

# BC3 – RELATIONS ENTRE LA CELLULE ET SON MILIEU

## Matrice extracellulaire, jonctions et cytosquelette

La cohésion des tissus repose sur l'interaction permanente entre les cellules et leur environnement extracellulaire. La matrice extracellulaire animale et la paroi végétale sont composées d'éléments fibreux (collagène ou cellulose), d'une substance fondamentale hydrophile (GAG ou pectines) et de molécules assurant les liaisons entre fibres et cellules (fibronectine, laminine, hémicelluloses...).

Ces structures confèrent aux tissus des propriétés mécaniques essentielles : résistance à la traction, à la compression, élasticité, rigidité et rôle de soutien (ex : os, bois). Elles sont dynamiques, car continuellement synthétisées, remodelées ou rigidifiées (minéralisation, lignification).

La cohésion intercellulaire dépend aussi de jonctions spécialisées : jonctions serrées (permettant étanchéité et maintien de la polarité) ; jonctions d'adhérence, desmosomes (permettant ancrage et résistance mécanique) ; jonctions gap et plasmodesmes (permettant communication entre cellules) ; hémidesmosomes (permettant ancrage des cellules à la MEC).

Ces jonctions sont connectées au cytosquelette : filaments d'actine, filaments intermédiaires et microtubules. Ces protéines assurent forme, stabilité, mouvement intracellulaire et ancrage des cellules.

## PLAN

### I. La cohésion des cellules permise par la présente d'une matrice extracellulaire

#### A. Composition des matrices extracellulaires animales et végétales

1. Deux matrices aux compositions différentes
2. Des matrices composées d'éléments fibreux
  - a. *Le collagène de la matrice animale*
  - b. *La cellulose de la paroi*
3. Présence d'une substance fondamentale
  - a. *Les GAG (Glycosaminoglycans) de la matrice animale*
  - b. *Les pectines de la paroi*
4. Des matrices maintenues grâce à des éléments de liaison
  - a. *La fibronectine et la laminine de la matrice animale*
  - b. *Les extensines et hémicelluloses de la paroi*

#### B. Des propriétés assurées par les matrices extracellulaires

1. Cohésion et rigidité des tissus
2. Des propriétés physiques : résistance à la traction et à la compression, élasticité potentielle
3. Perméabilité et échanges entre les cellules
4. Rôle de support et de soutien

#### C. Des structures dynamiques

1. Synthèse des matrices extracellulaires : exemple du collagène et de la cellulose
2. Rigidification des matrices

### II. La cohésion et l'interaction des cellules reposent sur des protéines particulières

#### A. Les jonctions cellules-cellules des tissus

1. Les jonctions serrées ou jonctions « étanches » entre les cellules animales
2. Les jonctions d'adhérence ou d'ancrage entre les cellules animales
3. Les jonctions lacunaires : jonctions GAP des cellules animales et plasmodesmes des végétales

#### B. Les jonctions cellules-matrice des tissus animaux : exemple des hémidesmosomes

#### C. Interactions avec les éléments du cytosquelette

1. Les filaments d'actines
2. Les filaments intermédiaires (présents uniquement chez les cellules animales)
3. Les microtubules

