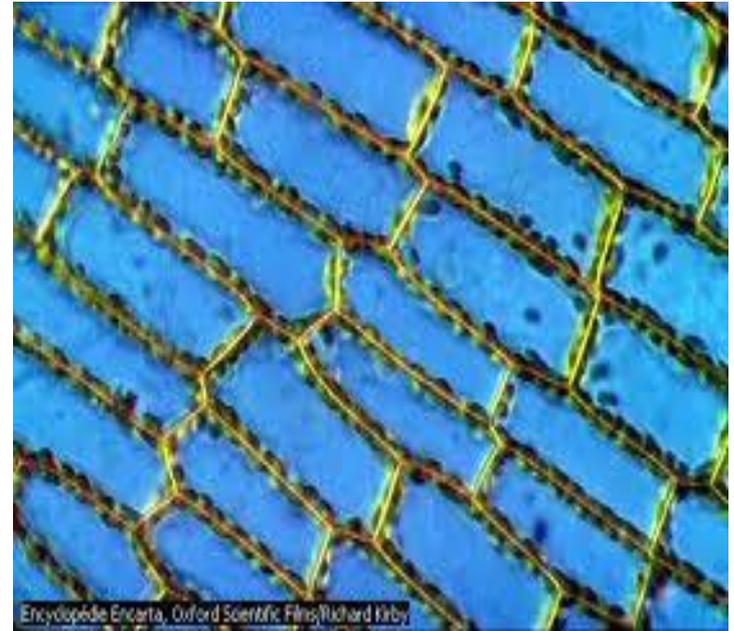


La paroi végétale

présentée par Mme Boudjemline

La cellule végétale



La paroi cellulaire est le squelette externe des cellules végétales

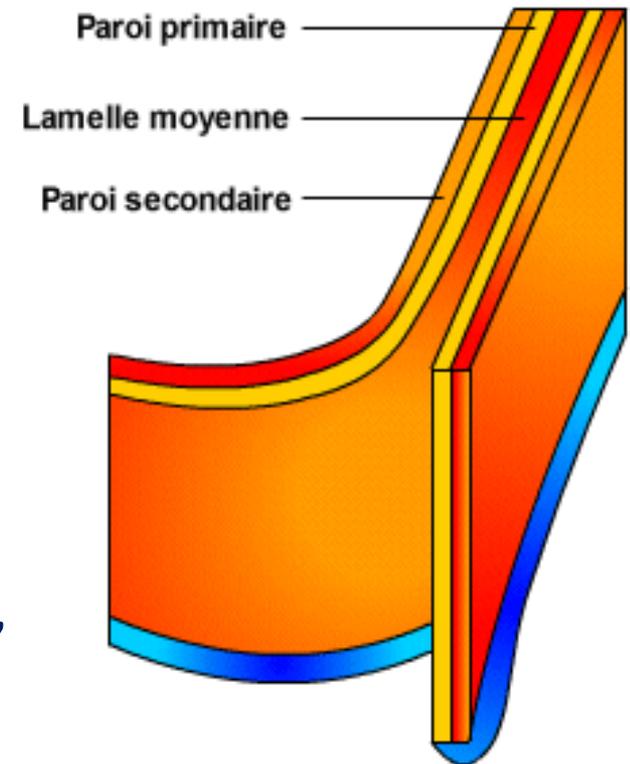
La paroi végétale

La paroi Végétale est une structure qui évolue en fonction de l'âge des tissus végétaux . On considère donc :

Une paroi **primaire**

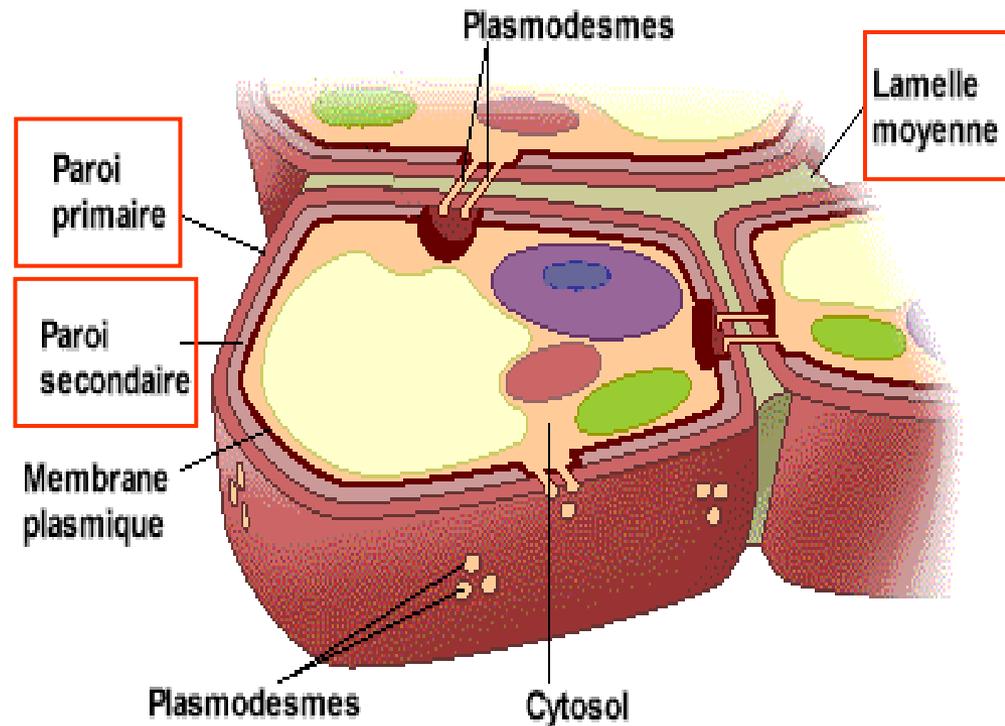
Une paroi **secondaire**

la lamelle moyenne (riche en pectines), est une couche qui sépare deux Cellules végétales



La lamelle moyenne

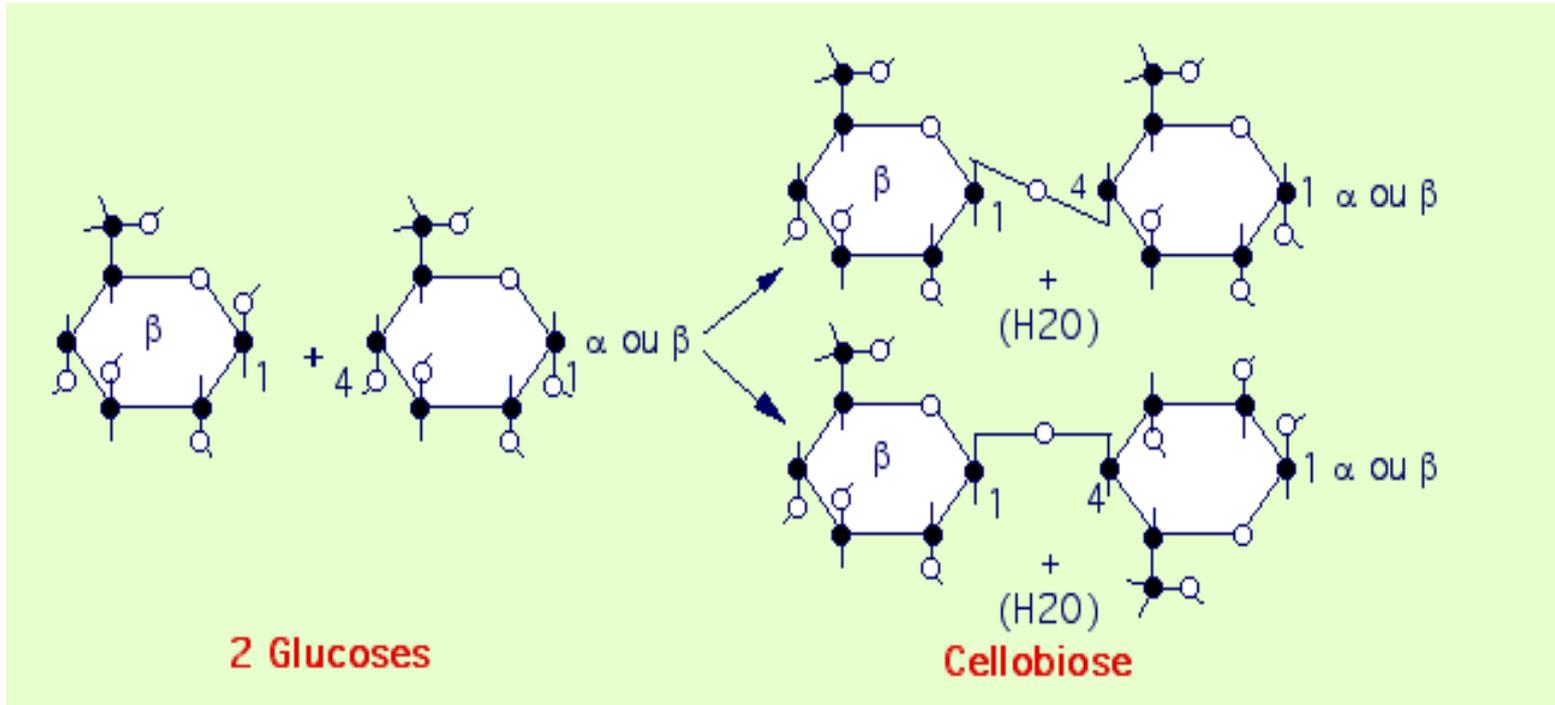
- Les cellules sont « collées » les unes aux autres par la **lamelle moyenne**, une sécrétion riche en **pectine**.
- Ce **ciment**, situé sur la région externe de la paroi, permet aux cellules de s'associer en tissus.



La paroi primaire est formée de:

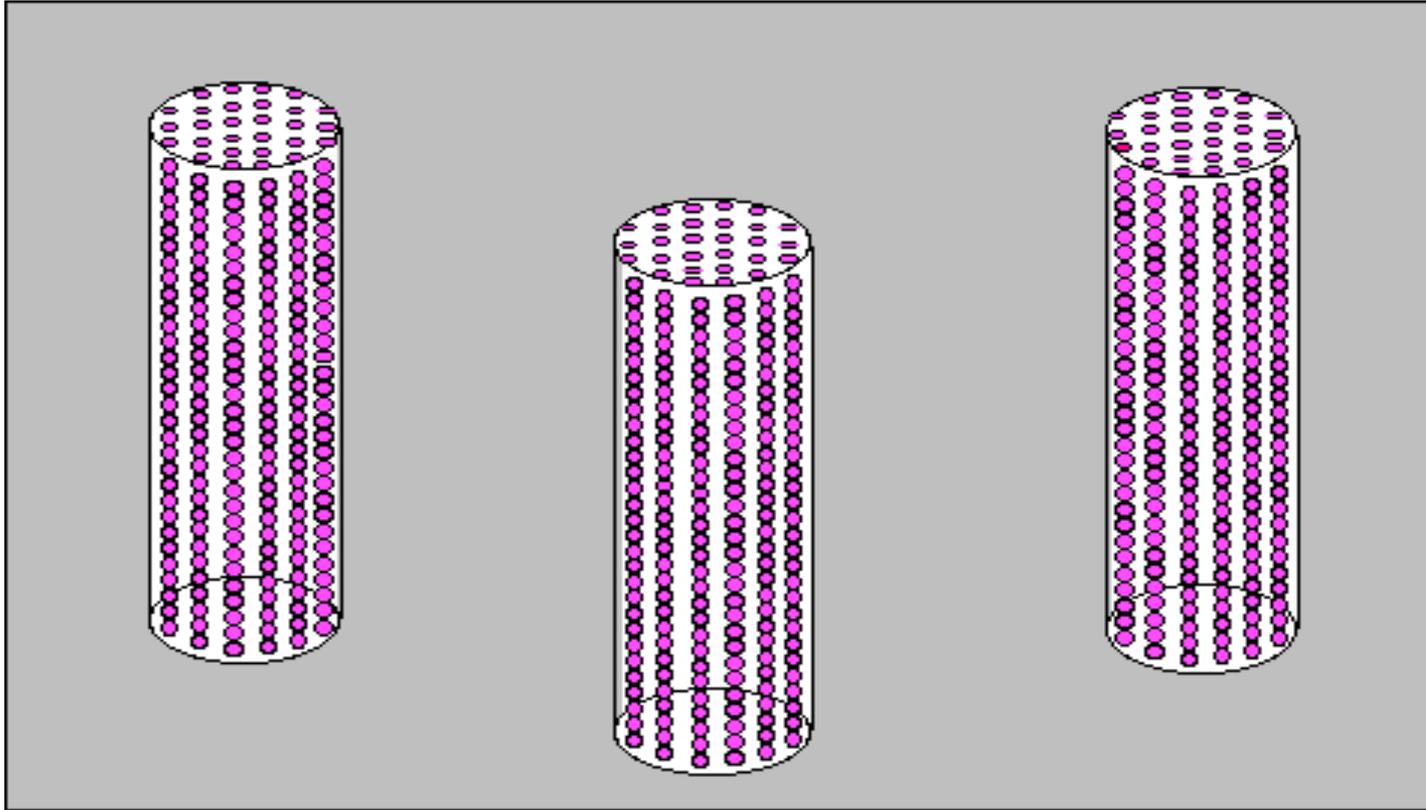
- Cellulose
- Hémicellulose
- Pectine
- Glycoprotéines
- Eau **jusqu'à 80 %**

1- La cellulose



Homopolysaccharide formé de chaînes de **glucose**, liées entre elles par des liaisons glycosidiques B-1-4

