

Les tissus végétaux

aspects théoriques et pratiques

Les objectifs de cette séance sont les suivants :

Manipulations :

- Réaliser une coupe et la colorer au carmino-vert de Mirande (conservation quelques années)
- Analyser des morceaux de bois (feuillus et résineux)
- détecter les réserves en amidon et protéines des tissus des graines (albumen)
- détecter l'activité amylasique de l'albumen de graines

[PRAT « L'expérimentation en physiologie végétale » Hermann éditeurs]

Analyse :

- analyser des coupes commerciales de feuilles, pétioles, tiges, racines de Mono et Dicotylédones, dans le but de reconnaître
 - (1) chaque tissu,
 - (2) le type d'organe,
 - (3) le type de plante,
 - (4) d'éventuelles adaptations [niveau avancé]
- savoir faire et utiliser un schéma conventionnel de coupes de végétaux

Les apports théoriques serviront à comprendre les objets étudiés. Il ne s'agit pas d'un cours complet d'anatomie de BV!

Table des matières

1. Présentation des tissus végétaux.....	3
2. Feuilles et tiges.....	7
3. Structure du bois.....	12
4. Exploitation du bois	
5. Racine.....	25

1. Présentation des tissus végétaux

Les tissus se forment à partir des méristèmes, massifs organisés de jeunes cellules indifférenciées qui sont le siège de divisions orientées actives. Ces méristèmes peuvent être fonctionnels peu de temps (plantes annuelles), ou pendant de nombreuses années.

On distingue deux types de méristèmes:

- les méristèmes primaires, d'origine embryonnaire, situés à l'apex des tiges (méristèmes caulinaires) et des racines (méristèmes racinaires), et à la base des feuilles. Ils forment les tissus primaires qui constituent la structure primaire.
- les méristèmes secondaires, phellogène et cambium, apparaissent après les méristèmes primaires. Ils assurent la croissance en épaisseur et donnent les tissus secondaires qui constituent la structure secondaire.

1. Tissus de protection

L'épiderme est une assise continue de cellules qui recouvre les organes aériens et les protège contre la dessiccation et les agressions extérieures tout en permettant de réguler les échanges gazeux avec l'atmosphère. C'est un tissu vivant constitué d'une assise unique de cellules de revêtement jointives, de cellules stomatiques et parfois de poils. L contient des cellules de revêtement, des stomates et parfois des poils.

2. Parenchymes

Les parenchymes sont des tissus peu différenciés qui sont le siège des fonctions élaboratrices de la plante (photosynthèse et stockage des réserves). Les cellules parenchymateuses sont en général isodiamétriques ou allongées, plus ou moins arrondies dans les angles. Les espaces qu'elles délimitent alors entre elles sont appelés méats ou lacunes selon leur taille.

- parenchyme chlorophylliens ou assimilateurs, palissadique ou lacuneux (Dicotylédones)
- parenchymes de réserve
 - rôle dans la mise en réserve de matériaux élaborés par les cellules chlorophylliennes,
 - présents dans de nombreux organes tels que les racines, les tiges souterraines (ou rhizomes), les tubercules, les tiges aériennes, les fruits et les graines.
- parenchyme aquifère, qui contient de l'eau chez les plantes succulentes
- parenchyme aérifère qui contient de l'air chez les plantes aquatiques.

Dans les organes âgés, souvent le parenchyme devient sclérifié par lignification des parois de cellules parenchymateuses dans des organes dont la croissance est achevée.

3. Tissus conducteurs

Chez les Angiospermes, les gymnospermes et les fougères, la circulation des sèves est assurée par un appareil conducteur composé de deux types de tissus : le xylème et le phloème.

Xylème

Le xylème des Angiospermes contient trois types d'éléments : des fibres de type trachéide qui assurent le soutien, des cellules de parenchyme et des vaisseaux qui assurent la conduction. Selon le dessin de la lignification on distingue les vaisseaux : annelés, spiralés, rayés, réticulés, ponctués. Les cellules parenchymateuses dites "de contact" qui bordent les vaisseaux assurent la sécrétion des ions dans le xylème ou des sucre au début du printemps (sève brute d'érable = sirop d'érable).

Phloème

Le phloème, ou liber, conduit la sève élaborée, solution de substances organiques riches en glucides, des feuilles vers les autres organes.

LE PHLOÈME	éléments conducteurs (tissu vivant)	- cellules allongées disposées en file communiquant entre elles par des pores qui interrompent la paroi cellulosique, - pas de noyau ni de vacuole.
	cellules compagnes	- bordent les tubes criblés.
	cellules parenchymateuses	- de réserve, sécrétrices.
	fibres	- cellules à paroi épaisse, lignifiées ou cellulosiques.

4. Tissus de soutien

Ils peuvent être pectocellulosiques (=roses) comme le collenchyme, ou ligneux (=verts) comme le sclérenchyme à parois épaisses, le parenchyme sclérifié à paroi fines et le xylème II au centre de la tige (bois de coeur).

Les tissus de soutien assurent souplesse et rigidité aux organes de la plante. Le collenchyme se forme dans les organes jeunes tandis que le sclérenchyme se rencontre dans les organes dont l'allongement est achevé.