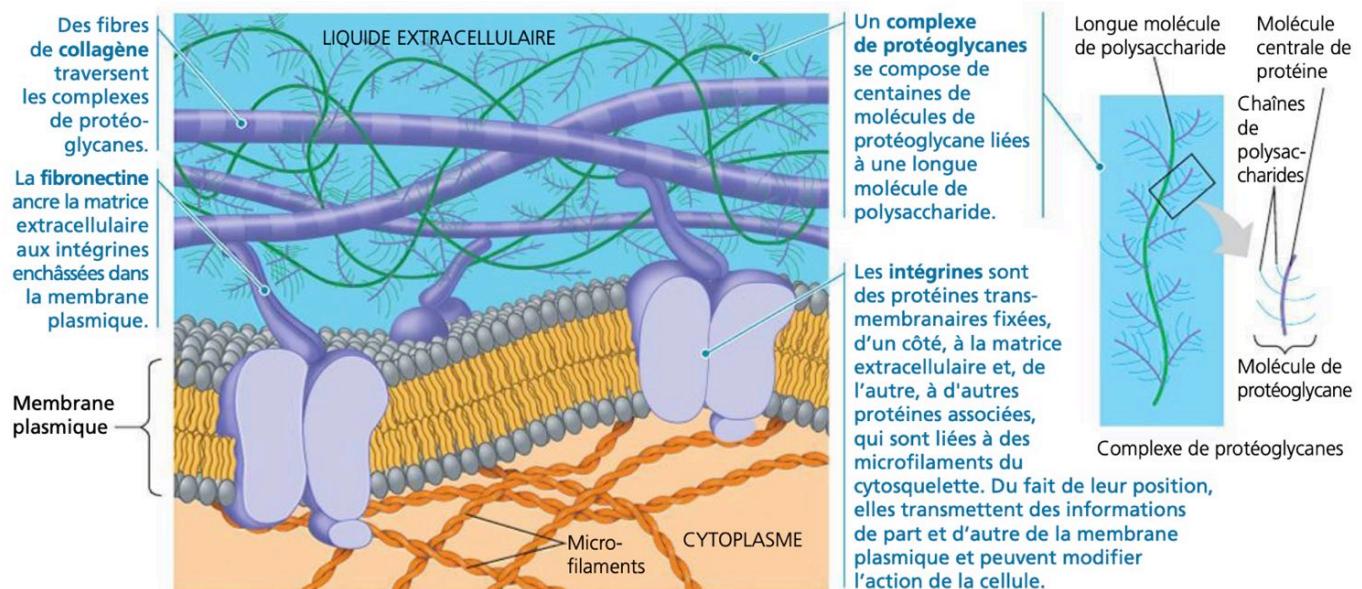
## ILLUSTRATIONS

|   |   |
|---|---|
| Fig. 1 : Schéma de la matrice extracellulaire animale © Campbell .....  | 3 |
| Fig. 2 : Schéma de la structure 3D de la paroi des végétaux & composition associée ©Dunod, 2005 .....   | 3 |
| Fig. 3 : Structure et stabilité du collagène © Shoulders, Annual Review of Biochemistry 2009 .....  | 3 |
| Fig. 4 : Structure du glucose ©Peycru, Dunod - 2019 .....   | 4 |
| Fig. 5 : Hémiacétalisation du glucose et cyclisation ©Peycru- Dunod 2019 .....  | 4 |
| Fig. 6 : Liaison osidique permettant la formation de la cellobiose ©Peycru- Dunod 2019 .....  | 4 |
| Fig. 7 : Structure d'un GAG : l'acide hyaluronique © cahiers-ophtalmologie.fr .....   | 4 |
| Fig. 8 : Structure d'un acide galacturonique © Wikimedia .....  | 4 |
| Fig. 9 : Structure de l'hydroxyproline .....  | 4 |
| Fig. 10 : Structure d'une intégrine ©Dunod, 2005 .....  | 5 |
| Fig. 11 : Structure de la chitine © Wikimedia .....   | 5 |
| Fig. 12 : Observation de protoplastes en cours de formation © planet-vie.ens.fr .....   | 5 |
| Fig. 13 : Fermeté et activité de la polygalacturonase lors de la maturation de la tomate ©La transgénèse végétale - Elsevier Eds .....  | 5 |
| Fig. 14 : Principales étapes de la synthèse du collagène fibrillaire dans un fibroblaste (les oses et groupement hydroxyles ne sont pas dessinées aux étapes 11 et 12 afin de faciliter la lecture) ©Dunod, BCPST, 2019 ..... | 5 |
| Fig. 15 : Aspect du collagène chez une personne saine (A) et d'une personne atteinte du SED (de type dermatosparaxis) ©Wikipedia .....  | 6 |
| Fig. 16 : Mise en place du phragmoplaste lors de la cytokinèse au sein des cellules ©Breuil, 2007 .....   | 6 |
| Fig. 17 : Orientation des fibrilles de cellulose selon les microtubules © Speicher et al, 2018 .....  | 6 |
| Fig. 18 : Structure de la lignine © SEGARRA et al (2014) .....  | 6 |
| Fig. 19 : Schéma et photographie au MET de jonctions serrées © Peycru, Dunod 2019 .....   | 6 |
| Fig. 20 : Ceinture d'adhérence ©Callen Dunod, 2005 .....  | 7 |
| Fig. 21 : Observation au MET de jonction communicantes © Peycru, Dunod ; 2019 .....   | 7 |
| Fig. 22 : Architecture des jonctions communicantes ©Peycru, Dunod, 2019.....  | 7 |
| Fig. 23 : Comparaison des jonction adhérente et desmosome © COOPER (2019) .....   | 7 |
| Fig. 24 : Transport par voie apoplasmique et symplasmique © encyclopedie-environnement .....  | 8 |
| Fig. 25 : Cellules endothéliales vues au microscope optique. Bleu : noyaux (DAPI). Vert microtubules (anticorps). Rouge : actine (phalloïdine) ©Wikimedia .....   | 8 |
| Fig. 26 : MET et schéma de l'actine ©Callen, Dunod - 2005 .....   | 8 |
| Fig. 27 : Observation de microtubules au MET ©Callen - Dunod, 2005 .....  | 8 |
| Fig. 28 : Observation de filaments intermédiaires ©Callen, Dunod, 2005 .....  | 9 |
| Fig. 29 : Observation et schéma d'une coupe de flagelle ©Callen - Dunod, 2005.....  | 9 |
| Fig. 30 : Immunofluorescence de lamine A et C en rouge et lamine B en vert, au niveau d'un noyau de cellule ostéosarcome humaine ©Dittmer et al, 2011 .....   | 9 |

## LEXIQUE

|                       |                               |                               |                  |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Actine                | Élastine                      | Intégrines                    | Microfibrilles   |
| Agrécane              | Extensine                     | Jonctions d'adhérence         | Microtubules     |
| Cadhérines            | Fibronectine                  | Jonctions serrées             | Minéralisation   |
| Cellulose             | Filaments intermédiaires      | Lame basale                   | Paroi primaire   |
| Claudines / Occludine | GAP (jonctions communicantes) | Lamelle moyenne               | Paroi secondaire |
| Collagène             | GAG (glycosaminoglycans)      | Laminine                      | Pectines         |
| Connexines            | Hémidesmosome                 | Lignine                       | Phragmoplaste    |
| Cytosquelette         | Hémicellulose                 | Matrice extracellulaire (MEC) | Plasmodesme      |
| Desmosome             | Hydroxyapatite                |                               | Protéoglycans    |
| Desmotubule           | Hydroxyproline                |                               | Tropocollagène   |

## QUELQUES FIGURES UTILES



▲ Figure 6.30 La matrice extracellulaire d'une cellule animale. La structure et la composition de la matrice extracellulaire varient selon le type de cellule. Dans cet exemple, trois sortes de glycoprotéines sont illustrées: les protéoglycans, les fibres de collagène et les fibronectines.

Fig. 1 : Schéma de la matrice extracellulaire animale © Campbell

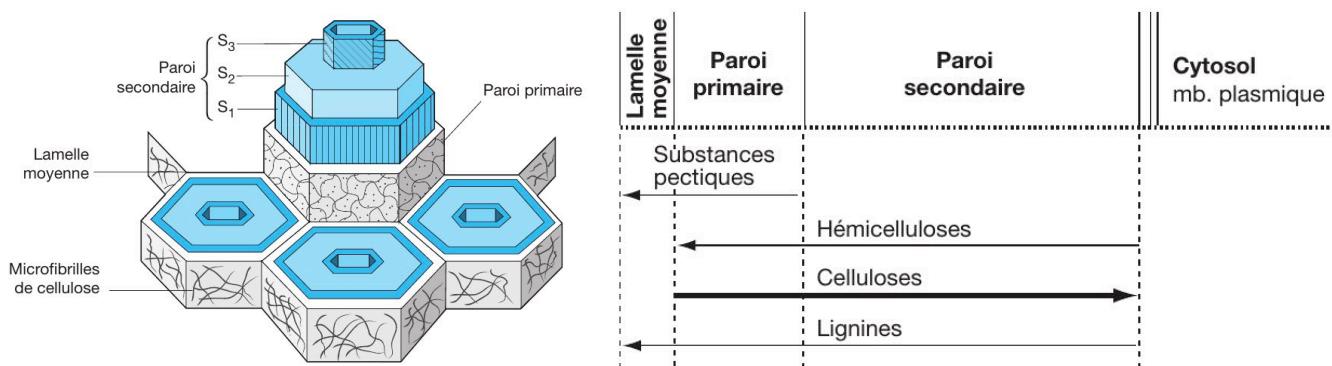


Fig. 2 : Schéma de la structure 3D de la paroi des végétaux & compositions associées ©Dunod, 2005