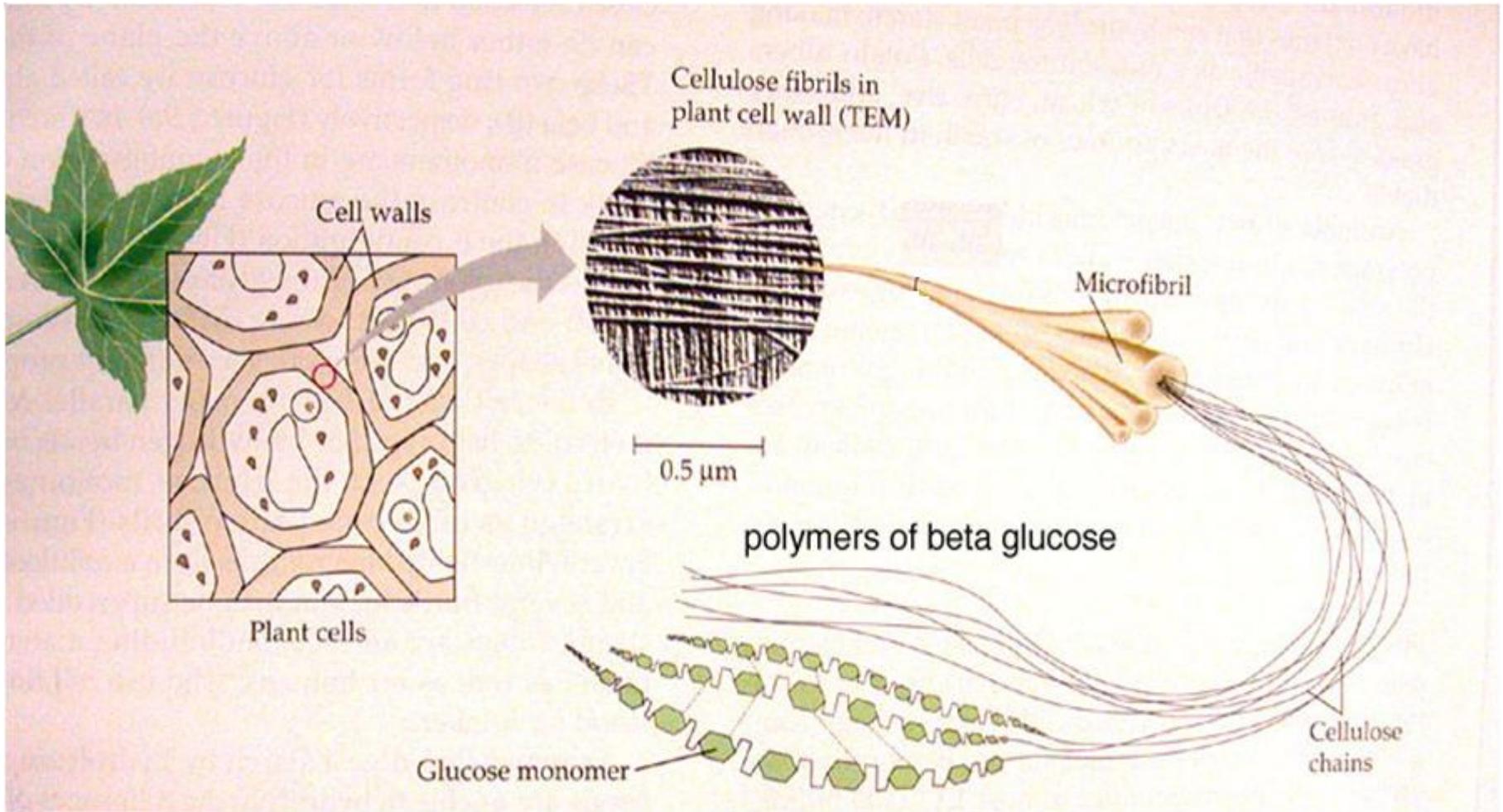
1- La cellulose



Cellulose seule.

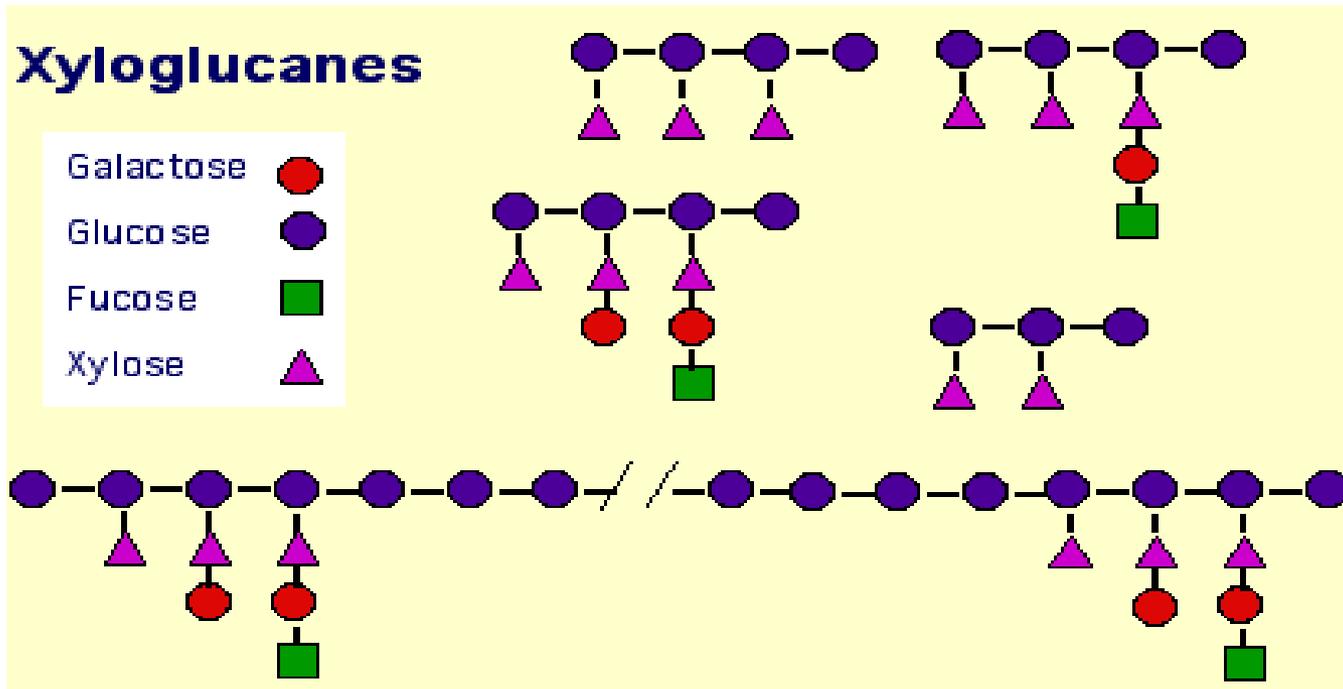
Les molécules de cellulose sont associées sous forme de microfibrilles.

1- La cellulose



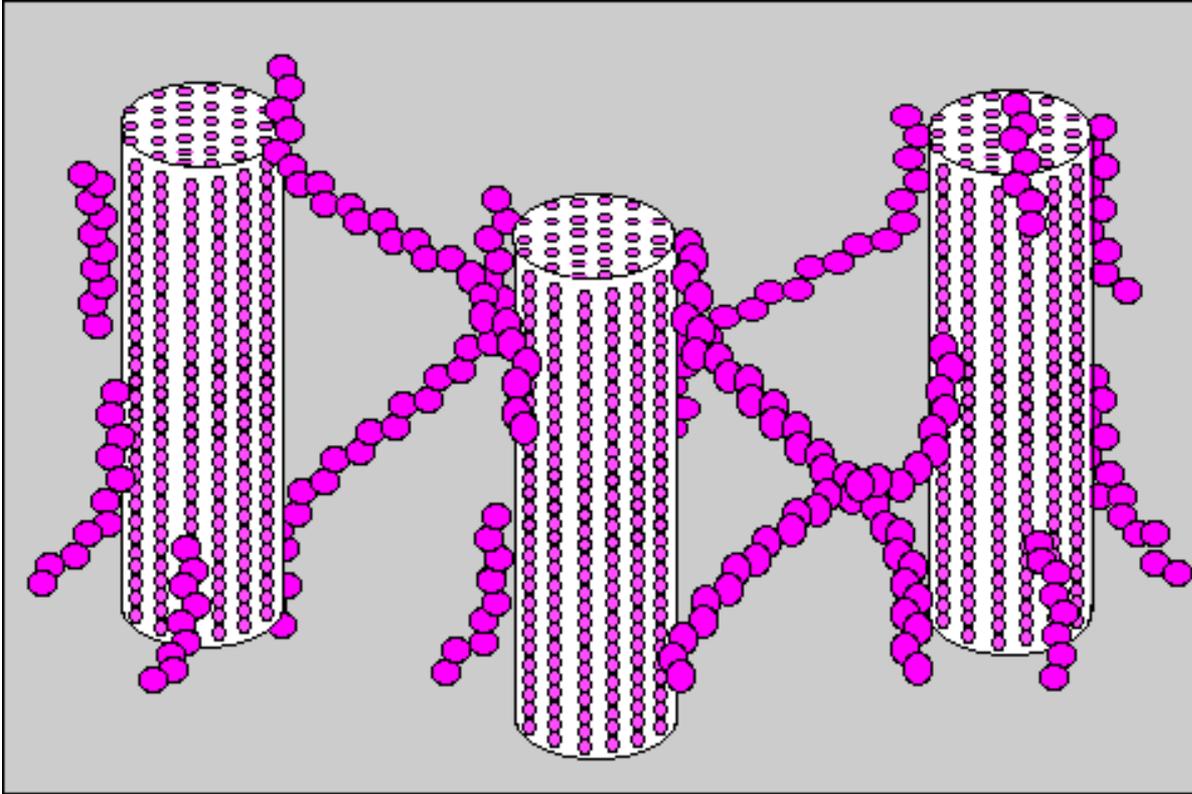
Une molécule de cellulose contient jusqu'à 3000 unités de glucose.

2-Hémicellulose



Les hémicelluloses sont des hétéropolysaccharides ramifiés. Ils sont constitués d'une chaîne de glucose (bêta 1-4) et de courtes chaînes latérales de xylose, galactose et fucose.

2-Hémicellulose



les hémicellulose peuvent contracter des liaisons H avec la cellulose .

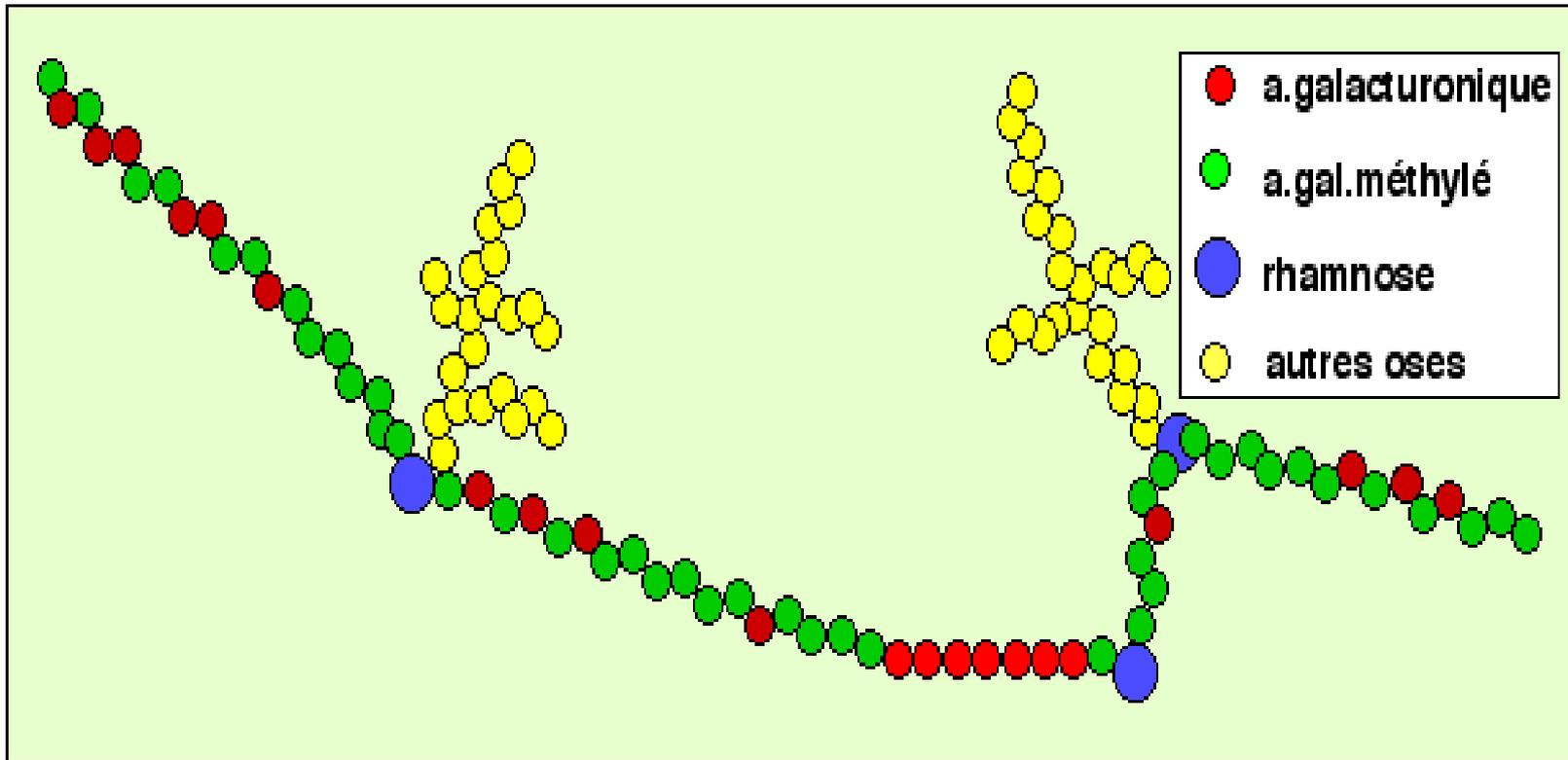
Il jouent un rôle fondamental dans le maintien d'une architecture pariétale organisée en liant les fibrilles de cellulose entre elles.

3-Les pectines ou composés pectiques

Les pectines constituent un ensemble complexe de macromolécules.