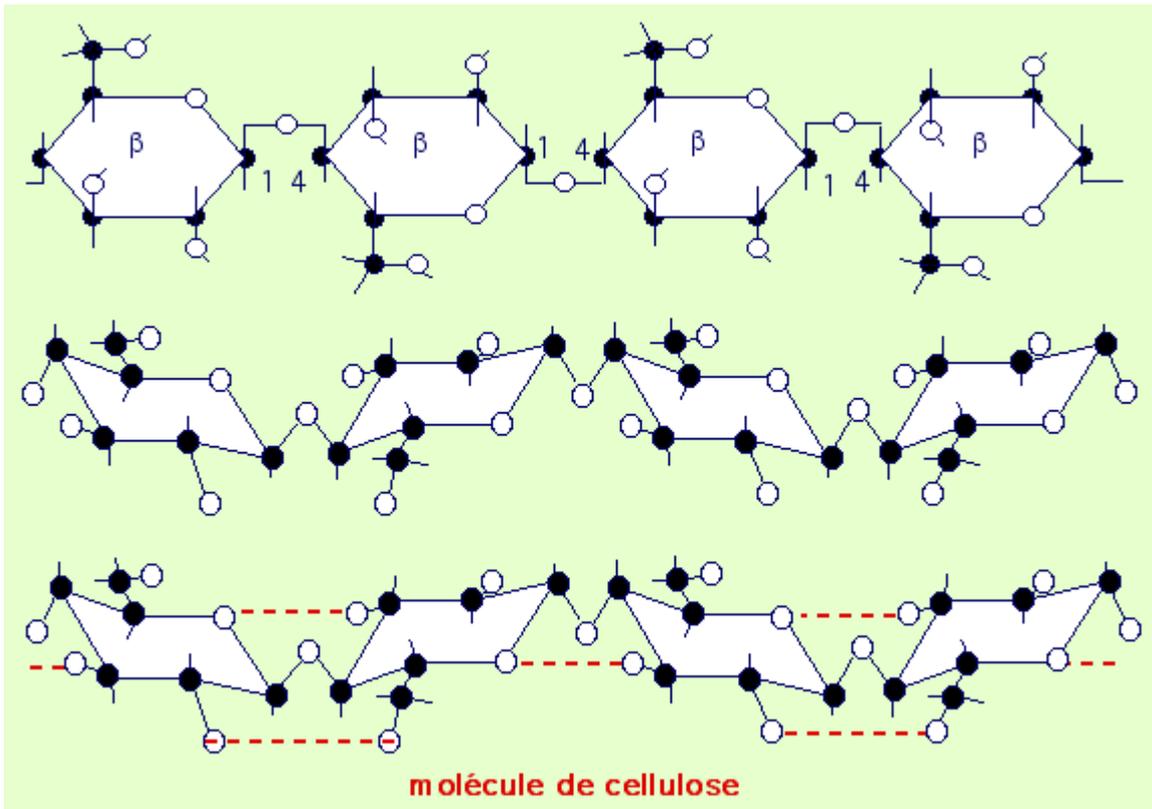
LE COLLENCHYME

Le collenchyme se forme dans les organes jeunes en croissance, aériens essentiellement. C'est un tissu vivant dont les parois sont épaissies par un dépôt de cellulose, ce qui confère à la plante une grande résistance à la flexion et à la traction, une élasticité et une certaine souplesse. Il est généralement situé en anneaux ou en îlots sous l'épiderme des tiges et des pétioles, ou encore accolé à des vaisseaux conducteurs dans les pétioles ou les limbes des feuilles.

LE SCLÉRENCHYME

Le sclérenchyme est le tissu de soutien des organes dont l'allongement est achevé. C'est un tissu constitué de cellules mortes dont les parois sont épaissies par un dépôt de lignine qui confère dureté et rigidité à la plante.

Structure moléculaire de la cellulose



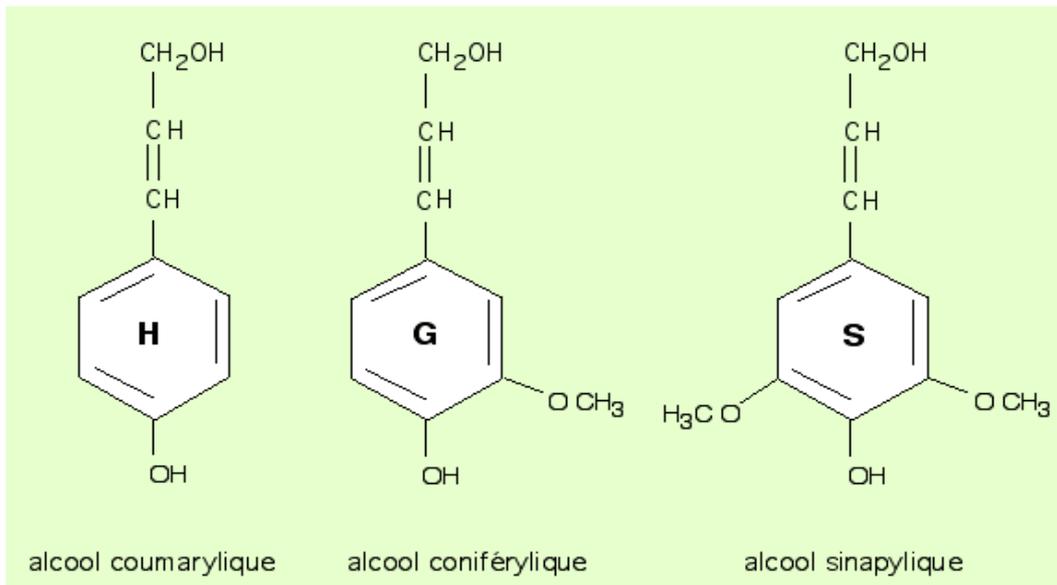
Par suite de la conformation de la molécule de cellobiose, les liaisons osidiques successives (β 1-4) ainsi que les fonctions CH_2OH sont situées alternativement au dessus et au dessous du plan de la molécule. Cette conformation permet de solidifier cette chaîne par des liaisons hydrogène (liaisons H) répétitives. Grâce à cela, la molécule présente une forme linéaire et ne s'enroule pas sur elle-même. En fait, les molécules de cellulose ne sont pas libres mais sont associées entre elles par des liaisons H inter-caténares pour constituer des microfibrilles extrêmement résistantes. La cellulose, associée aux pectines, représente le constituant majeur des parois primaires en assurant à la fois le solidité et une certaine élasticité.