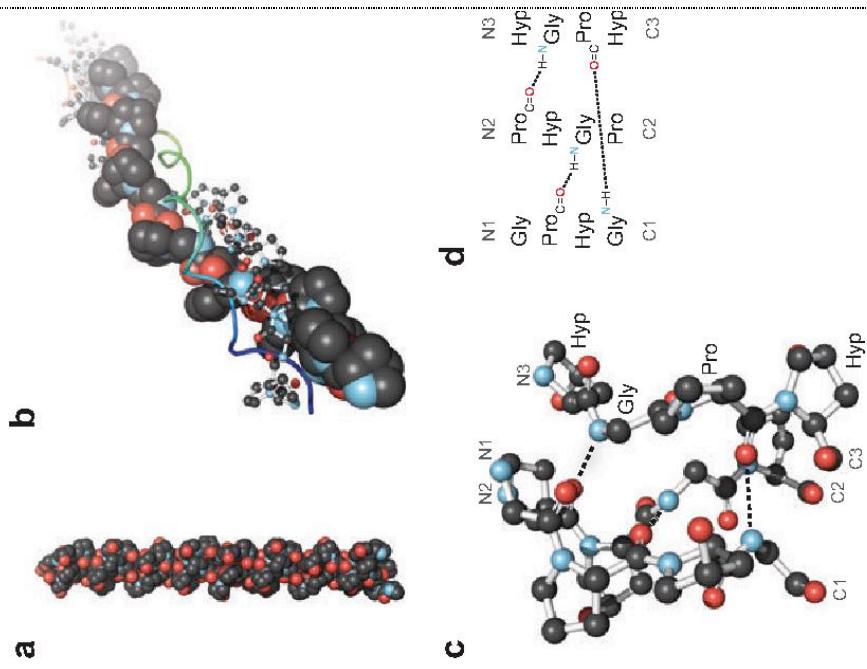
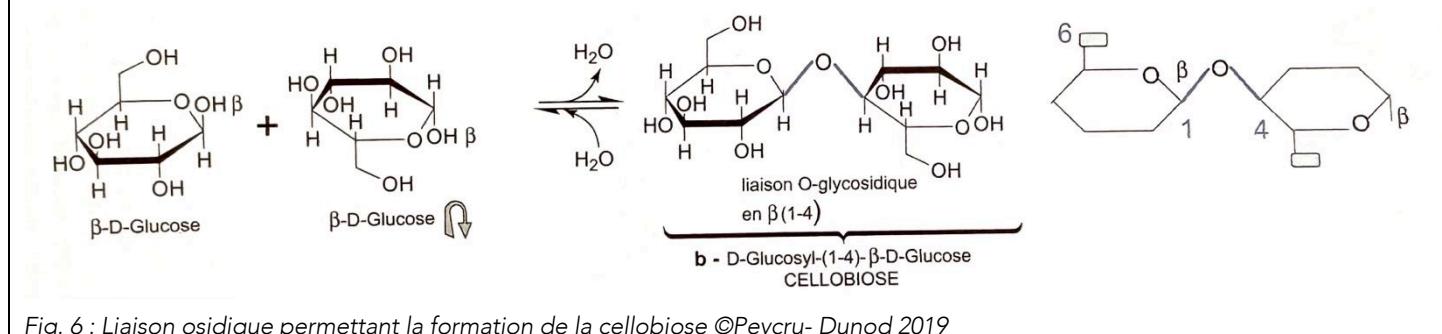


Fig. 3 : Structure et stabilité du collagène © Shoulders, Annual Review of Biochemistry 2009

## Point sur les glucides

| Formule développée du glucose              | Cyclisation du glucose                                     |
|--|--|
| <p>D-glucose <math>C_6H_{12}O_6</math></p> | <p>Fig. 4 : Structure du glucose ©Peycru, Dunod - 2019</p> |

## Liaison entre deux oses :



## Structure chimique de l'acide hyaluronique

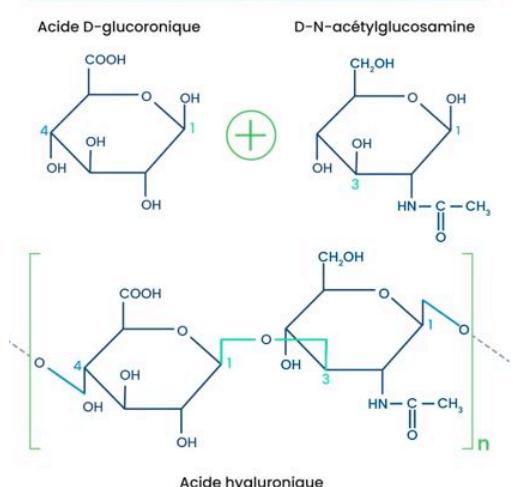


Fig. 7 : Structure d'un GAG : l'acide hyaluronique © [cahiers-ophtalmologie.fr](http://cahiers-ophtalmologie.fr)

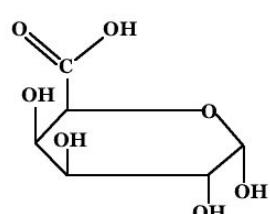


Fig. 8 : Structure d'un acide galacturonique © Wikimedia

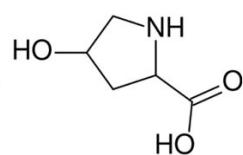


Fig. 9 : Structure de l'hydroxyproline

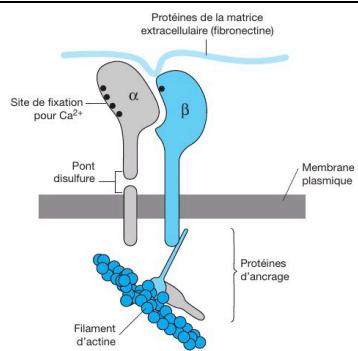


Fig. 10 : Structure d'une intégrine ©Dunod, 2005

Figure 23

**Intégrines**  
Les intégrines sont des protéines transmembranaires dont le domaine cytosolique est lié au cytosquelette et le domaine extracellulaire à la matrice extracellulaire. Les intégrines des hémidesmosomes se lient aux filaments intermédiaires du cytosquelette.