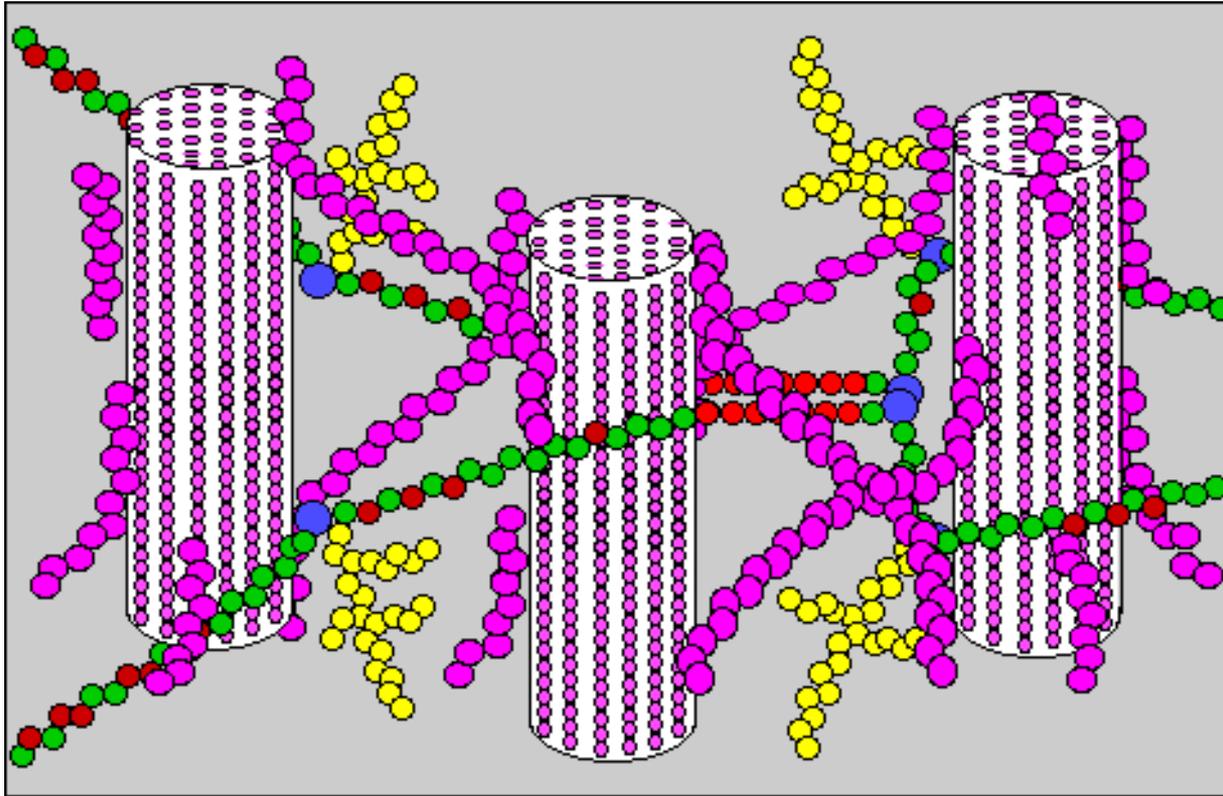
Ce sont des polymères **d'acides galacturoniques** où des **rhamnoses** cassent la linéarité de la molécule (coude) et portent des chaînes latérales osidiques, d'où le nom de **rhamnogalacturonane**.

3-Les pectines ou composés pectiques



Pectines : la chaîne principale est formée d'acide galacturonique et de rhamnose. Des chaînes latérales constituent des branchements.

3-Les pectines ou composés pectiques



Cellulose, hémicelluloses et pectines.

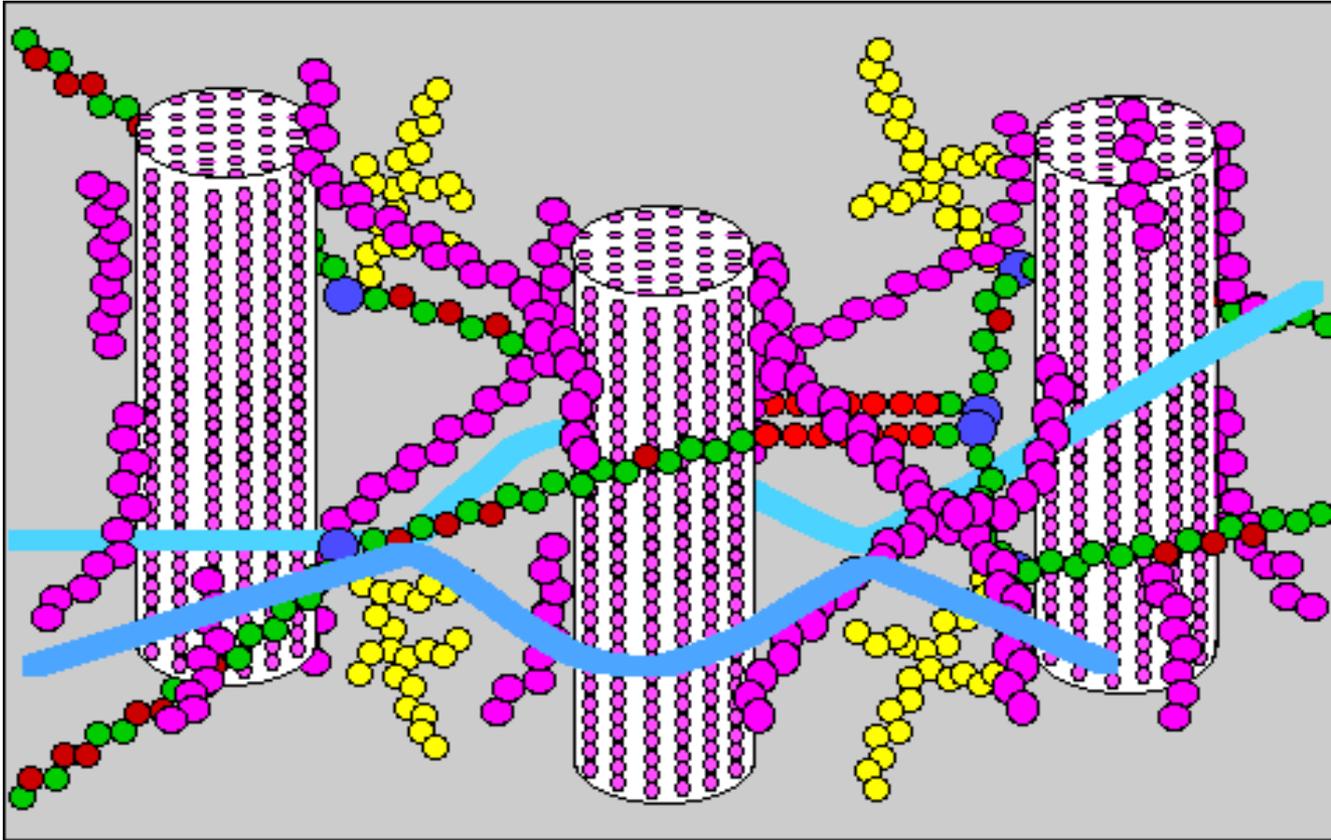
Un réseau supplémentaire de pectines augmente la complexité de la matrice.

- L'**hémicellulose** et la **pectine** sont des **polysaccharides** ayant une texture **gluante**.
- Ils agissent comme **liant** entre les fibres de cellulose, eux même liés à l'extensine.

4- Les glycoprotéines

- Le réseau d'**HRGP** intervient comme élément stabilisateur en consolidant le réseau fibrillaire de la paroi (la cellulose).
- Il bloque en effet les propriétés de plasticité du réseau polysaccharidique de la paroi végétale.

4- Les glycoprotéines



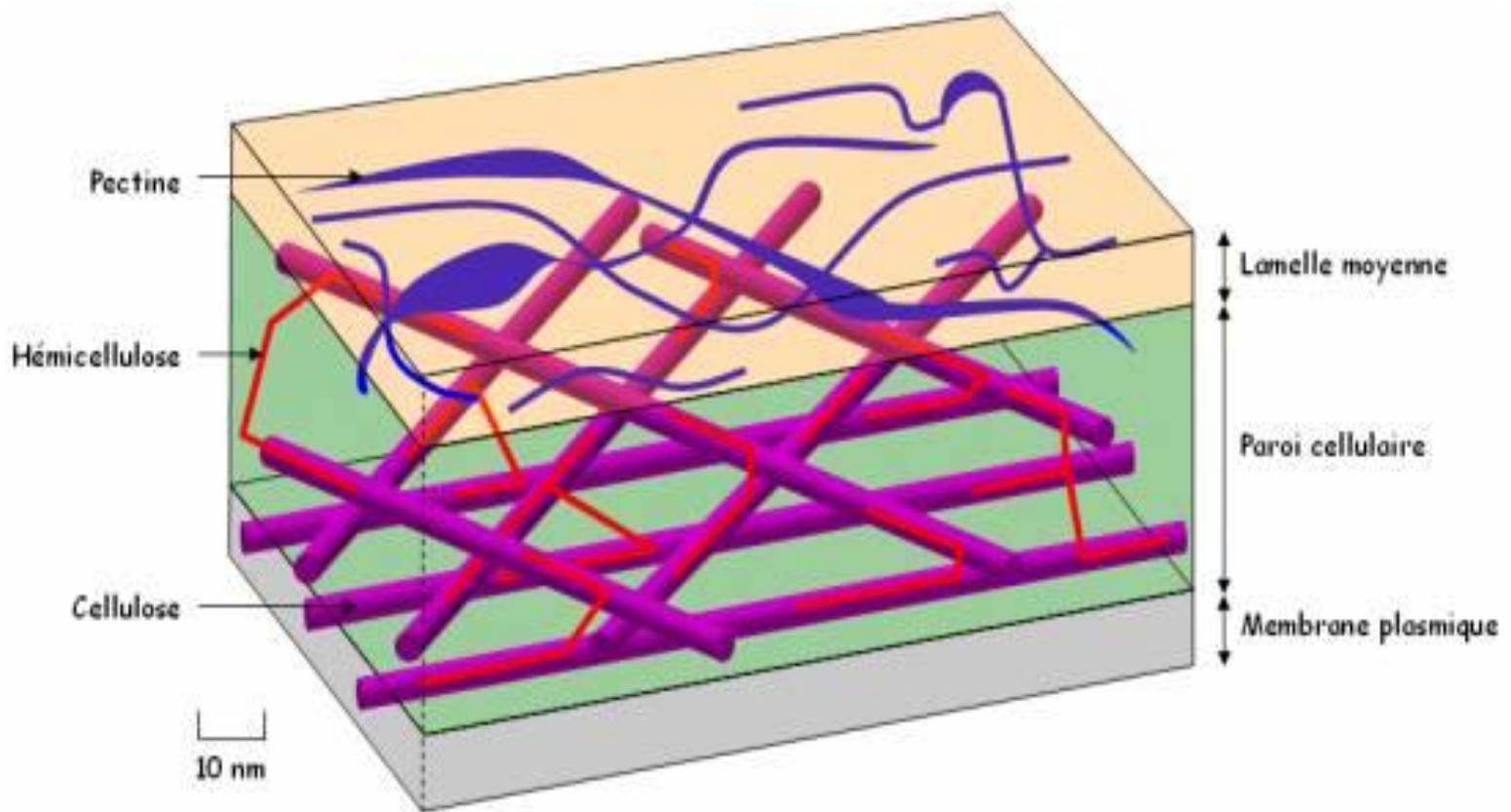
Cellulose, hémicelluloses, pectines et HRGP.

En fin de croissance le réseau de protéines peut rigidifier la matrice en créant un réseau secondaire.

5-L'EAU

- les constituants polysaccharidiques sont hydrophiles et la paroi contient un très fort pourcentage d'eau (~75%) .
- Plus la cellule est jeune, plus la teneur en eau est élevée.

Architecture moléculaire de la paroi

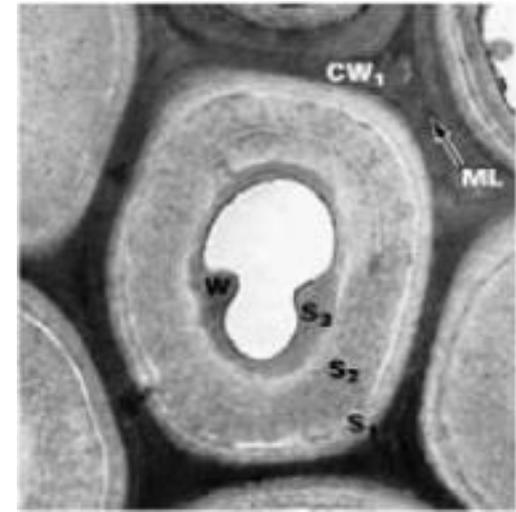


La paroi secondaire

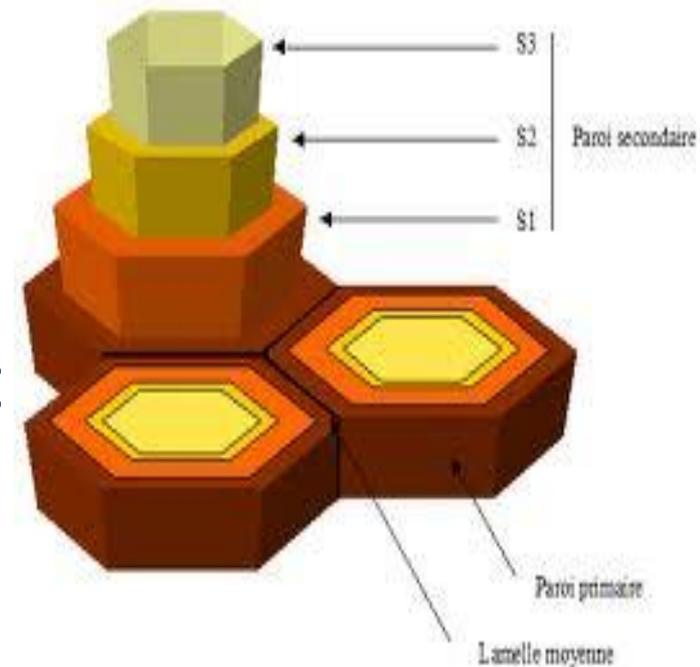
- Elle est située entre la membrane cytoplasmique et la paroi primaire.
- Elle est de même composition que la paroi primaire, mais avec des proportions différentes:
- **Plus riche en cellulose,**
- **Pauvre en eau et hémicellulose,**
- **Dépourvue de pectines et de glycoprotéines**

La paroi secondaire

les microfibrilles de cellulose sont disposées de **façon régulière**.