En présence de protons, les liaisons H sont détruites, ce qui permet l'élongation de la paroi des jeunes cellules.

Dans les parois secondaires, la cellulose forme des macrofibrilles. Les macrofibrilles de cellulose en grande quantité, comme dans le collecnhyme, assurent un rôle de soutien.

La lignine

La lignine (ou plutôt les lignines) est un polymère complexe, non linéaire, constitué de monomères constitués d'un squelette phenyl-propane (cycle de 6 carbones . chaîne à 3 carbones)



Les trois monomères principaux de la lignine.

L'acide coniférylique est très abondant (80%) chez les Conifères (Gymnospermes) et l'acide sinapylique (50%) chez les Angiospermes.

La polymérisation n'est pas linéaire et les motifs de base associés entre eux constituent un réseau qui s'interpénètre dans le réseau de cellulose. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce n'est pas la paroi "secondaire" des éléments du bois qui est la plus lignifiée mais plutôt la partie mitoyenne entre les cellules (lamelle moyenne), ce qui renforce la cohésion et donc la résistance mécanique du bois.

Ceci a plusieurs conséquences :

- Dans la plante, l'hydrophobie de la lignine est un élément majeur de la bonne circulation de la sève
- Le bois coupé et séché (matériau) a une densité inférieure à 1. Placé dans l'eau, il continue de flotter car il ne s'imbibe pas d'eau grâce à la lignine.

Les produits de dégradation de la lignine sont un des éléments majeurs de l'humus.

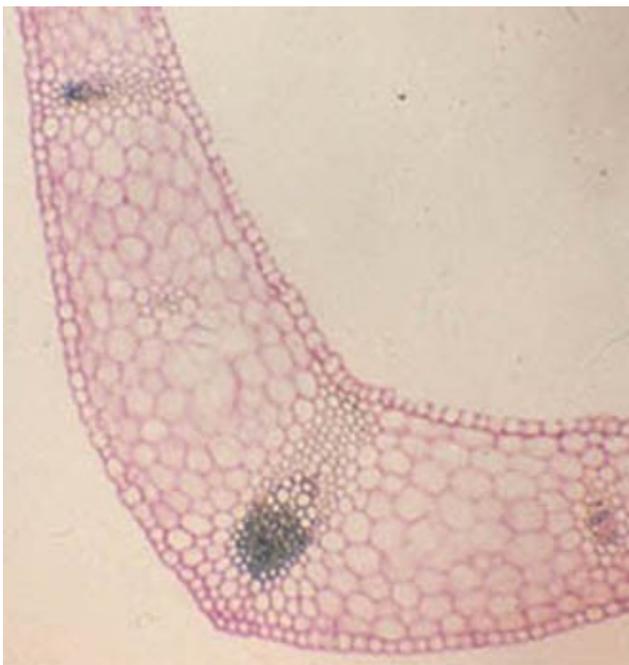
2. Feuilles et tiges

1. Feuilles : limbes et pétioles

1. Tissus primaires d'un limbe de Monocotylédone

Les tissus primaires sont présents chez toutes les plantes jeunes, et persistent en plus ou moins grande quantité chez les plantes adultes. Ils dérivent tous d'un **méristème primaire**, c'est-à-dire qui est présent chez l'embryon dans la graine.

Feuille de Monocotylédone (Muguet) [<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/index.html>] ***



CT en carmino-vert de Mirande

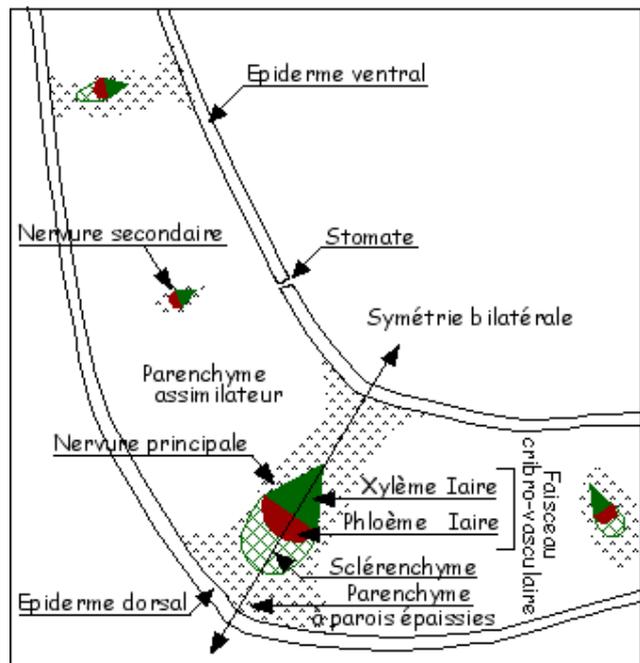


Schéma conventionnel

Diagnose **:

- cellules ayant une forte paroi, colorée par le carmin -> paroi pectocellulosique -> plantes vertes (ni algue, ni champignon)
- phloème I est SUR le xylème I -> tige, ou pétiole ou feuille
- organe à symétrie bilatérale-> pétiole ou limbe de feuille
- organe aplati et étendu -> limbe
- le parenchyme chlorophyllien est homogène et les nervures parallèles (donc coupées toutes en CT). -> limbe de Monocotylédone

-

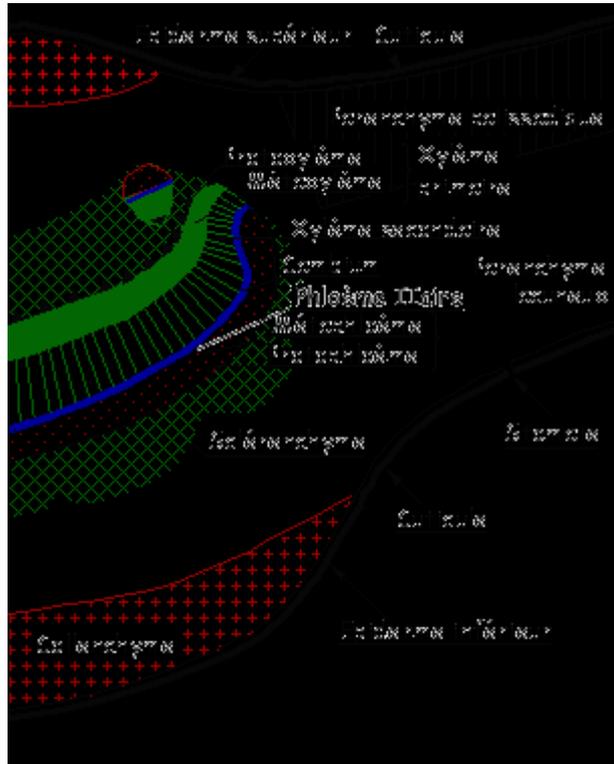
Les différents éléments conducteurs du xylème

1. Tissus secondaires dans une feuille de Dicotylédone

Les tissus secondaires sont produits pas des méristèmes qui ne sont pas présents chez l'embryon. Ils peuvent dériver du méristème primaire (cambium) ou provenir de dédifférenciation (assise subéro phéllodermique). Ces méristèmes possèdent des cellules allongées et produisent des tissus dont les cellules sont alignées radialement. Dans les feuilles, on trouve surtout des tissus conducteurs secondaires.

Seules les Dicotylédones ligneuses ont des tissus secondaires. Les feuilles âgées de Dicotylédone peuvent contenir des tissus secondaires surtout chez les plantes persistantes dont les feuilles vivent de 3 à 4 ans. Les Dicotylédones annuelles n'ont généralement pas de tissus secondaires.

Feuille de Dicotylédone (Houx)



TP: Observer la CT de feuille lierre (coupe maison ou commerciale) -> parenchyme chlorophyllien palissadique ou lacuneux (dicotylédones seulement)

- essayer d'identifier les principaux tissus
- **faire un schéma conventionnel**
- **diagnose**

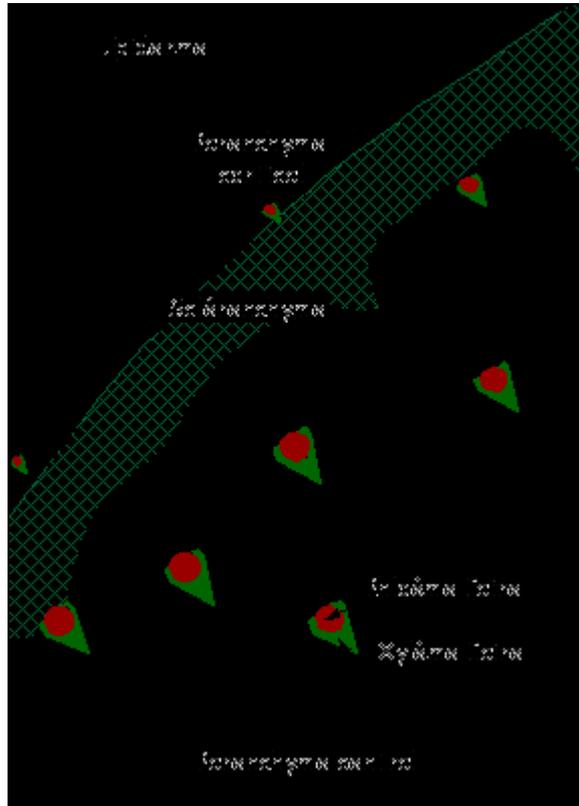
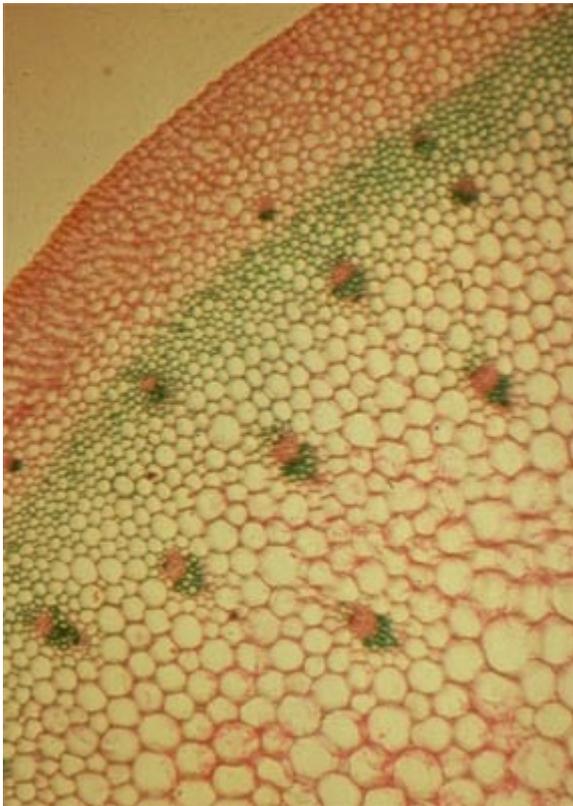
Observer qu'il existe 2 types de parenchymes chlorophylliens (à relier avec la position de la feuille perpendiculaire aux rayons du soleil), que les nervures ne sont pas parallèles (les nervures secondaires sont coupées obliquement et leurs tissus sont de ce fait difficilement identifiables)-> limbe de Dicotylédone