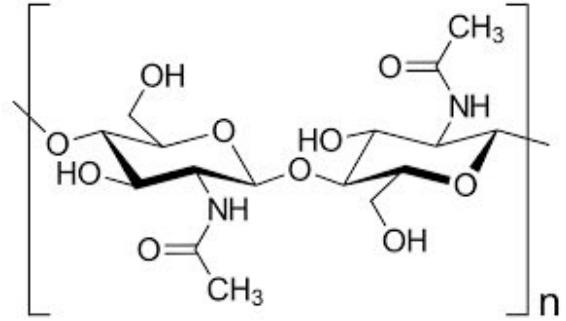


Fig. 11 : Structure de la chitine © Wikimedia

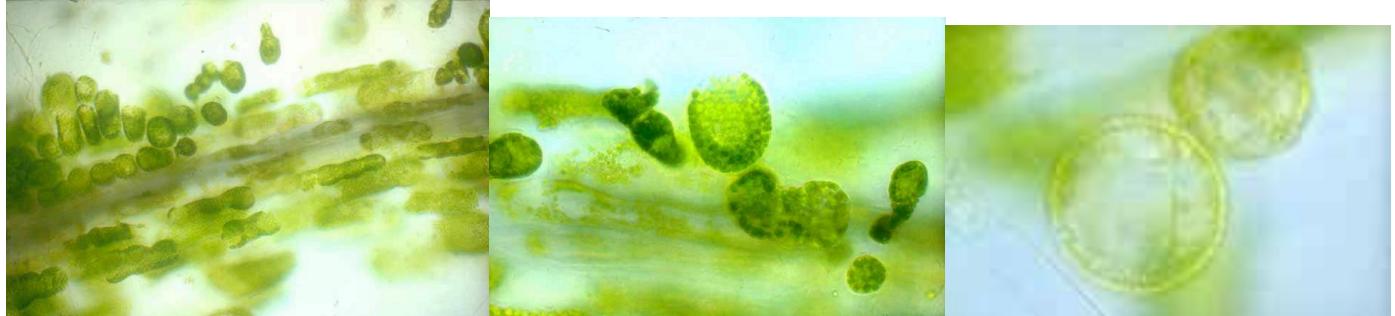
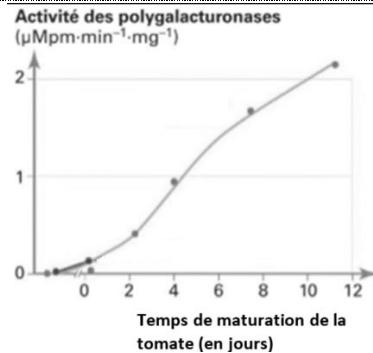
Fig. 12 : Observation de protoplastes en cours de formation © [planet-vie.ens.fr](http://planet-vie.ens.fr)

Fig. 13 : Fermeté et activité de la polygalacturonase lors de la maturation de la tomate ©La transgénèse végétale - Elsevier Eds

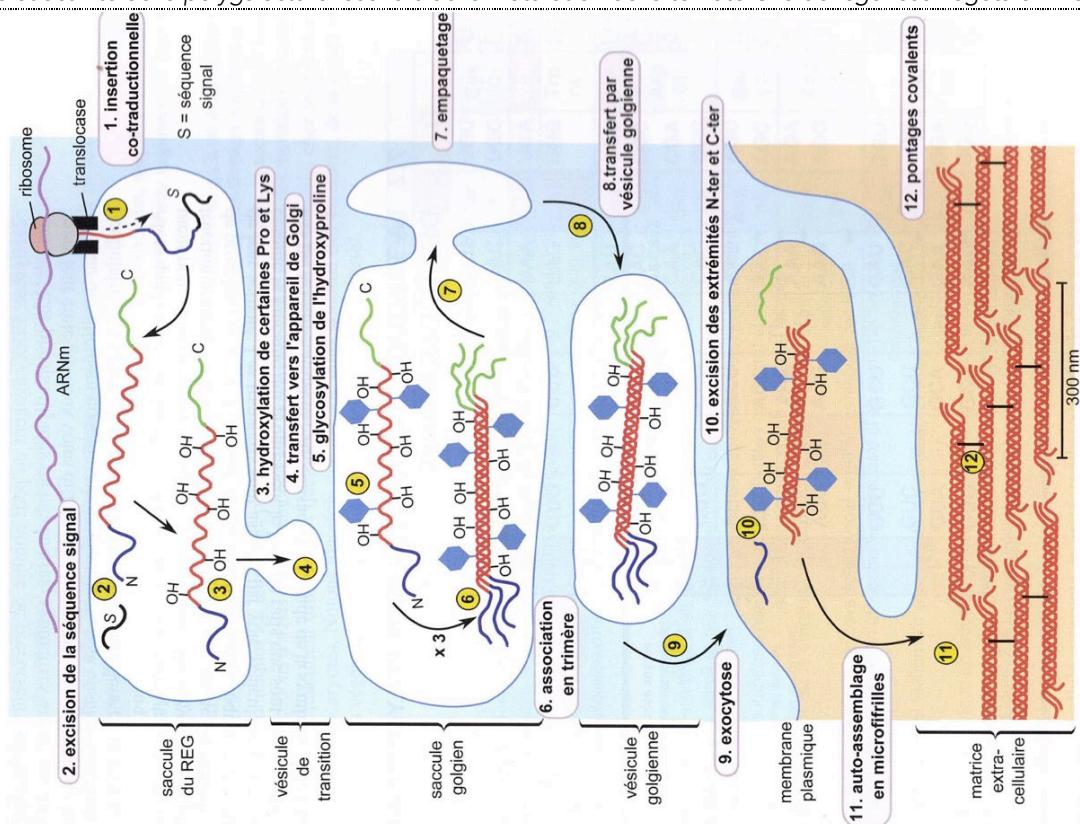


Fig. 14 : Principales étapes de la synthèse du collagène fibrillaire dans un fibroblaste (les oses et groupements hydroxyles ne sont pas dessinés aux étapes 11 et 12 afin de faciliter la lecture) ©Dunod, BCPST, 2019

