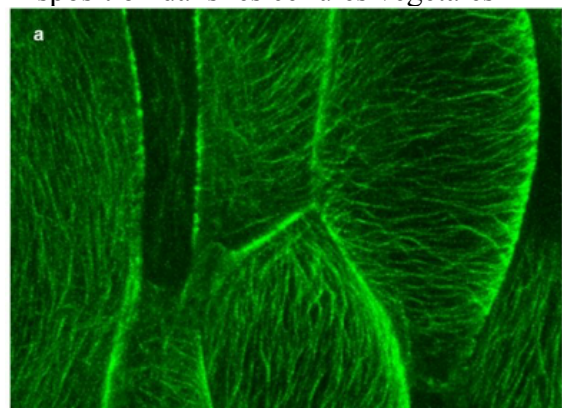
Construction des microtubules : des filaments orientés et dynamiques



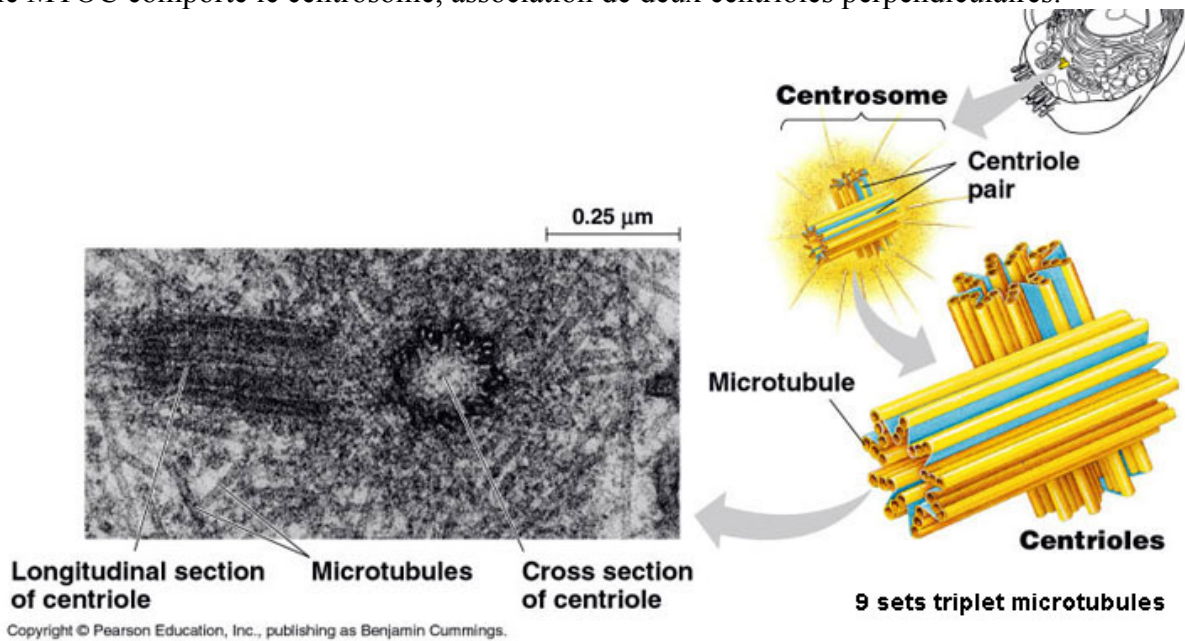
Disposition dans les cellules animales (ex de cellules épithéliales)