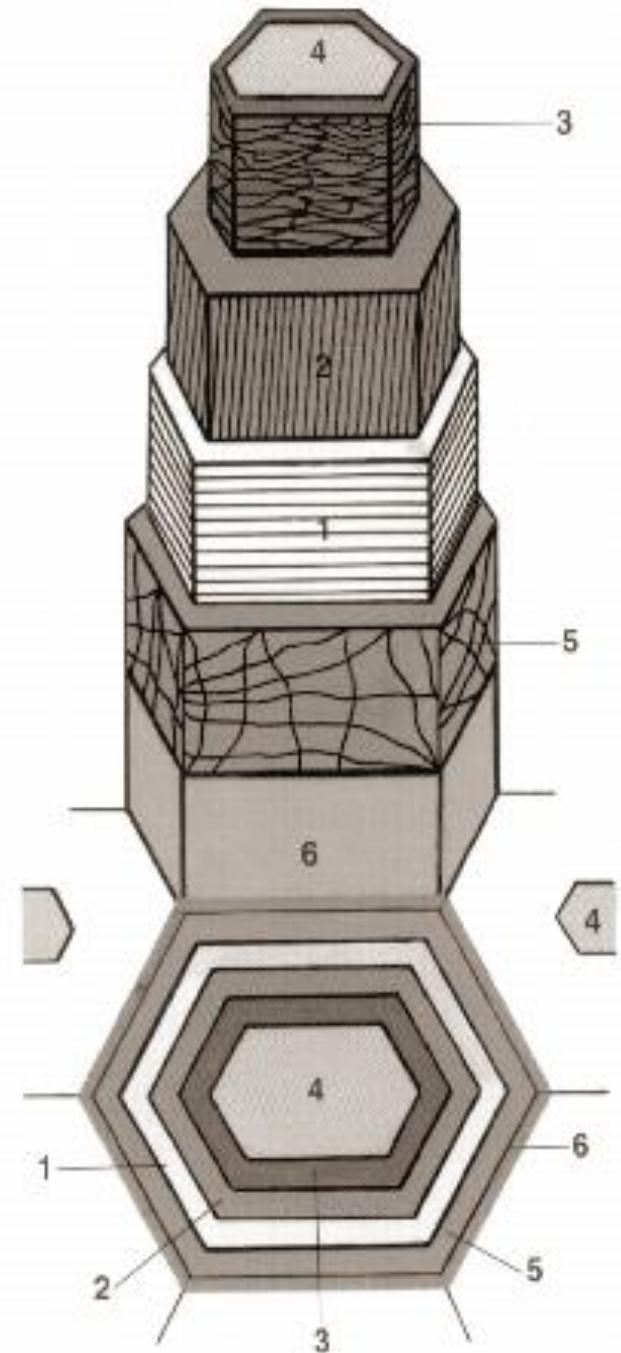
Ces microfibrilles ont été disposées en **strates** successives pour lesquelles le sens d'orientation change brusquement d'une **strate** à l'autre.



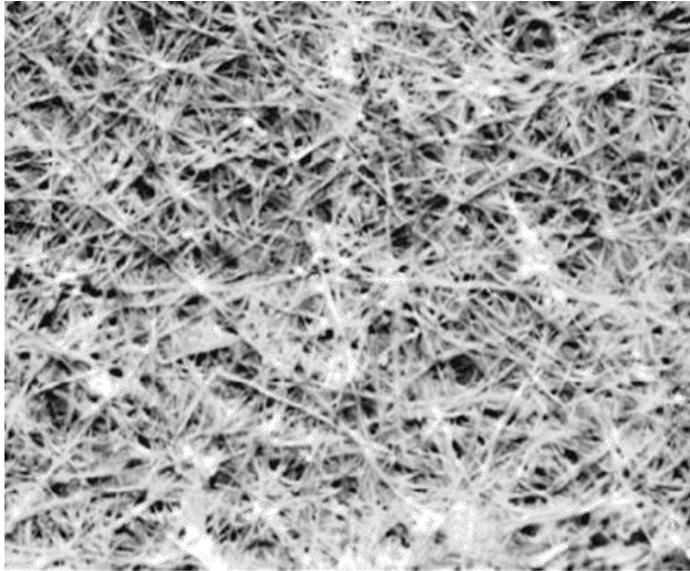
Architecture moléculaire

Structure de la paroi cellulaire d'une fibre, vue tridimensionnelle :

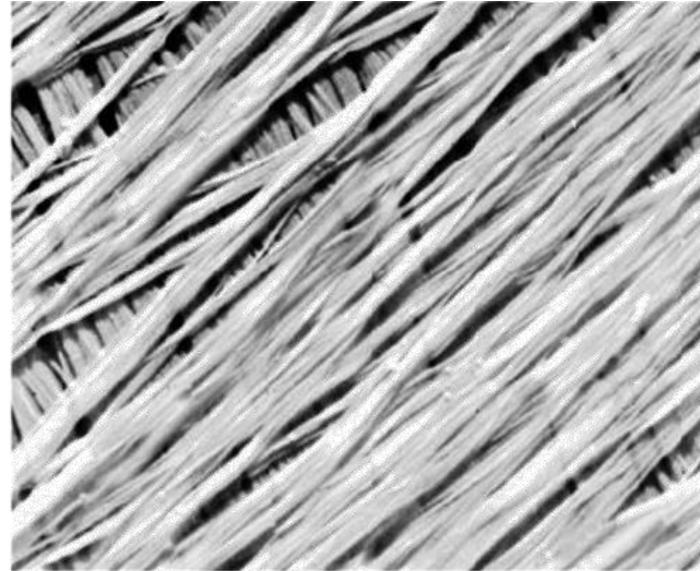
- 1 à 3 paroi secondaire, strates à microfibrilles de cellulose différemment orientées;
- 4 lumière, sans matière vivante;
- 5 paroi primaire ;
- 6 lamelle moyenne .



Architecture moléculaire



Paroi primaire en ombrage. 1 μ m



Paroi secondaire 1 μ m

Architecture moléculaire

- Les microfibrilles de cellulose dans la **paroi primaire** constituent **un réseau lâche** et **dispersé** ce qui confère à la paroi sa **plasticité**
- Dans la **paroi secondaire** les microfibrilles de cellulose sont **serrées** et disposées **parallèlement**.
- Au niveau de la paroi, les microfibrilles de cellulose constituent **la phase cristalline**.
- Les autres constituants forment **la phase amorphe**

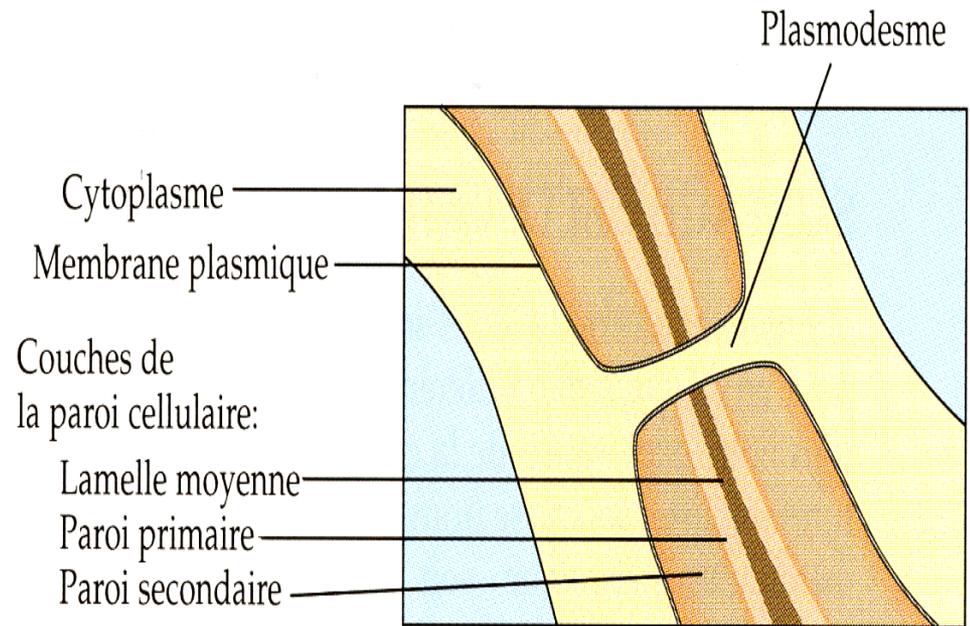
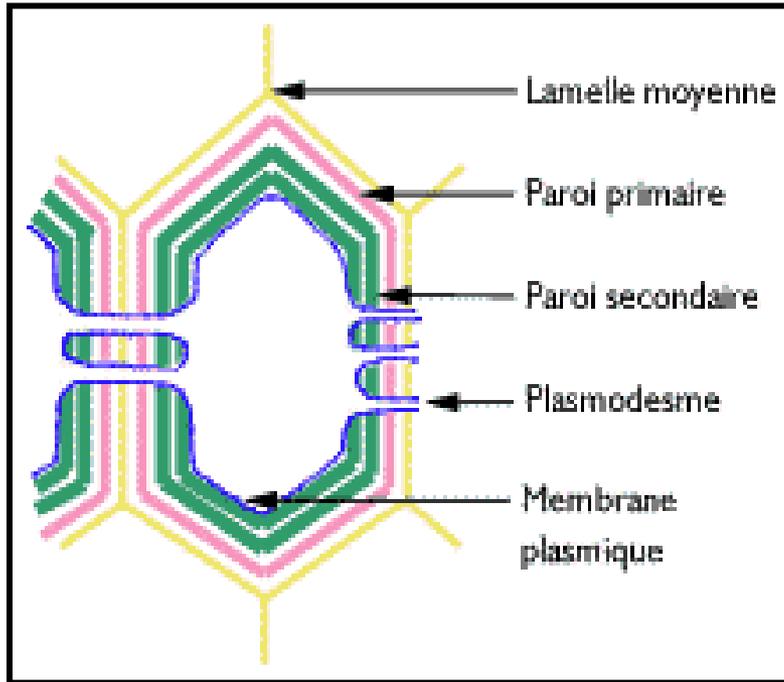
Communication intercellulaire

- Il y a deux structures de communication:
 - 1) Les **plasmodesmes**
 - 2) Les **ponctuations**

1-les plasmodesmes

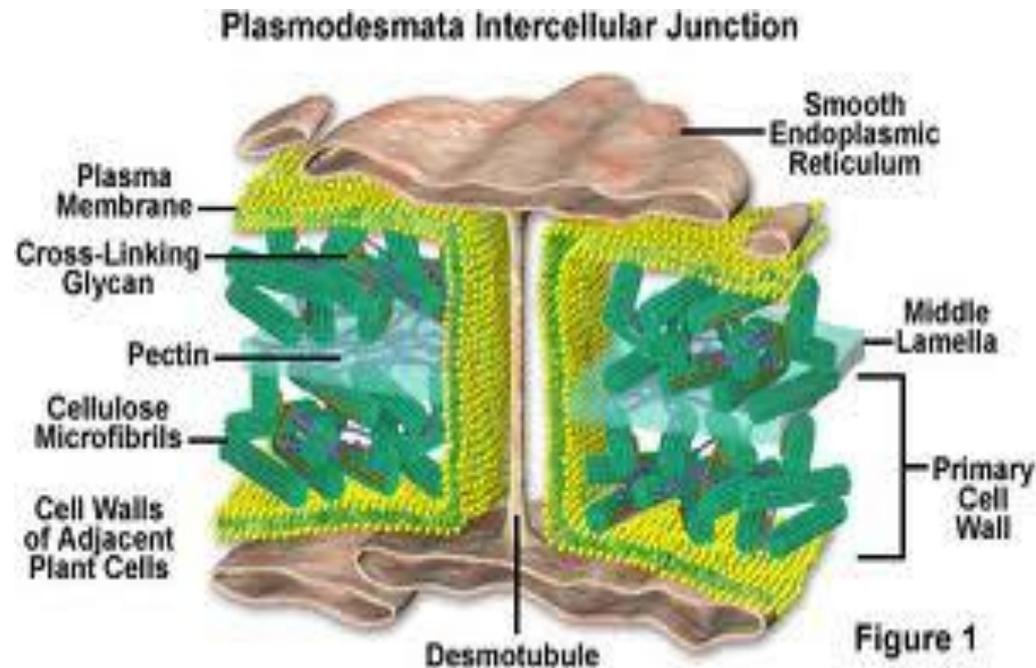
- Les **plasmodesmes** sont des structures de 20 à 40 nm de diamètre qui interrompent la paroi et mettent le **cytosol de deux cellules adjacentes en continuité**.
- L'eau et les petits solutés peuvent ainsi circuler librement d'une cellule à l'autre.

1-Plasmodesme



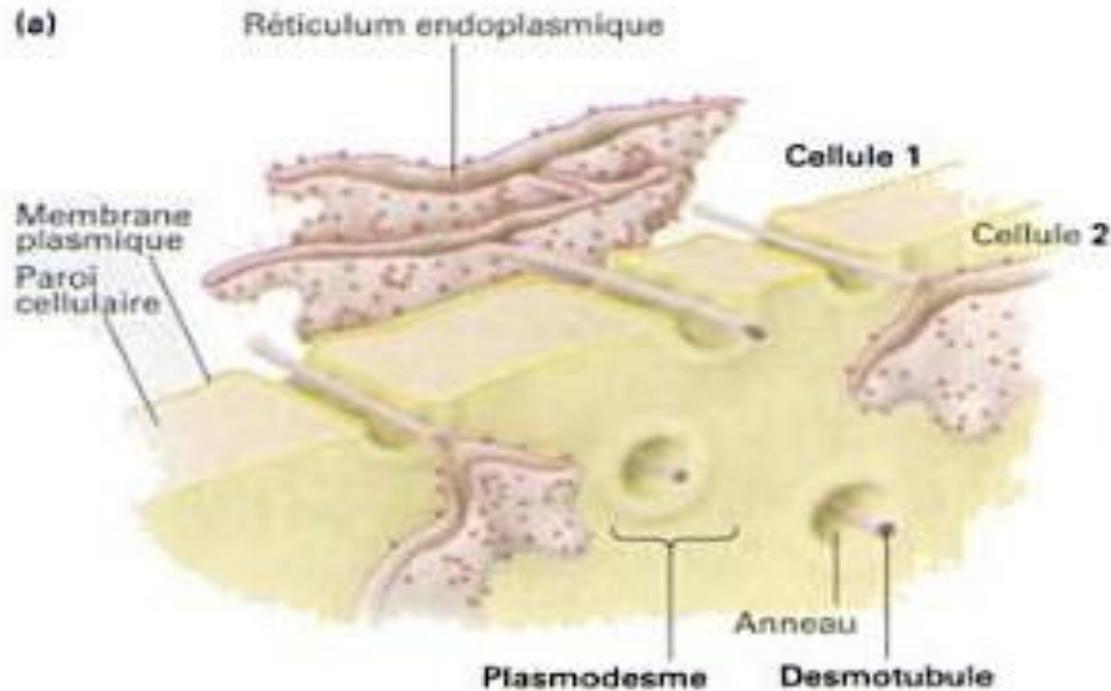
Les membranes plasmiques des cellules végétales fusionnent pour former un canal continu, l'anneau

1-Plasmodesme



- Le centre du plasmodesme est occupé par le **desmotubule**.
- Le canal ainsi formé **à l'intérieur** du **desmotubule** permet le **passage contrôlé** de molécules **entre** les **cellules** adjacentes.