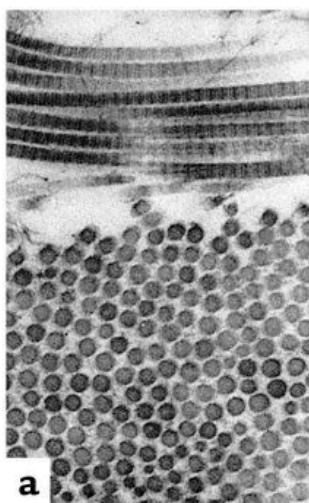


Fig. 15 : Aspect du collagène chez une personne saine (A) et d'une personne atteinte du SED (de type dermatosparaxis)  
©Wikipedia

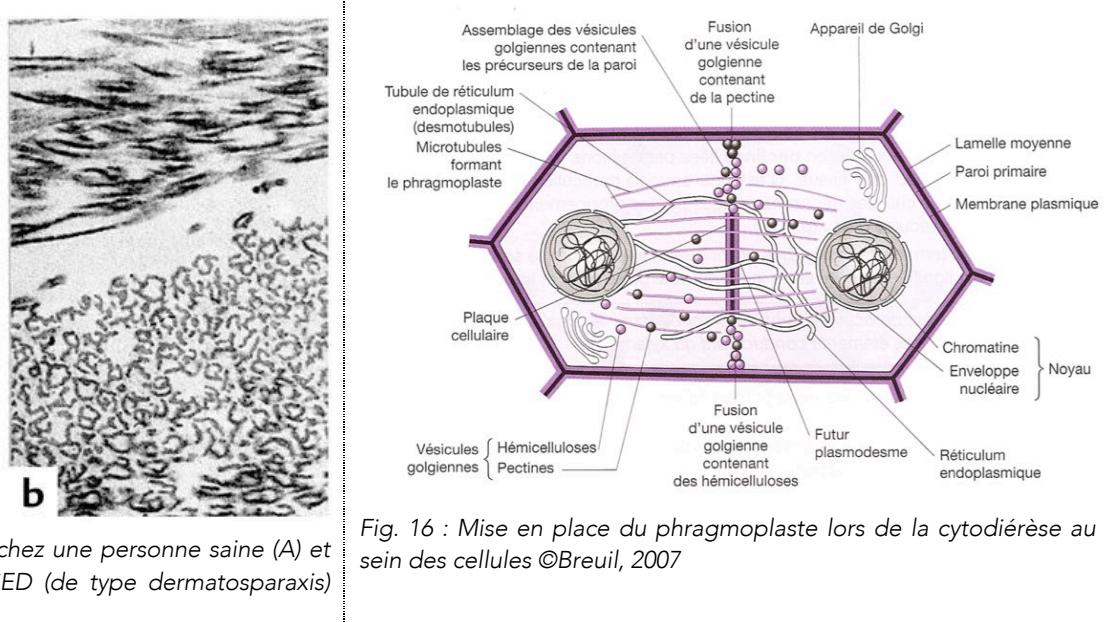


Fig. 16 : Mise en place du phragmoplaste lors de la cytokinèse au sein des cellules ©Breuil, 2007

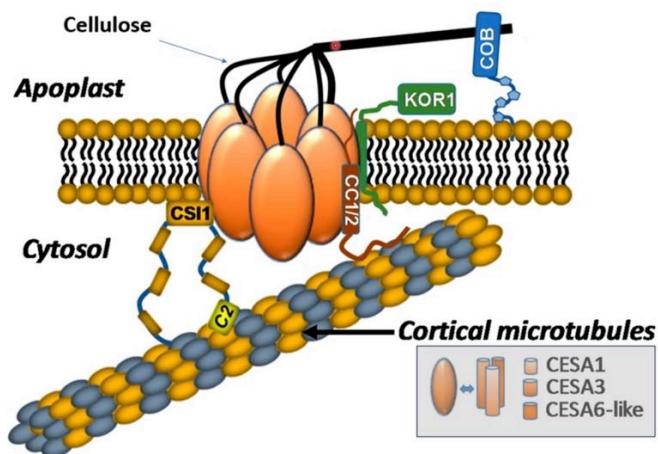


Fig. 17 : Orientation des fibrilles de cellulose selon les microtubules © Speicher et al, 2018