Disposition dans les cellules végétales

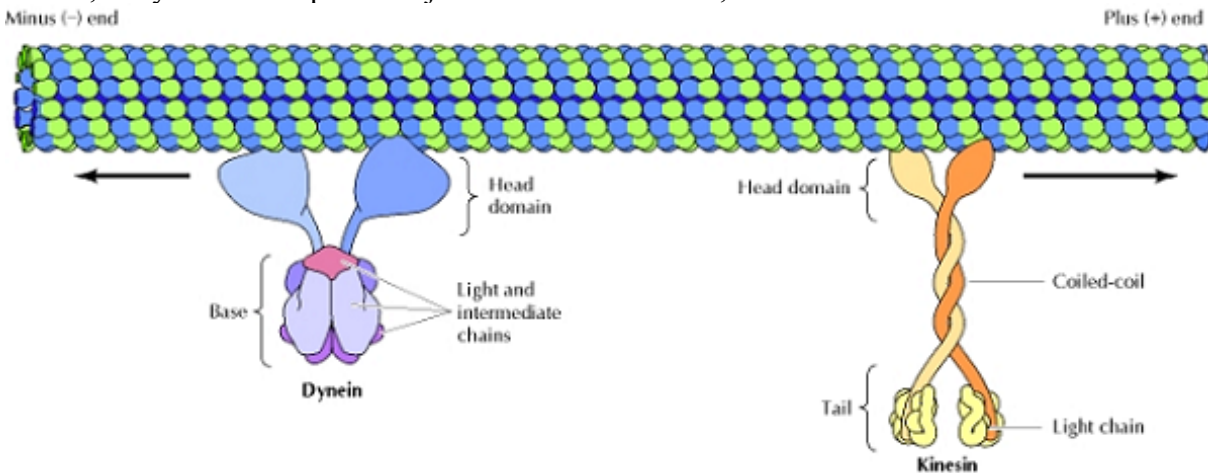


Le centre organisateur des microtubules : dans les cellules opisthoconthes (animale + champignon), le MTOC comporte le centrosome, association de deux centrioles perpendiculaires.



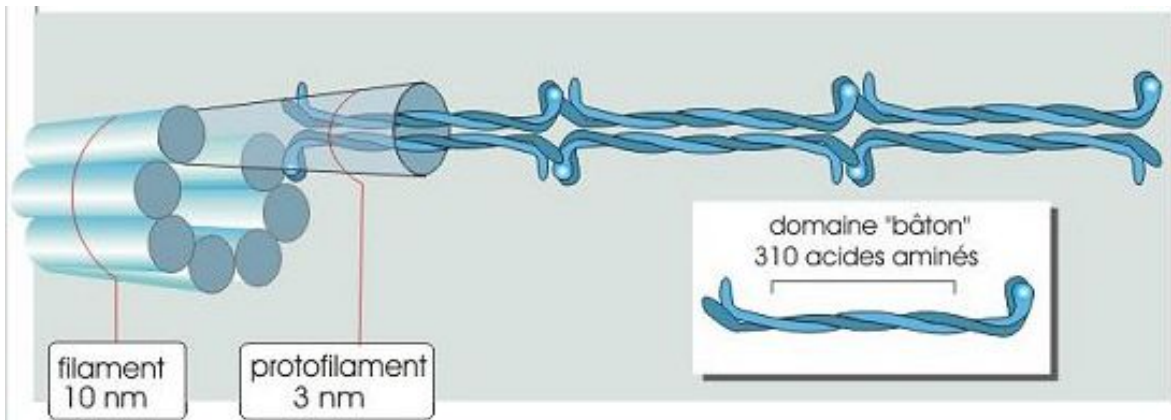
Des protéines MAP sont associées aux microtubules

- les mAP1 sont des protéines de structure : elles s'enroulent autour des microtubules pour renforcer leur structure et éviter une dépolymérisation massive
- les MAP2 sont des protéines marcheuses, permettant le déplacement le long des microtubules. A retenir, la dynéine se déplace toujours vers l'extrémité -, la kinésine vers l'extrémité +.



### Document 7 : les filaments intermédiaires

Ce sont des polymères protéiques résistants et durables de 10nm de diamètre, présents dans le cytoplasme animal et le noyau des cellules eucaryotes.



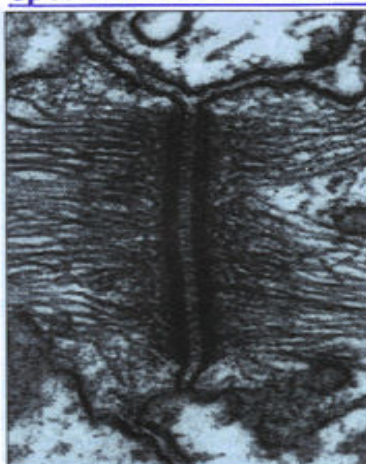
Il existe environ 50 types de filaments intermédiaires, de séquence différente mais de structure tertiaire très proche.