phloème II et xylème II -> Dicotylédone ligneuse

forte cuticule -> feuille adaptée à la sécheresse (été sec ou hiver froid!)

2. Tige de Mono et Dicotylédones

2.1. Organisation d'une tige de Monocotylédone (iris)

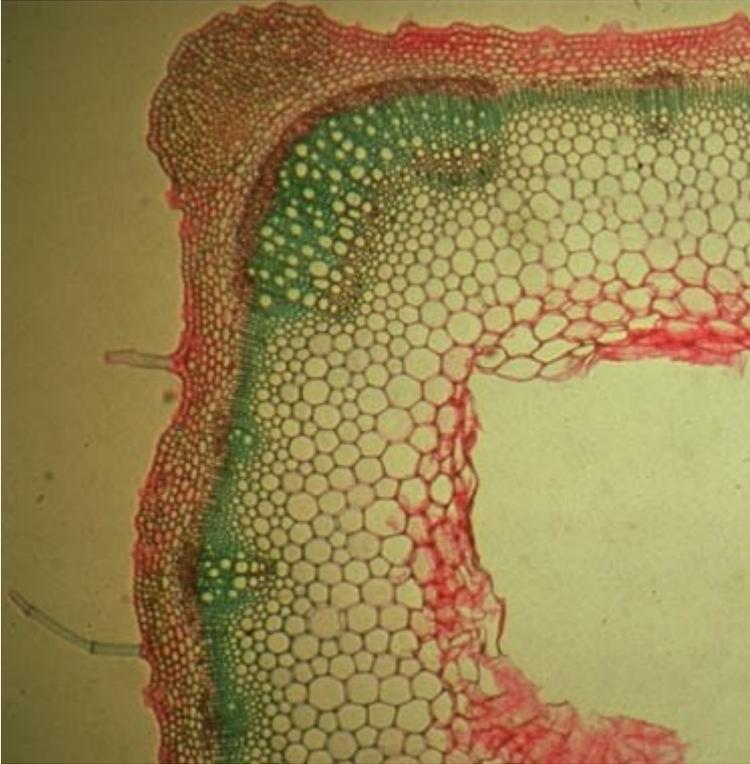


- ...
- phloème I est SUR le xylème I -> tige, ou pétiole ou feuille
- organe à symétrie axiale -> tige

Noter que la croissance en épaisseur chez les Monocotylédones se fait par la multiplication du nombre de faisceaux conducteurs. Le centre de la tige est creux chez les Poacées (ex Graminées), la tige est alors appelée chaume.

[atelier avancé : voir chaume de Graminées, tige de nénuphar]

2. Organisation d'une tige de Dicotylédone



CT de tige de *Lamium* (ortie).

Observer les tissus secondaires, le cambium continu et le collenchyme dans les « coins », à l'origine de la tige carrée des Lamiacées.

Il y a aussi chez les Lamiacées des poils épidermiques porteurs d'huiles essentielles.

Observer la coupe maison de lamiacée (menthe)