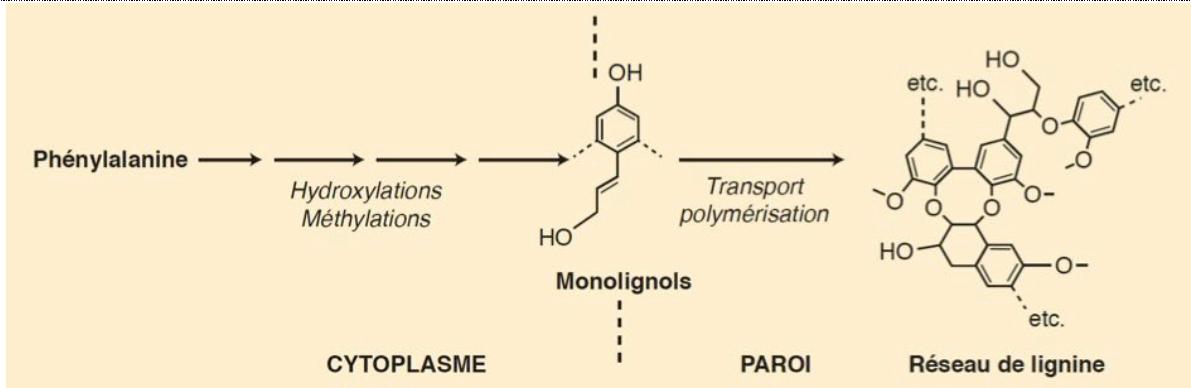
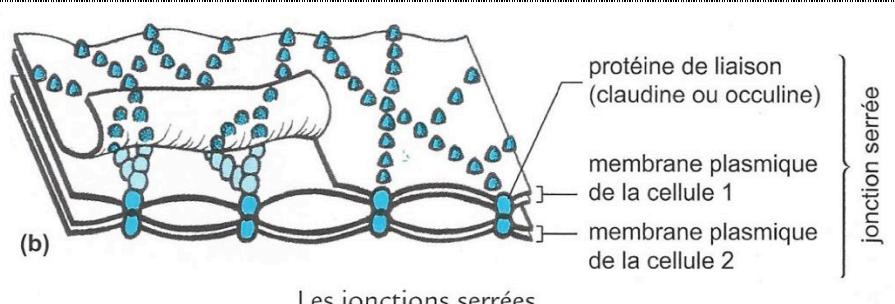


Fig. 18 : Structure de la lignine © SEGARRA et al (2014)



(a) jonction serrée obtenue par cryodécapage  $\times 24\,000$  (Cliché Labo. BG, Orsay, « Biologie cellulaire », J.-C. Callen, 2<sup>e</sup> éd. Dunod, 2005.), (b) schéma de l'organisation moléculaire d'une jonction serrée.

Fig. 19 : Schéma et photographie au MET de jonctions serrées © Peycru, Dunod 2019

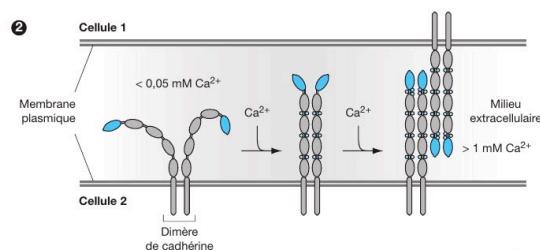
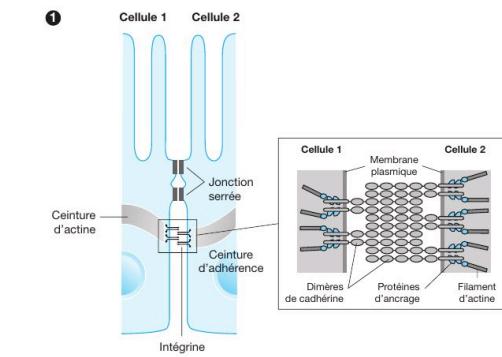
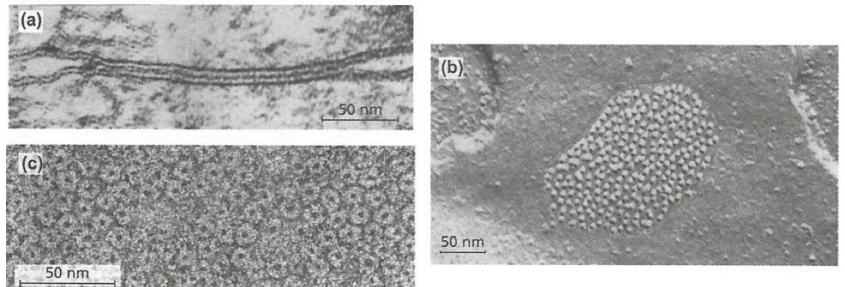


Figure 19  
Ceinture d'adhérence

1. Les ceintures d'adhérence assurent une liaison physique entre le cytosquelette d'actine, par l'intermédiaire de protéines adaptatives, des cellules épithéliales adjacentes par des interactions homophiles entre les domaines extracellulaires des cadhérines. 2. Ces interactions homophiles nécessitent du calcium qui rigidifie la partie extracellulaire

Fig. 20 : Ceinture d'adhérence © Callen Dunod, 2005



La Jonction communicante.

(a) jonction communicante observée en coupe ( $\times 85\ 000$ ), (b) observations par cryodécapage ( $\times 85\ 000$ ) et (c) en coloration négative. (Clichés Labo. BG et BC4, Orsay, « Biologie cellulaire », J.-C. Callen, 2<sup>e</sup> éd. Dunod, 2005.).