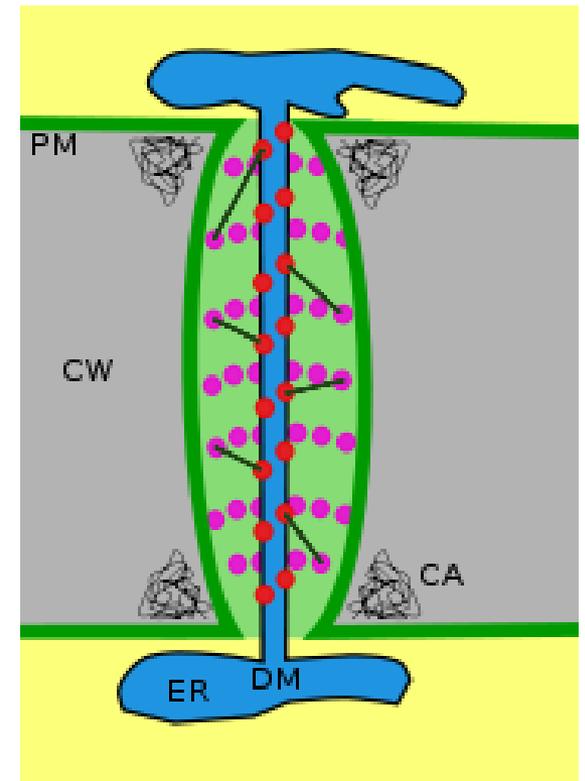
1-Plasmodesme



Rappelez vous que dans ce schéma, les ribosomes n'existent pas,
C'est du REL

Le desmotubule

- Le **desmotubule** est entouré d'un anneau de **protéines globulaires** sur toute l'épaisseur du plasmodesme.
- Il est en lien avec du **réticulum endoplasmique lisse** de part et d'autre de la paroi



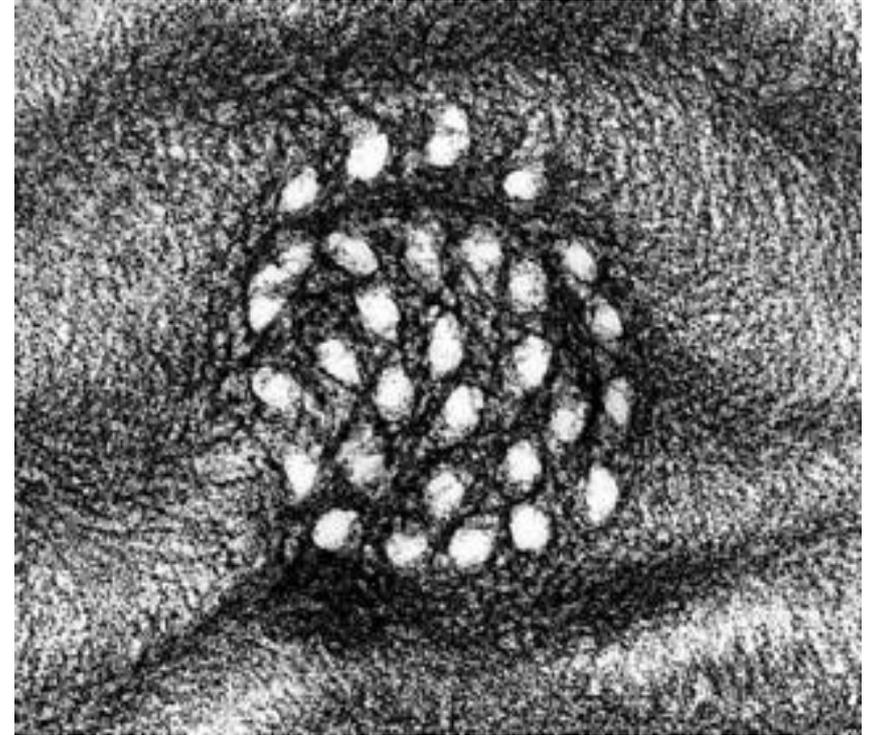
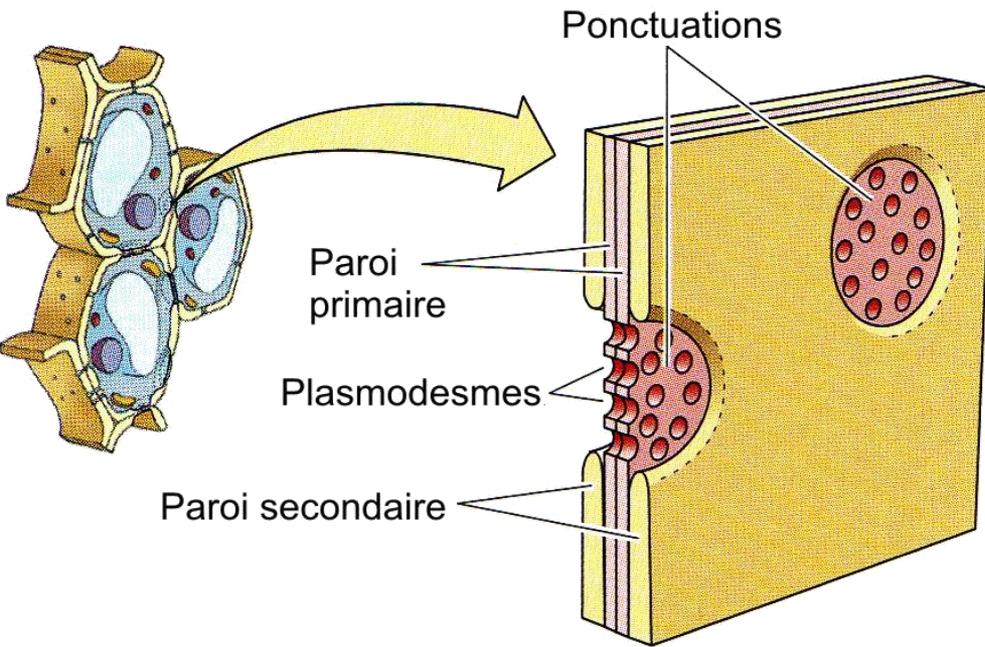
2- Les ponctuations

- Il existe deux types de ponctuations:
- 2-1- Les ponctuations simples
- 2-2- Les ponctuation aréolées

2-1 Les ponctuations simples

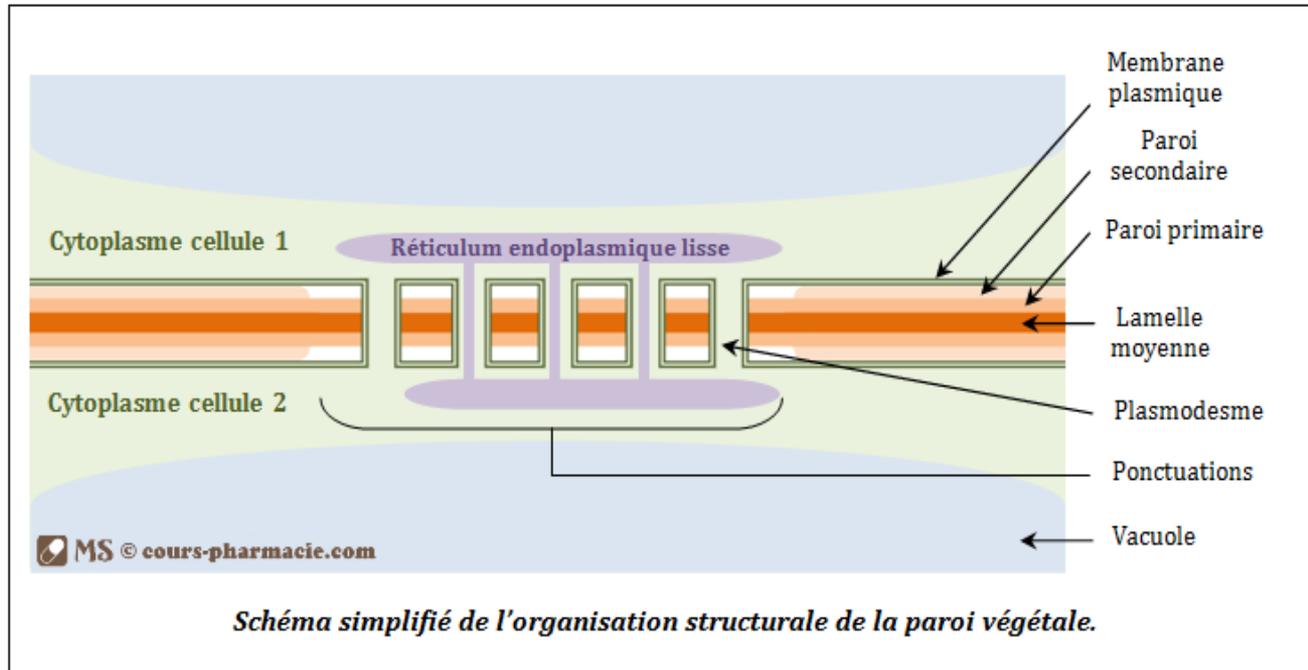
- Lorsque les cellules développent des parois, la communication entre celles-ci se fait par des **ponctuations simples**.
- Il s'agit d'**ouvertures**, visibles au microscope photonique, au fond desquels sont rassemblés des dizaines voir des centaines de **plasmodesmes**.

2-1 Les ponctuations simples



**Plasmodesmes vus de face dans
une section tangentielle de la paroi**

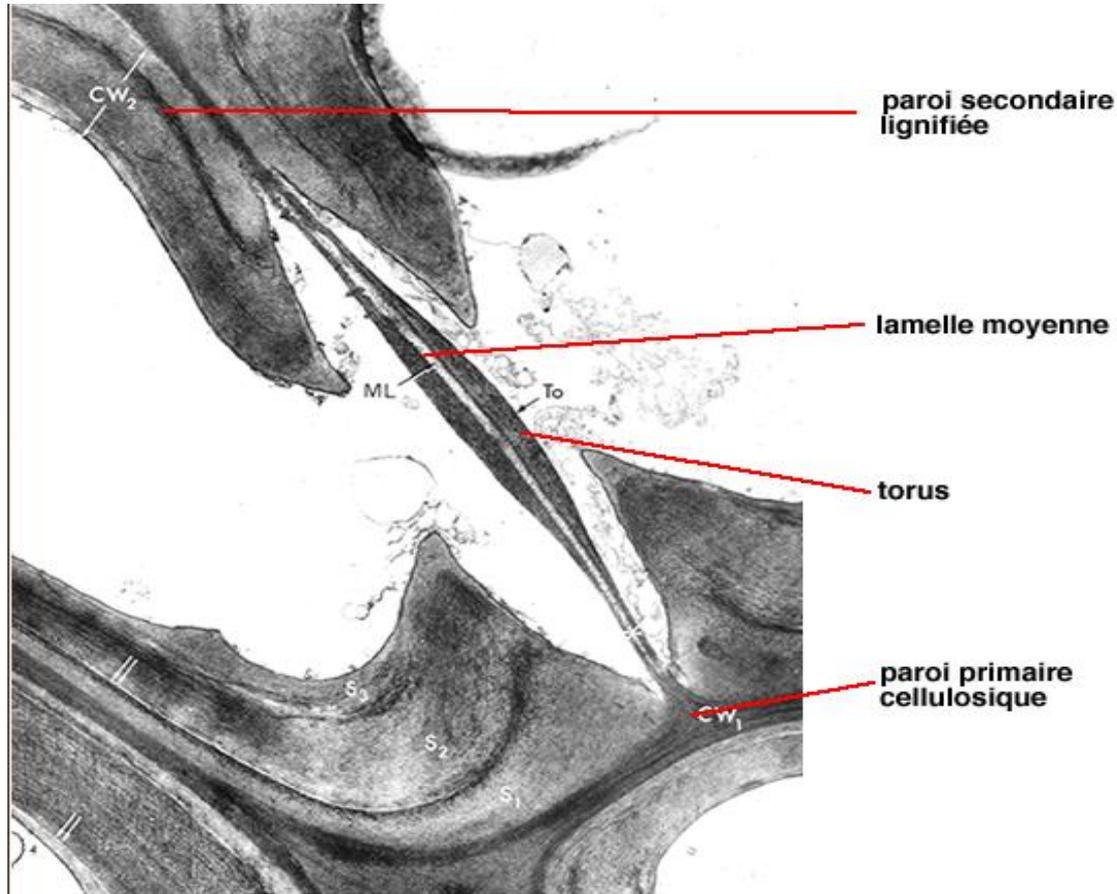
2-1- Les ponctuations simples



- Une continuité de la lamelle moyenne et de la paroi primaire.
- La paroi primaire peut être aminci ou interrompu totalement.
- Si dans la cellule, il existe une paroi secondaire, celle-ci est aussi interrompu.

2-2- La ponctuation aréolée

Ces ponctuation sont caractéristiques des **gymnospermes,**



2-2- Les ponctuations aréolées

- Une continuité de la lamelle moyenne et de la paroi primaire.
- La paroi primaire forme un épaissement central appelé **torus** qui est souvent lignifié.
- La paroi primaire est **partiellement hydrolysée** et permet à ce niveau **des échanges** entre cellules adjacentes.
- La paroi secondaire lignifiée, **s'interrompt**, **se décolle** et **se soulève**.

Modification chimique de la paroi

Les modifications chimiques de la paroi se font en relation avec la fonction de la cellule

A- Modification assurant la rigidité

1- Lignification ou sclérification

C'est une imprégnation de la paroi par de la lignine qui apporte une grande rigidité et résistance dans les tissus de soutien.