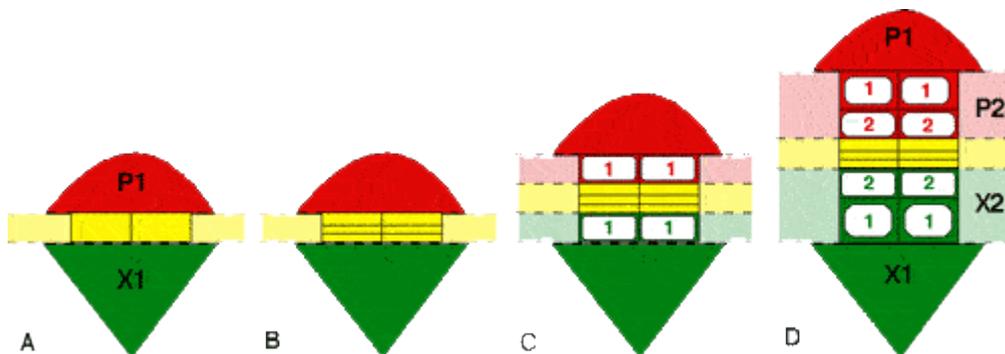
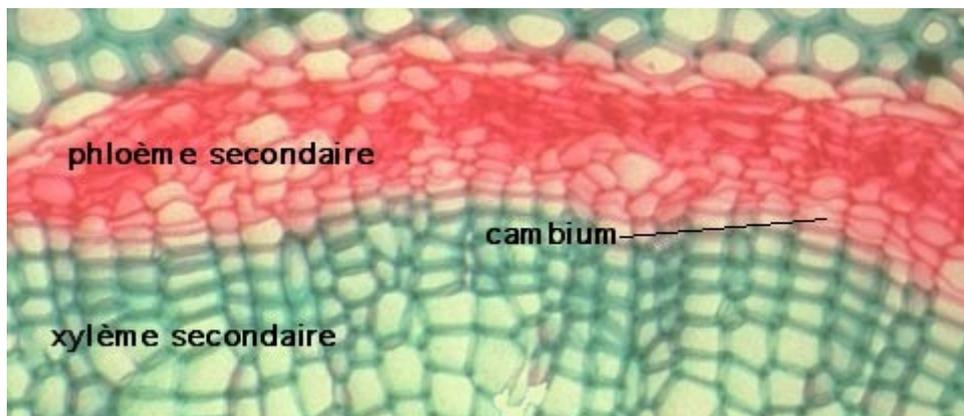
3. Bois

1. Formation du bois

1. Fonctionnement d'un méristème secondaire, le cambium libéro-ligneux

Le cambium libéro-ligneux est un méristème secondaire, car il n'est pas présent dans la graine. Il se forme dans un organe (tige ou racine, voire pétiole) après la croissance en longueur de cet organe et assure la croissance en épaisseur.

Mise en place simultanée de files de cellules de xylème II et phloème II



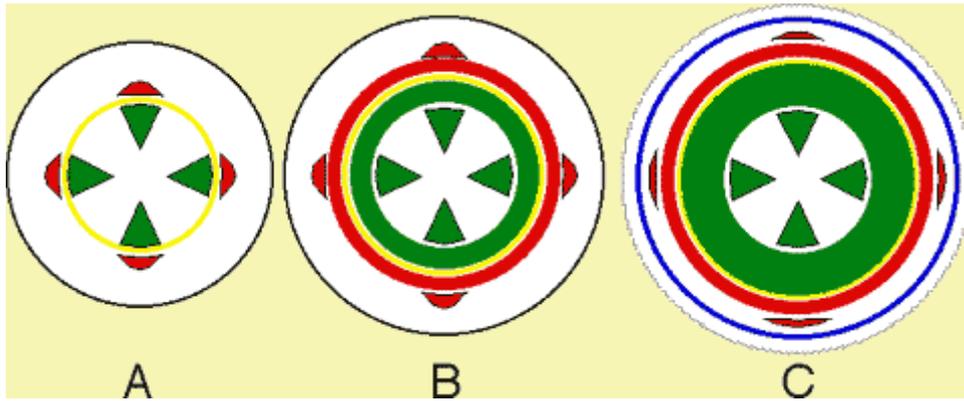
Fonctionnement du cambium libéro-ligneux. (exemple d'une tige)

Les cellules du cambium (en jaune) se divisent et produisent vers l'intérieur des cellules qui se différencient en cellules de xylème secondaire (ou bois) et vers l'extérieur des cellules qui se différencient en cellules de phloème secondaire (ou liber). Le xylème primaire étant du côté du centre de la tige, sa position est fixe. Par suite de son activité, le cambium est donc repressé vers l'extérieur. D'une manière générale, la production de bois (X2) est supérieure à la production de liber (P2). [PRAT <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/bois/01-formation.htm>]

Le cambium met en place du côté externe le phloème II ou liber et du côté interne le xylème II ou bois. Son fonctionnement est asymétrique, et il produit plus de xylème II que de phloème II. Son mode de fonctionnement par divisions periclinales met en place des files de cellules radiales caractéristiques des tissus secondaires.

[Voir la vidéo sur <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/index.html> dans le chapitre tige, qui montre en schémas le passage d'une structure primaire à une structure secondaire.]

Mise en place du cambium dans la tige



Vue générale du fonctionnement du cambium dans une tige d'un an.

Un cylindre continu de bois (en vert) est formé par le cambium (en jaune) qui au fur et à mesure de son fonctionnement se déplace vers l'extérieur. Le liber (en rouge) est repoussé vers l'extérieur au fur et à mesure de sa formation. Il en est de même du phloème primaire qui est écrasé à la périphérie. L'épiderme sous tension éclate. La protection vis à vis du milieu extérieur sera alors réalisée par un nouveau tissu secondaire, le liège (en bleu).

On note sur ce schéma la présence d'un autre méristème secondaire, l'assise subérophellodermique, qui donne à l'intérieur le phéllogène et à l'extérieur le suber (ou liège). La partie fonctionnelle d'un tronc d'arbre est constituée du liber (phloème II) des dernières années, du cambium et du bois (xylème II) des dernières années. Lorsqu'on sectionne un arbre, cambium et liber, tissus vivants, sèchent et disparaissent rapidement. Il ne reste plus de l'écorce que le liège à l'extérieur et le bois à l'intérieur.