- les **cytokératines** dans les cellules épithéliales
- la vimentine des cellules conjonctives
- la desmine des cellules musculaires
- divers types dans les neurones
- divers types dans les cellules embryonnaires
- la lamine des noyaux

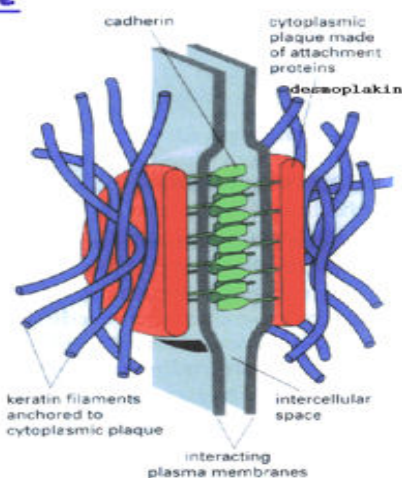
Il n'y a pas de filaments intermédiaires dans le cytoplasme des cellules végétales.

### Document 8 : un desmosome

#### Spot desmosome structure



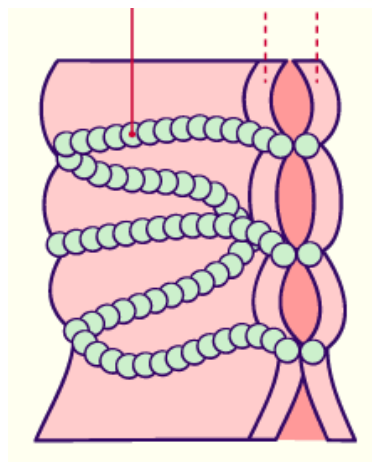
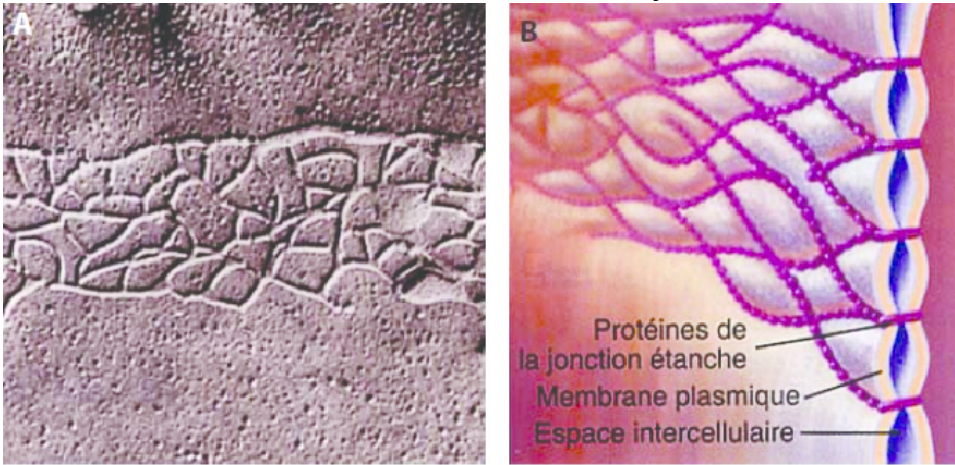
(A)