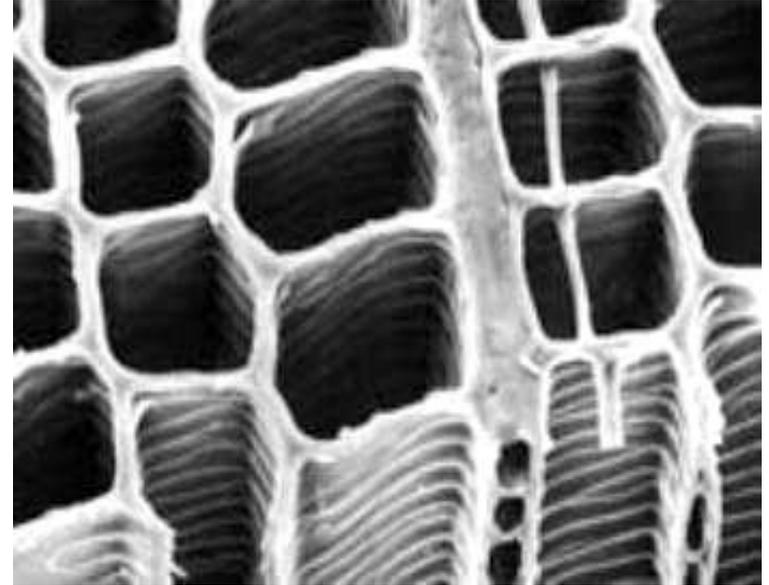
Lignine = polymère polyphénolique hydrophobe.

C'est une molécule hydrophobe d'où son intérêt pour la conduction des sèves : elle permet aux sèves de ne pas adhérer aux canaux et donc d'être transportées plus efficacement et plus vite.

A- Modification assurant la rigidité

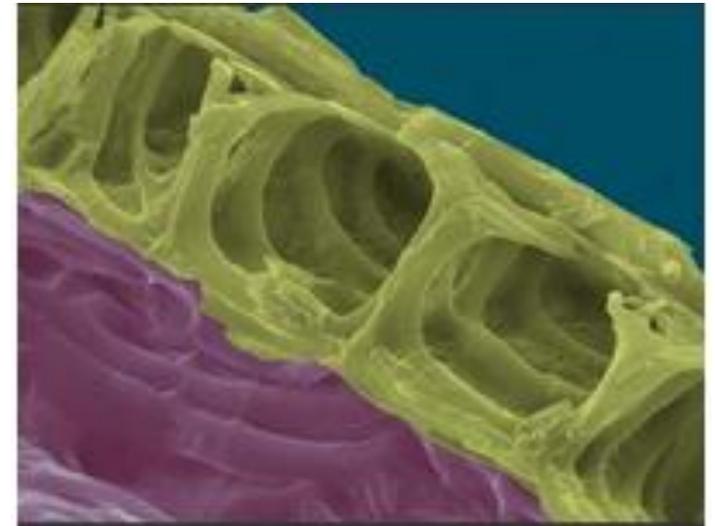
- Puisque la paroi lignifiée ne laisse à peu près pas passer l'eau, la cellule meurt généralement après avoir synthétisé sa paroi secondaire.
- Ces cellules mortes jouent un rôle important dans le **soutien** de la plante et dans la **conduction de la sève.**

A- Modification assurant la rigidité



Ces cellules **mortes** ont une épaisse paroi secondaire imprégnée de lignine formant le **bois**.

Elles servent de « tuyaux » permettant la montée de la sève et elles confèrent une grande rigidité à la plante.



2- Minéralisation

- La minéralisation désigne le dépôt d'éléments minéraux au niveau de la paroi de certaines cellules végétales.
- On distingue **la calcification**, qui est l'ajout de **carbonate de calcium (CaCO_3)** ;
- et la **silicification**, qui est l'ajout d'**oxyde de silice (SiO_4)**.

la calcification

Exemple: Les cystolythes

Accumulation des carbonates de calcium (CaCO_3) déposée à l'intérieur des parois de cellules de l'épiderme des fruits de la famille des cucurbitaceae,



la silicification

- Les parois épidermiques des feuilles chez certaines **graminées**, sont renforcées par de la silice qui les rend coupantes,



la silicification

- Les poils d'ortie se terminent par un capuchon cilicifié.



B- Modification assurant l'imperméabilité

- Ce sont des **appositions** de substances lipidiques telles que **la cutine, la cire et la subérine**.
- Ces composées sont des polymères d'acides gras à longues chaînes responsables de l'hydrophobie.
- Ces appositions sont appelées selon la substance:
 - **Une cutinisation.**
 - **Une cérification.**
 - **Une subérification.**

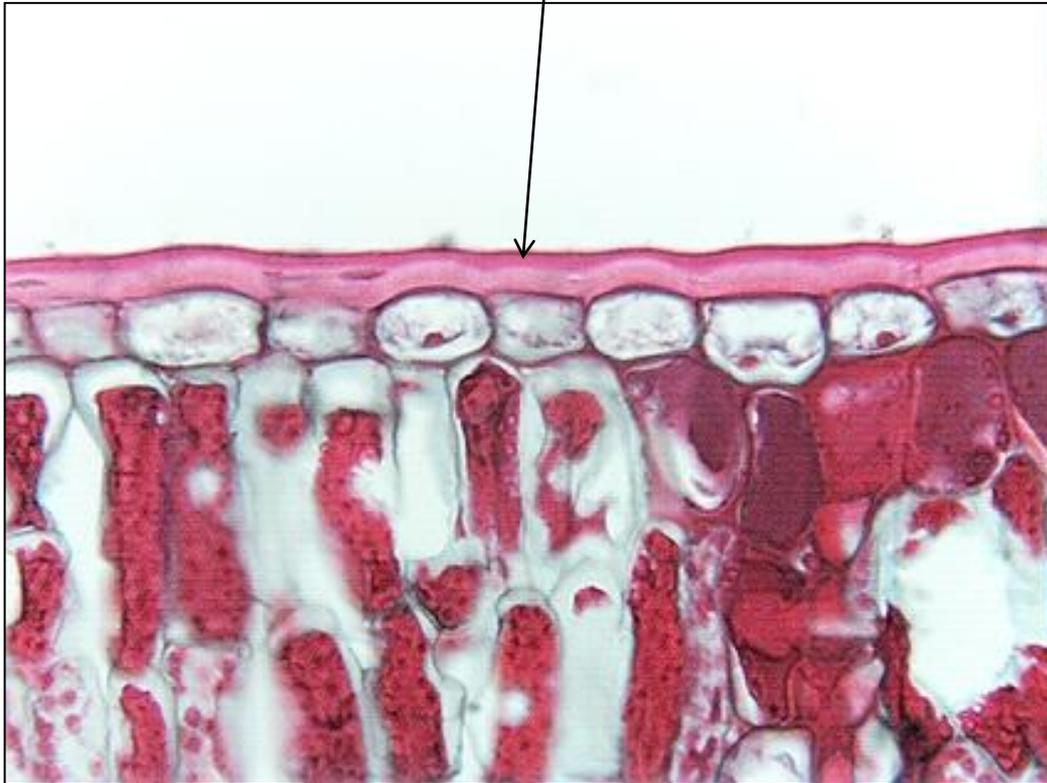
B- Modification assurant l'imperméabilité

1- Cutinisation et cérification

- Elles concernent les tissus protecteurs des organes aériens, les parois **externes** des **cellules épidermiques** sont recouvertes d'une **cuticule**.
- Cette dernière est constituée soit de **cutine uniquement**, soit de **cutine et de cire**, on l'appelle **cire intracuticulaire**.

B- Modification assurant l'imperméabilité

Cuticule à la surface d'une feuille.
La cuticule imperméabilise la
feuille et prévient donc les pertes
d'eau par évaporation.



B- Modification assurant l'imperméabilité

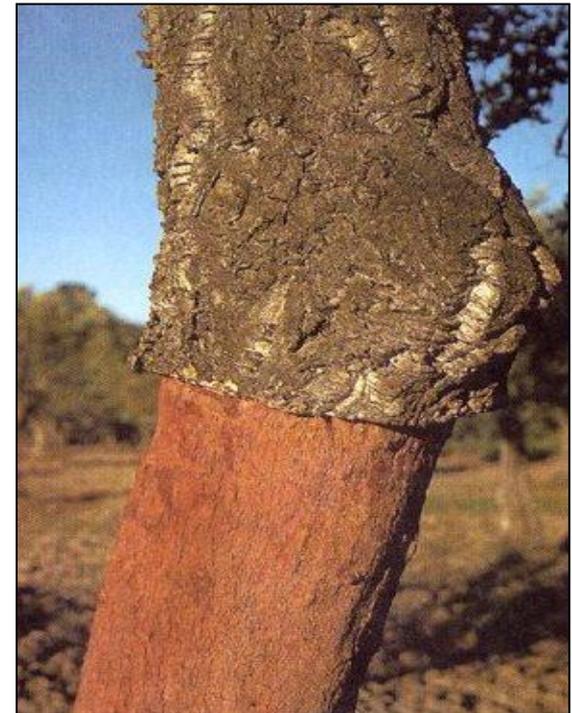
- Chez **les xérophytes**, la couche de cire est très importante et constitue la **cire épicuticulaire**.



B- Modification assurant l'imperméabilité

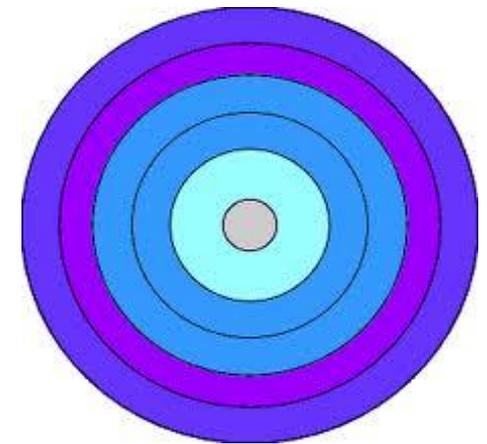
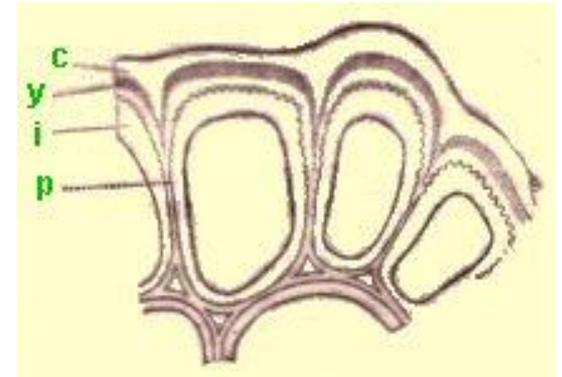
2- La subérification

- Elle a lieu dans les tissus protecteurs des organes aériens et souterrains.



2- La subérification

- la paroi peut être imprégnée de **subérine**, une substance **hydrophobe imperméable** qui se dépose sur la face interne des parois cellulaires en couches **concentriques**.



Couches concentriques

2- La subérification

- Elle entraîne une **imperméabilisation** des parois et la **mort des cellules** après **dégénérescence** du **cytoplasme**. La lumière (lumen) se remplit d'air.



lenticelles

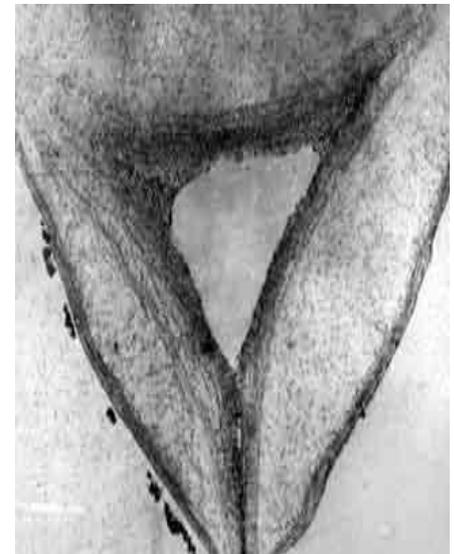
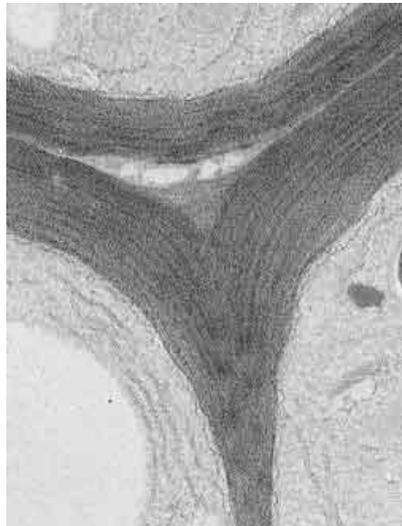
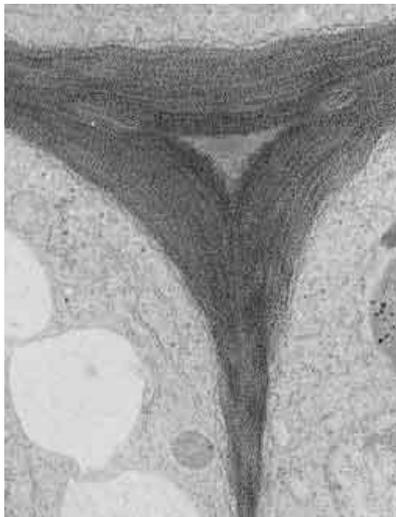
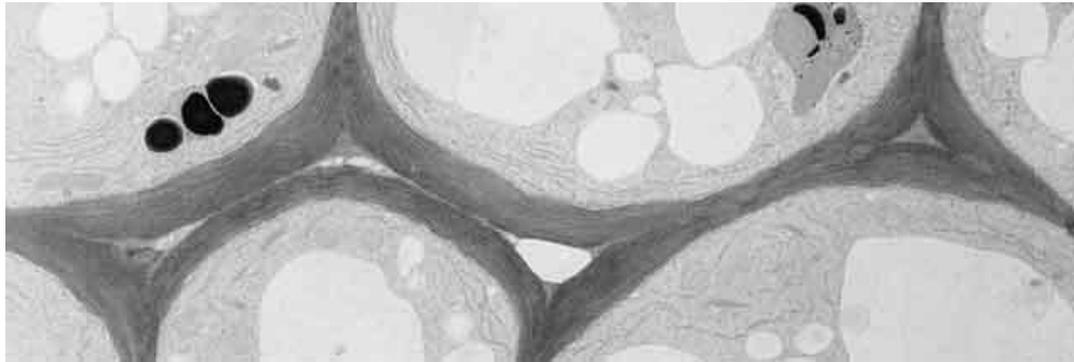
C- La gélification