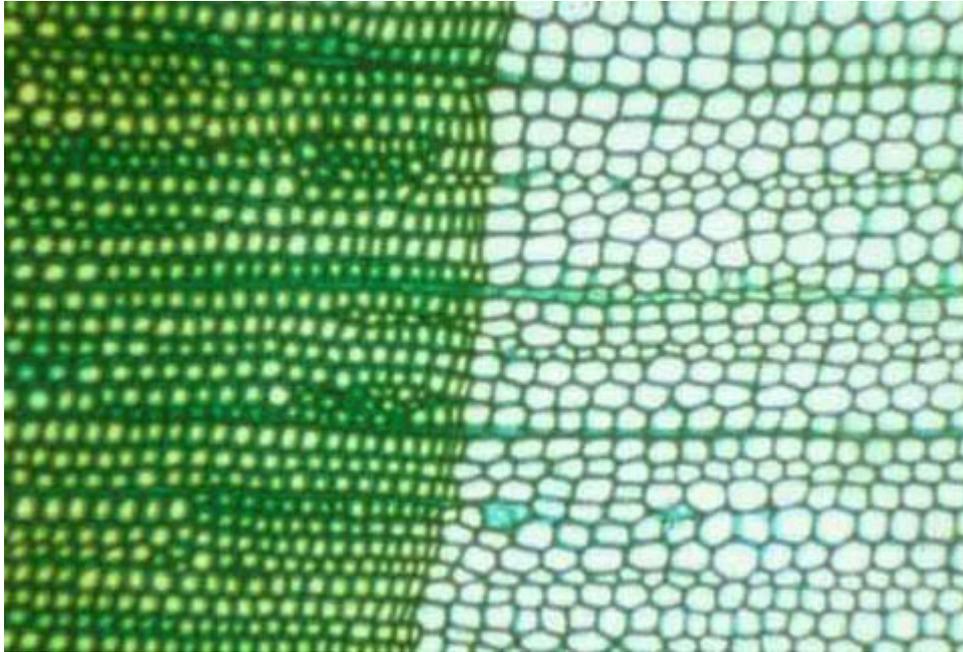
Tronc de genêt fraîchement coupé.

Il est très facile de séparer l'écorce (liber + liège) du bois. La séparation s'effectue au niveau du cambium qui est le tissu le moins différencié donc le plus fragile.

TP Observer les coupes de tige de tilleul de 3 ans

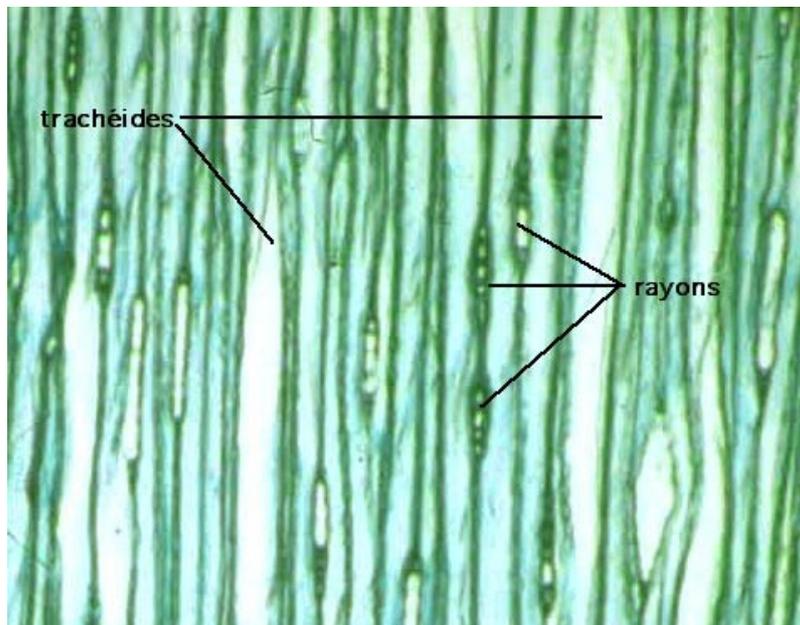
2.2. Bois homoxylé de Conifères

Le xylème des conifères est constitué d'un seul type d'élément conducteur, les trachéides aréolées, qui assurent à la fois le soutien et la conduction de la sève. Le xylème est donc homogène, on parle de bois homoxylé. Il existe aussi des éléments horizontaux de parenchyme (rayons).



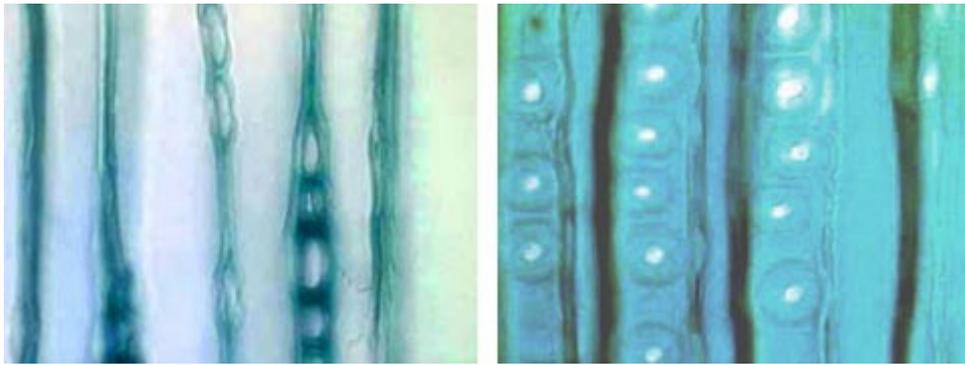
Coupe transversale de bois de pin à la limite de deux cernes.