Fig. 21 : Observation au MET de jonctions communicantes © Peycru, Dunod ; 2019

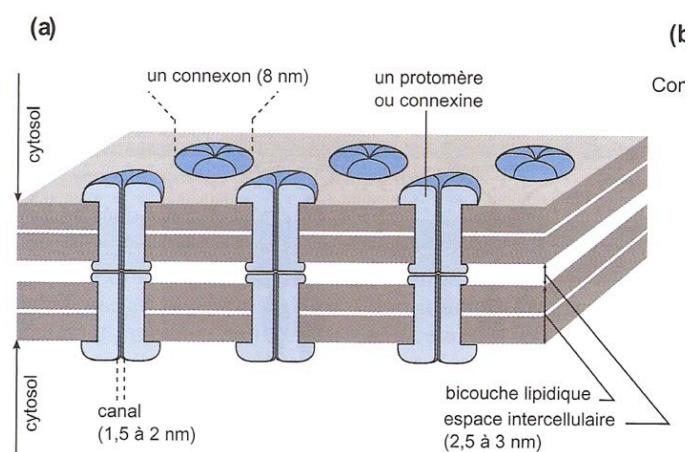


Fig. 22 : Architecture des jonctions communicantes © Peycru, Dunod, 2019

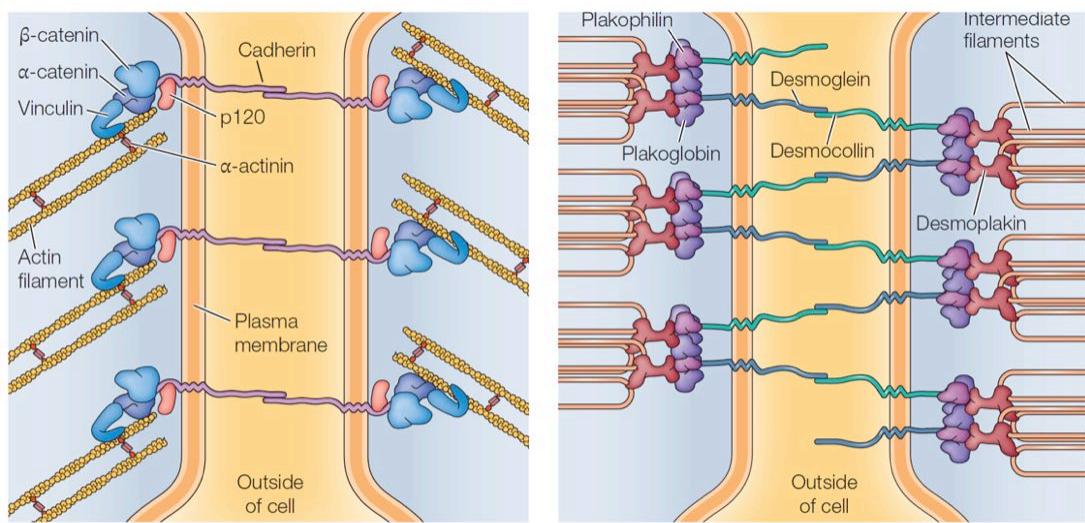


Fig. 23 : Comparaison des jonction adhérente et desmosome © COOPER (2019)

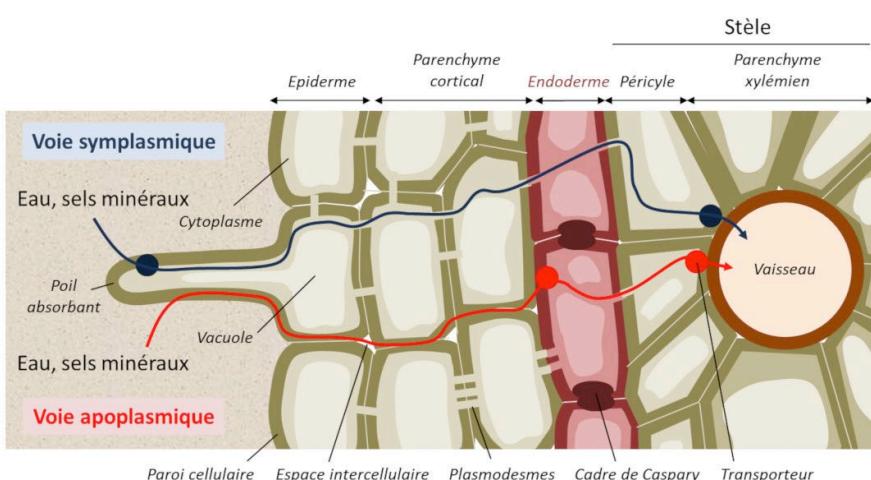


Fig. 24 : Transport par voie apoplasmique et symplasmique © [encyclopedie-environnement](http://encyclopedie-environnement.fr)

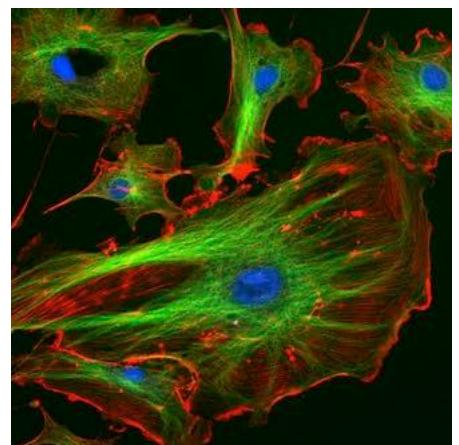


Fig. 25 : Cellules endothéliales vues au microscope optique. Bleu : noyaux (DAPI). Vert : microtubules (anticorps). Rouge : actine (phalloïdine) ©Wikimedia

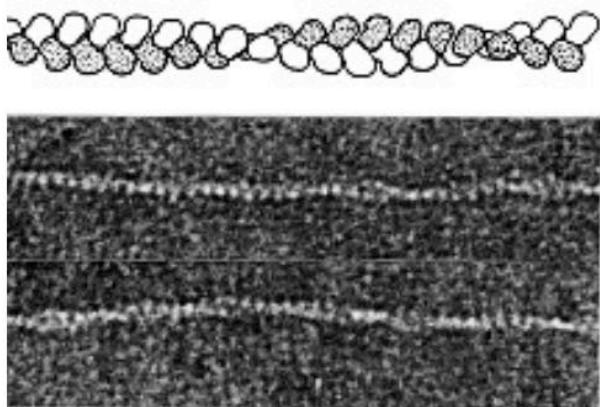


Figure 11.8

Organisation moléculaire des microfilaments

Les monomères d'actine en forme de court haltère s'organisent pour former une structure linéaire hélicoïdale dont la périodicité est de 37 nm.

Fig. 26 : MET et schéma de l'actine ©Callen, Dunod - 2005

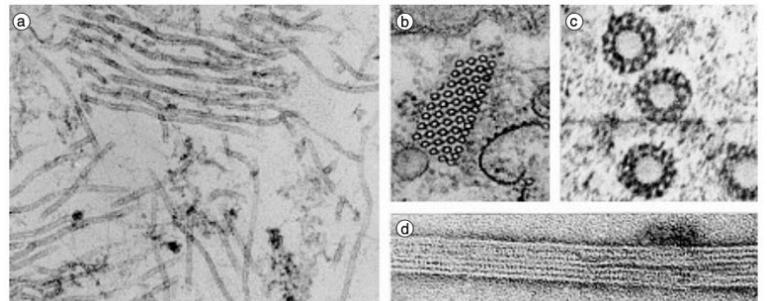


Figure 11.1

Microtubules observés en microscopie électronique

(a) coupe longitudinale (cellule de Protiste du genre *Euploites* ;  $\times 80\ 000$ ) ; (b) coupe transversale d'un faisceau de microtubules (cellule de Protiste du genre *Anisonema* ;  $\times 60\ 000$ ) ; (c) coupe transversale à fort grossissement, montrant les 13 protofilaments constitutifs. Un microtubule est un long cylindre dont la paroi a 5 nm d'épaisseur ; (d) protofilaments observés en coloration négative ( $\times 220\ 000$ ). Clichés Labo. BG et M. Lemullois, Labo. BC4, Orsay.