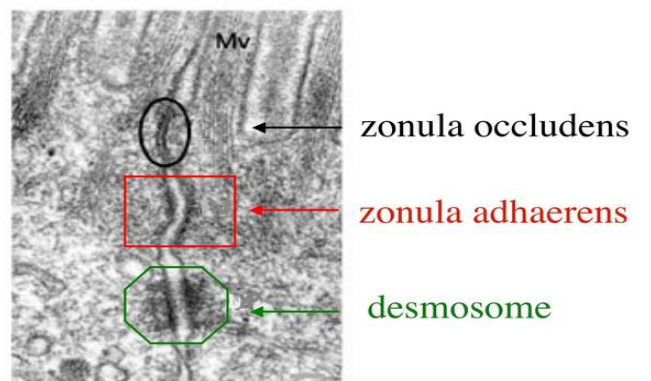
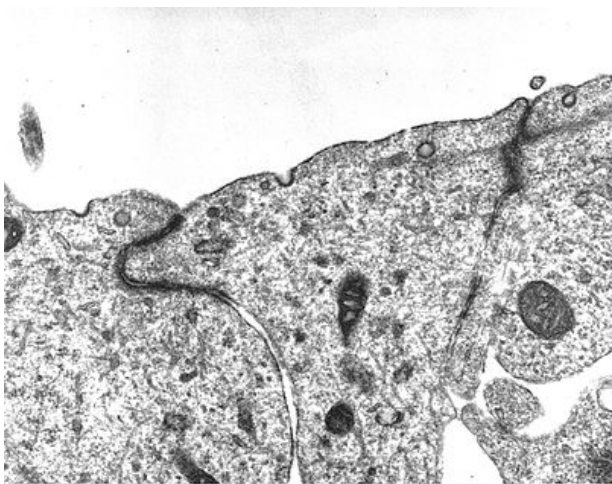
(B)



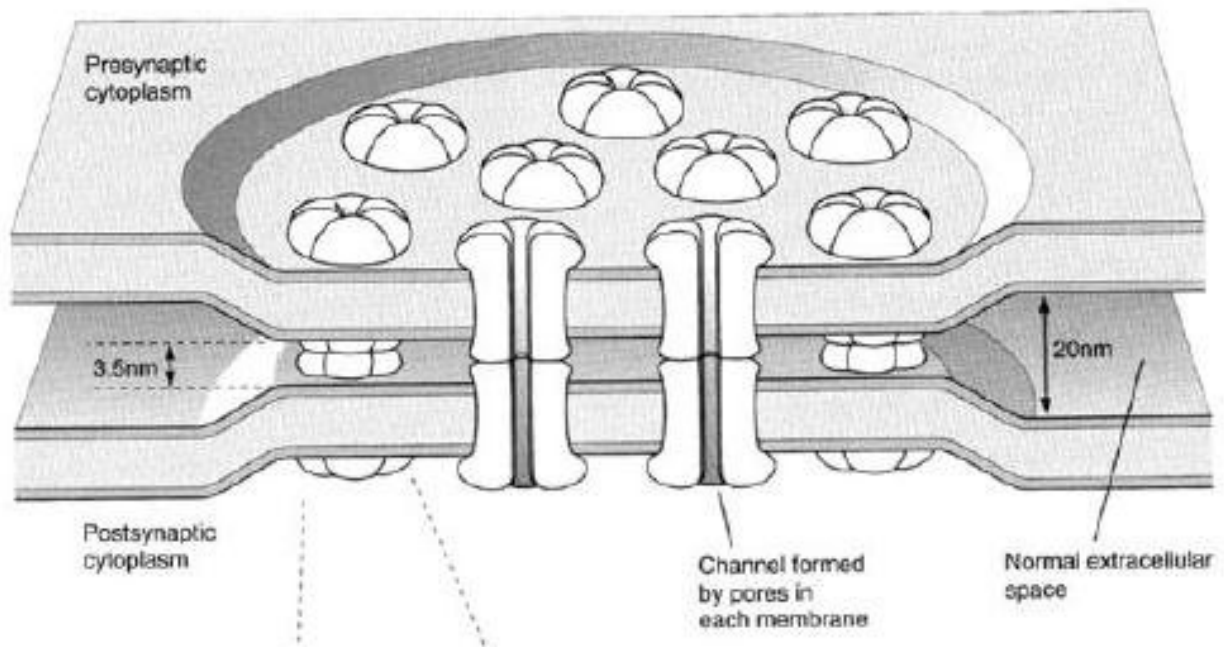
**Document 9 : les jonction serrées**



**Document 10 : les jonctions des cellules épithéliales**



Document 11 : les jonctions gap



Document 12 : les plasmodesmes