- C'est l'hydrolyse (destruction) des chaînes **polygalacturoniques** de **la lamelle moyenne** par des enzymes **pectinases**, on peut l'observer:
- Au moment de **la maturation des fruits**,



C- La gélification

- Dans la formation de méats et lacunes



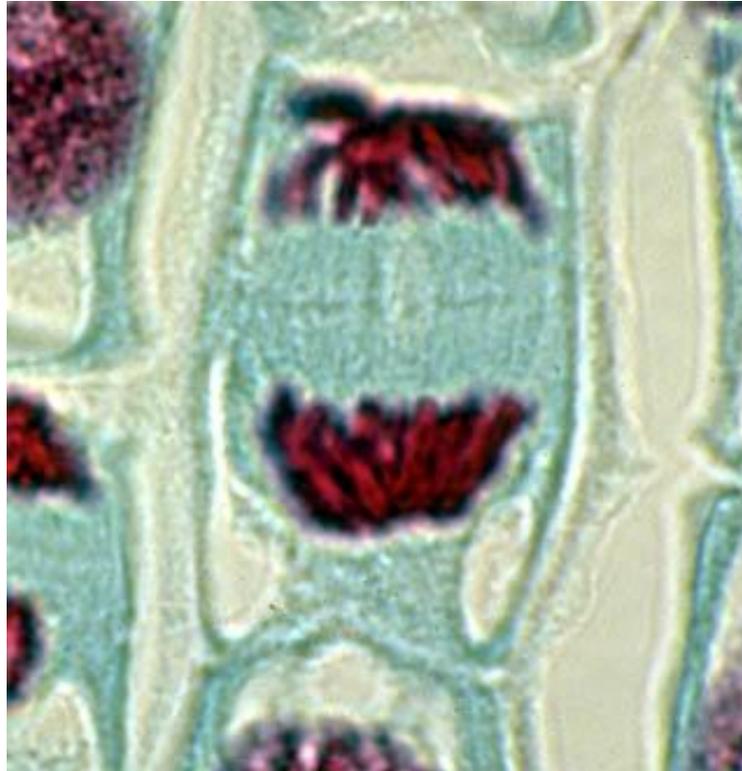
C- La gélification

- Dans la chute des organes caduques, comme les feuilles, les pétales , les fruits (**abscission**).



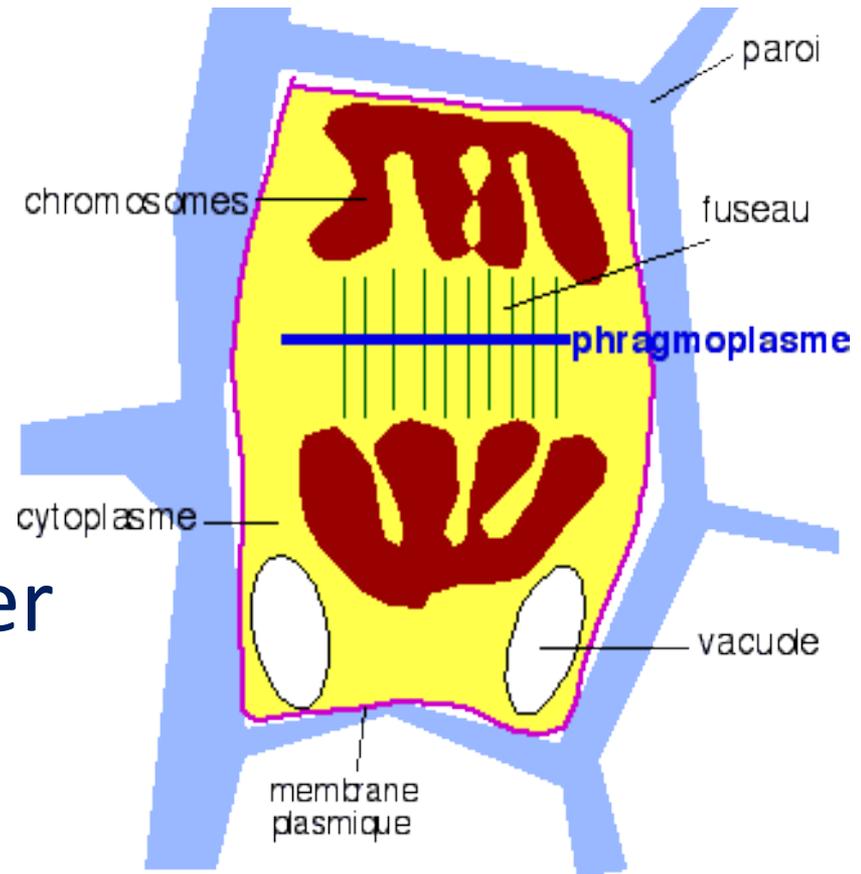
Biogenèse de la paroi

La paroi se met en place vers la télophase, lorsque les deux cellules formées vont être séparées.



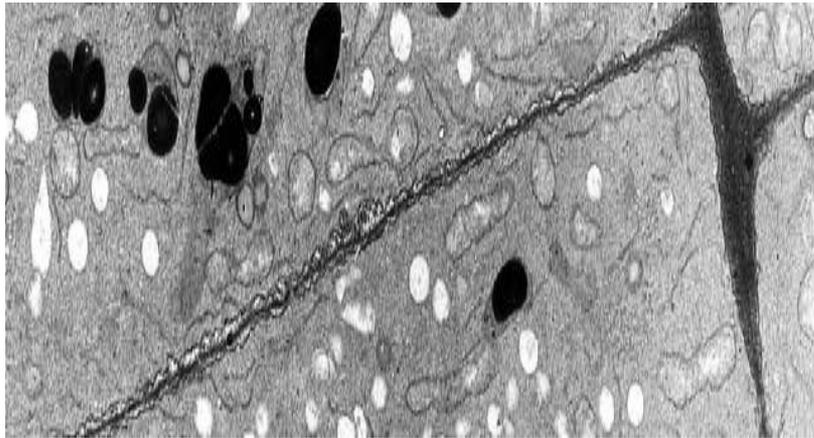
Biogenèse de la paroi

A la fin de la division cellulaire (télophase),
les microtubules
s'assemblent pour former
le **phragmoplaste**.

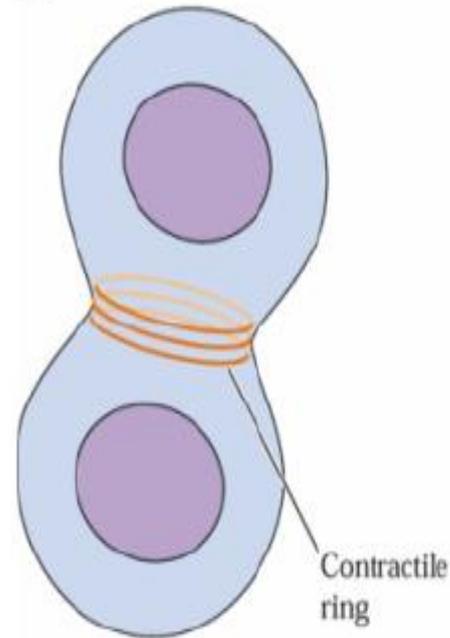


Biogenèse de la paroi

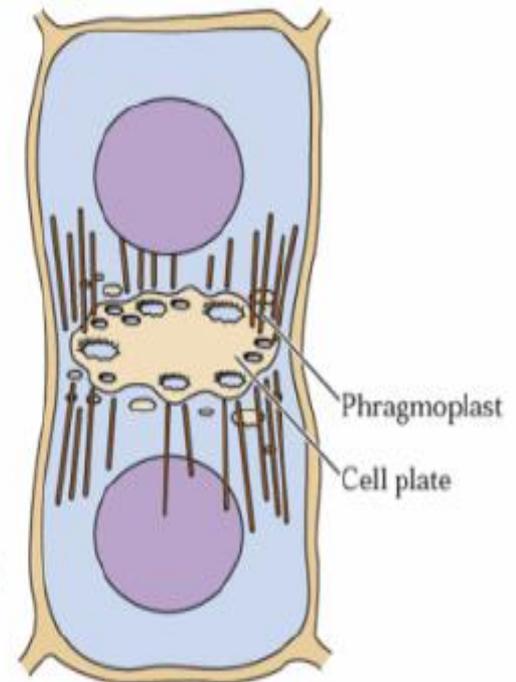
Le **phragmoplaste oriente** les **vésicules golgiennes** riches en pectines au départ, vers la plaque équatoriale formant ainsi **la plaque cellulaire**.



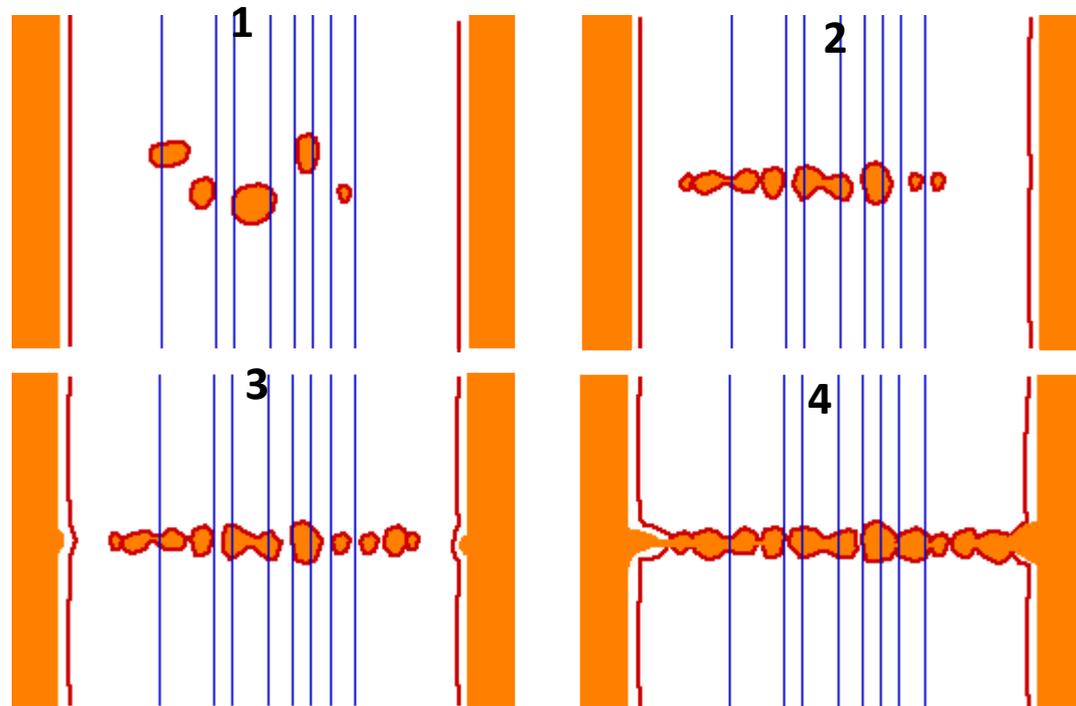
(A) Animal cell



(B) Plant cell



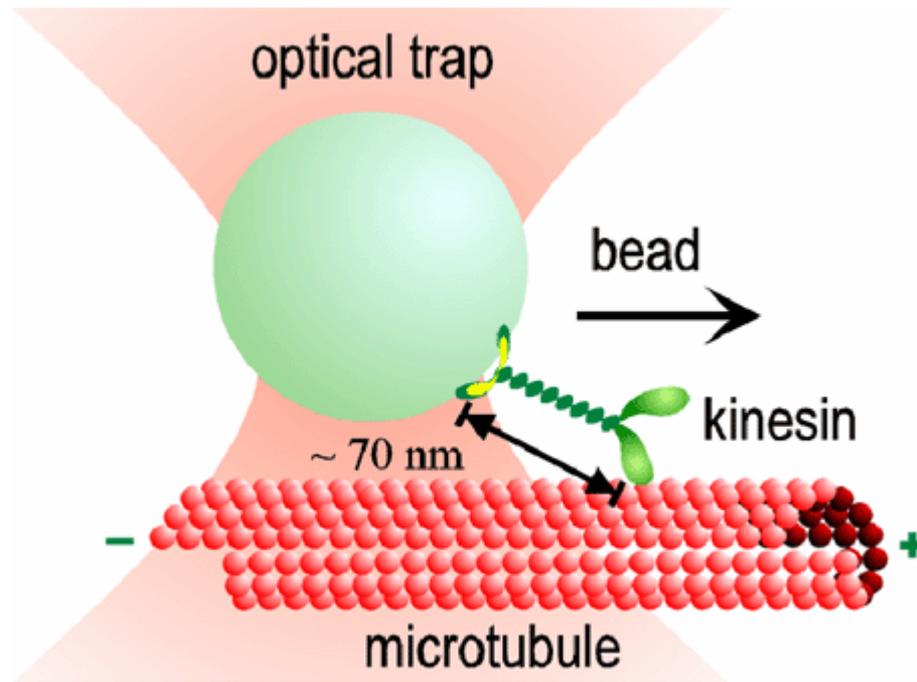
Biogenèse de la paroi



Quatre étapes schématiques de la formation de la nouvelle paroi intercellulaire.