Fig. 27 : Observation de microtubules au MET ©Callen - Dunod, 2005

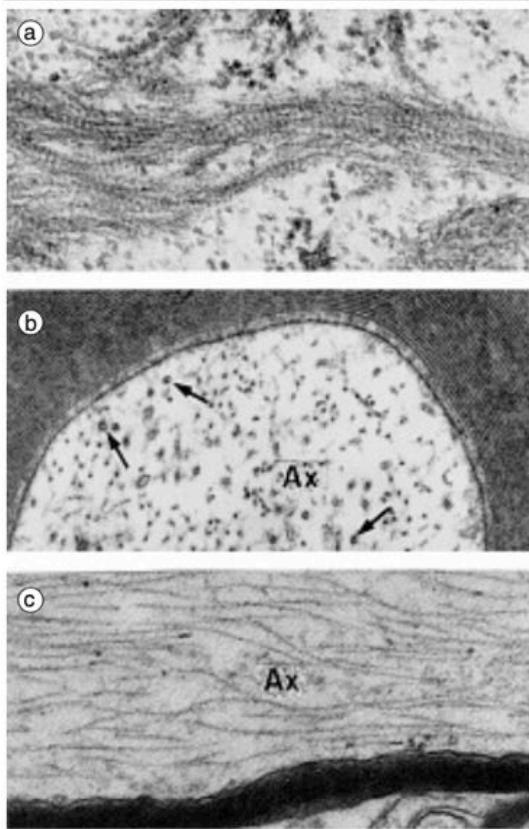


Figure 11.3

Filaments intermédiaires observés en microscopie électronique

(a) cellule épithéliale en culture : coupe longitudinale d'un faisceau de tonofilaments de kératine ; (b) et (c) coupes d'axones (Ax) myélinisés montrant de nombreux neurofilaments et quelques microtubules (flèches). Clichés Labo BC4 et Labo. BG, Orsay.

Fig. 28 : Observation de filaments intermédiaires ©Callen, Dunod, 2005

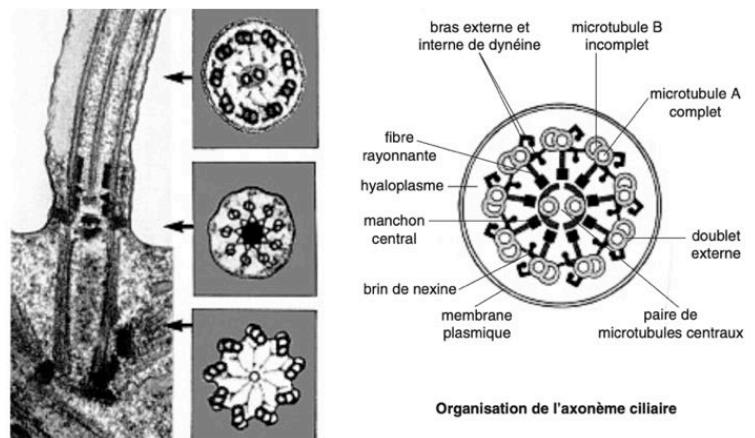


Figure 11.13

Coupes transversales et longitudinale de cil ou de flagelle eucaryotique. L'axonème est constitué de 9 doublets de longs microtubules proches de la membrane plasmique, disposés en anneau, parallèles à l'axe et partiellement soudés par 3 protofilaments (le microtubule le plus interne est complet). Un doublet axial formé de deux microtubules parallèles, séparé l'un de l'autre, court également tout du long du cil ; ils semblent noyés dans un manchon de matériel dense. Le corpuscule basal, qui ancre l'axonème dans le cytoplasme, a la même structure qu'un centriole.  $\times 67\,500$ . Clichés M. Lemullois, Labo. BC4, et Labo-BG, Orsay.

Fig. 29 : Observation et schéma d'une coupe de flagelle ©Callen - Dunod, 2005

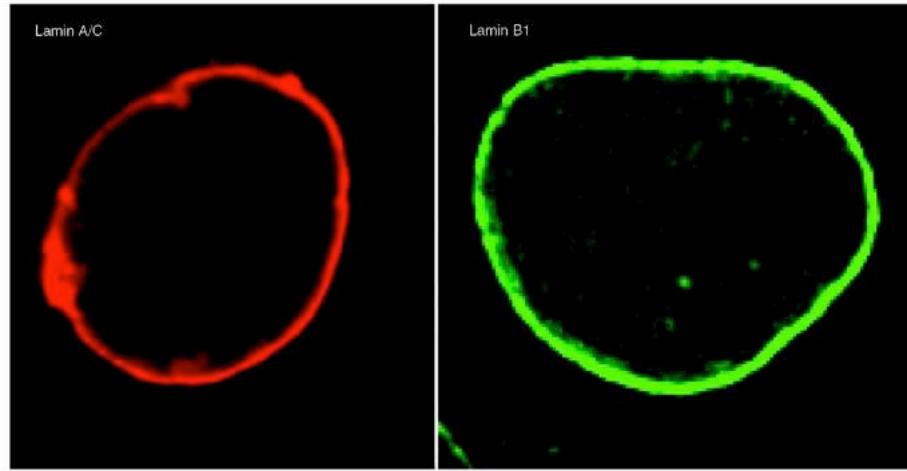


Fig. 30 : Immunofluorescence de lamine A et C en rouge et lamine B en vert, au niveau d'un noyau de cellule ostéosarcome humaine ©Dittmer et al. 2011