Biogenèse de la paroi

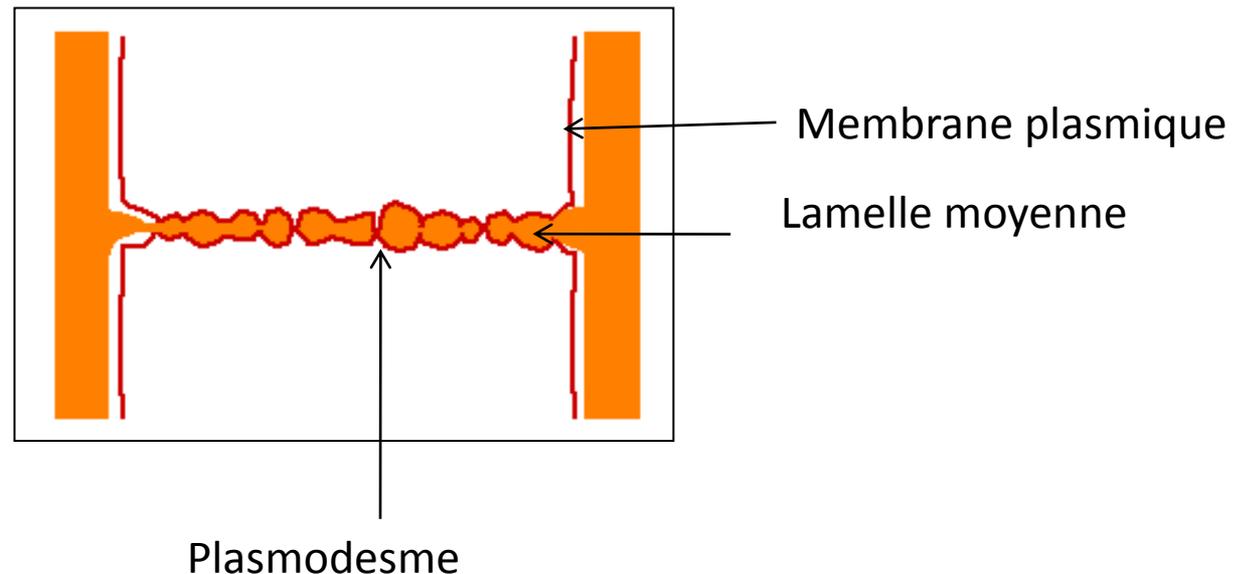
- Des protéines comme les **kinésines** et les **myosines** interviennent dans ces déplacements.



La kinésine joue le rôle de pied, le microtubule joue le rôle de rail

Biogenèse de la paroi

- Les vésicules golgiennes fusionnent entre elles pour former en premier **la membrane plasmique** de chaque cellule fille, ensuite les pectines s'organisent pour la **formation de la lamelle moyenne**.



Biogenèse de la paroi

Formation de la paroi primaire:

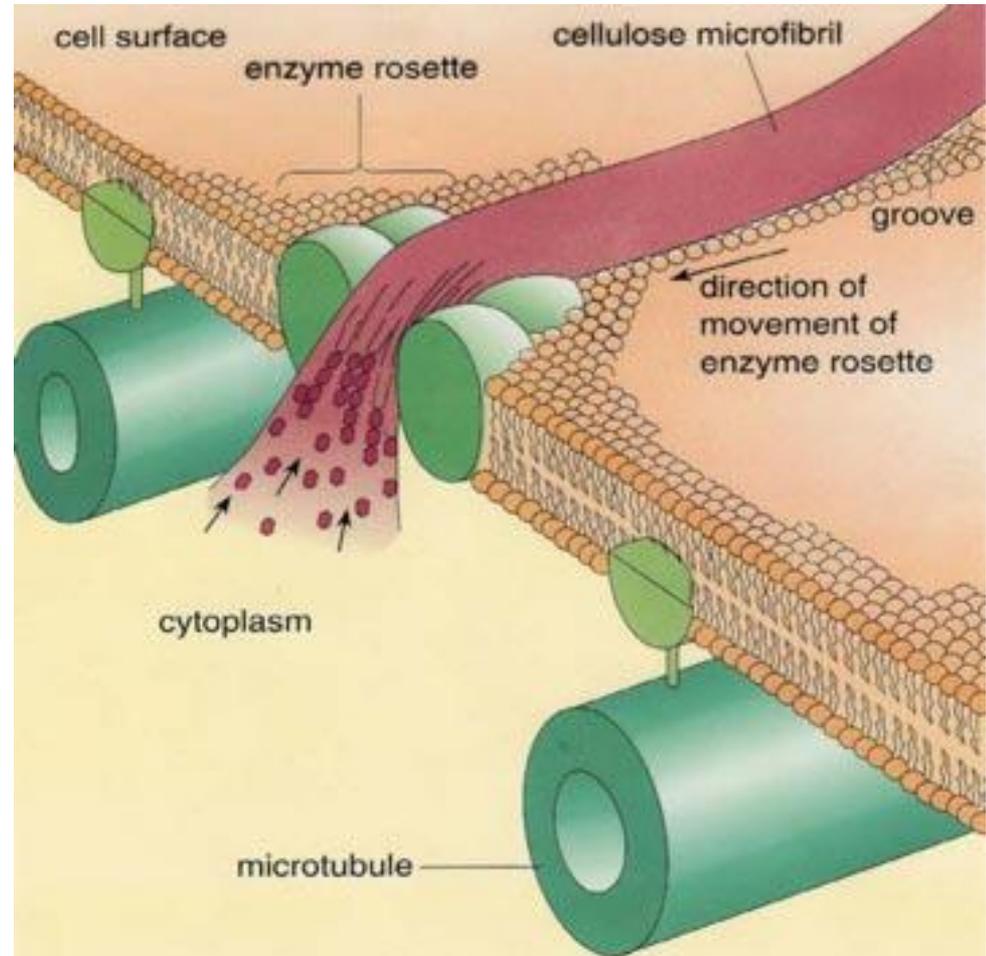
- L'appareil de golgi synthétise **des pectines** et **des hémicelluloses**.
- **Les vésicules** par exocytose vont **déverser** leur contenu de part et d'autre de **la lamelle moyenne**.
- **Les glycoprotéines** proviennent du **REG** et **golgi**, elles sont également secrétées par exocytose .

Biogenèse de la paroi

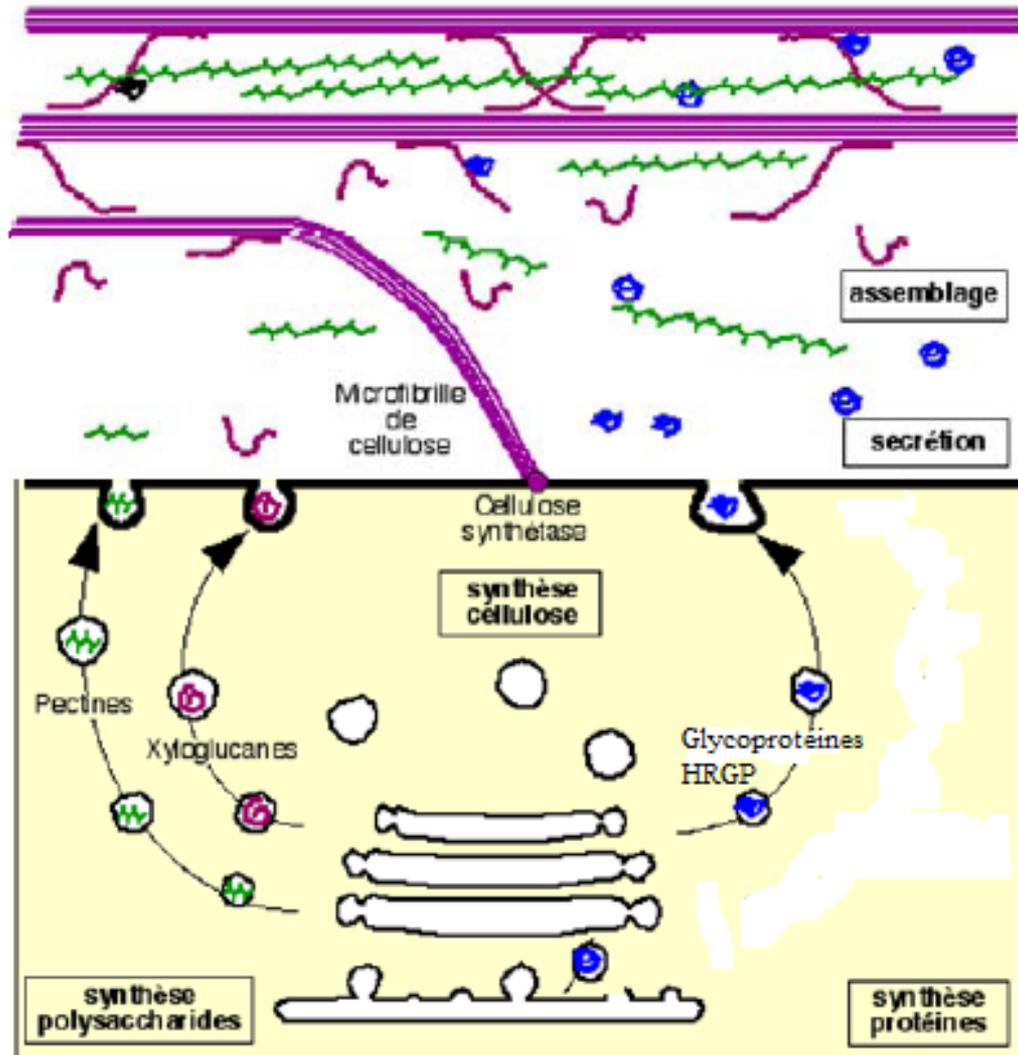
- Pour les microfibrilles de cellulose ,la polymérisation des B-glucoses se fait au niveau de complexes enzymatiques appelé **cellulose synthétase** localisée dans la bicouche lipidique .

Biogenèse de la paroi

La microfibrille de cellulose polymérisée grâce à la **cellulose synthétase** (l'**enzyme rosette**), sort à travers le canal de cette enzyme .



Synthèse composants pariétaux:



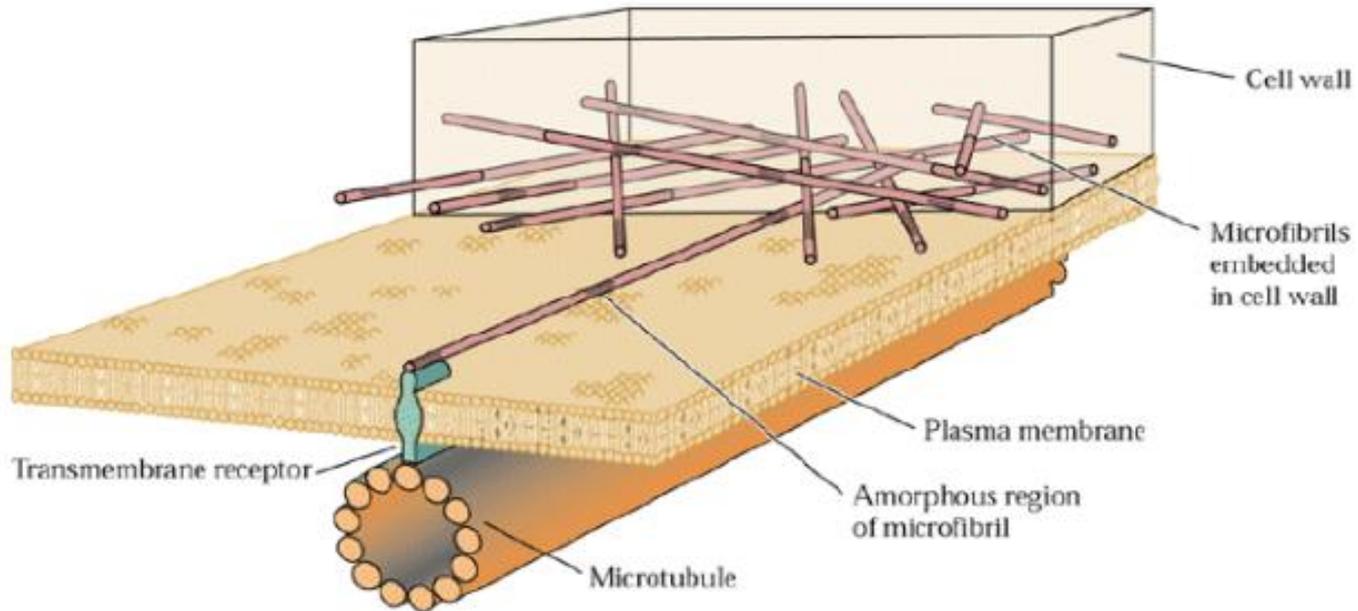
Espace périplasmique
(Paroi)

Vésicules de Golgi

Appareil de Golgi

Réticulum endoplasmique

Biogenèse de la paroi

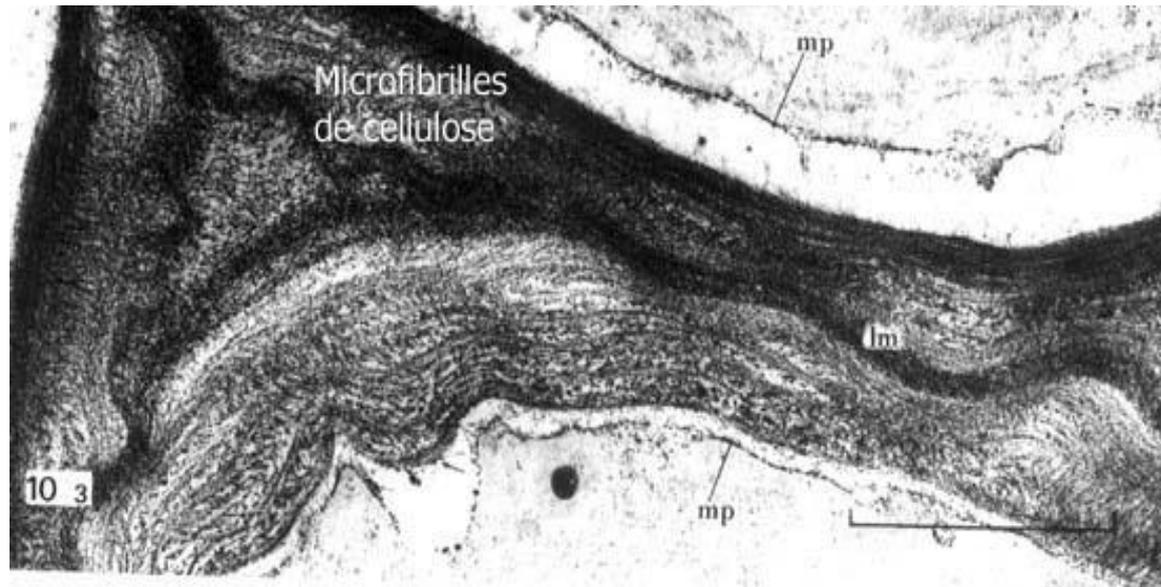


Sous la membrane plasmique, (face hyaloplasmique), les microtubules **orientent** la sortie des microfibrilles de cellulose dans le même sens.

Biogenèse de la paroi

- **Formation de la paroi secondaire:**

La paroi secondaire se forme également par dépôt, cette fois-ci sur la paroi primaire, sauf au niveau des ponctuations.



Prochain cours

**Les méristèmes primaires
et différenciation**