On distingue le bois d'été d'une année n à gauche (trachéides de faible diamètre à parois épaisses) et le bois de printemps de l'année n+1 à droite (trachéides de fort diamètre et à parois plus fines). Les files de cellules qui traversent la coupe de gauche à droite sont les rayons formés de cellules non allongées dans le sens longitudinal.



Coupe longitudinale tangentielle de tronc de pin

Ce type de section montre les éléments verticaux (trachéides) sectionnés longitudinalement et les éléments horizontaux (rayons) sectionnés transversalement. Les trachéides sont les éléments conducteurs et de soutien. Leurs extrémités sont obliques. Elles communiquent latéralement entre elles par des ponctuations aréolées. Les rayons traversent les différents cernes radialement. Ils permettent une communication à travers la masse du bois et sont responsables des propriétés de fendaison du bois dans le plan radial.

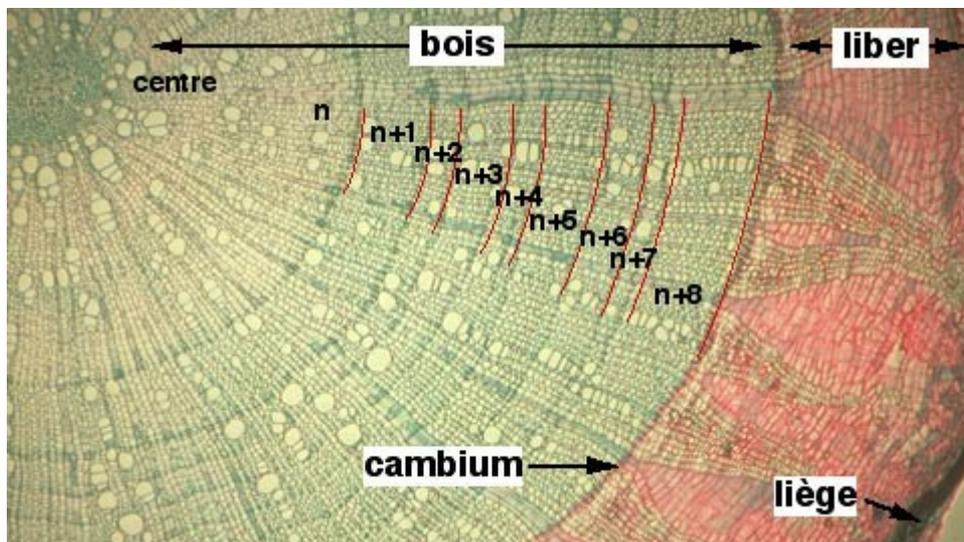


Détail des punctuations aréolées coupées transversalement (à gauche) ou vue de face (à droite). Elles assurent la communication latérale entre les trachéides.

3. Bois hétéroxylé d'Angiospermes

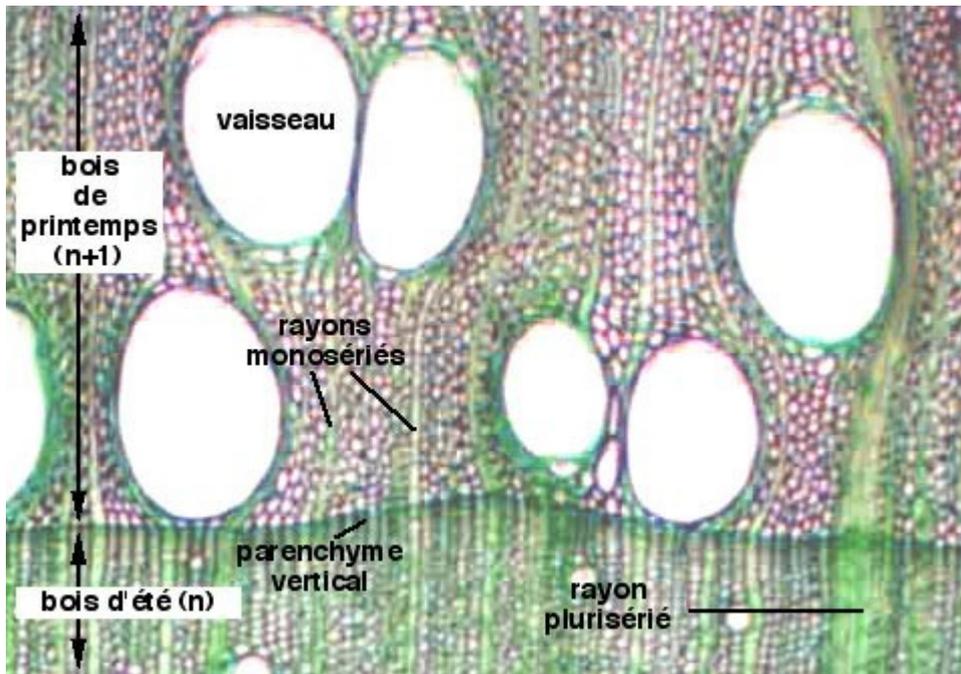
Le bois des Angiospermes contient trois types d'éléments verticaux : des fibres de type trachéide qui assurent le soutien, des cellules de parenchyme et des vaisseaux qui assurent la conduction. Comme chez les Conifères, il existe des éléments horizontaux de parenchyme (rayons) qui servent de soutien et de réserves durant la mauvaise saison.

Chez les espèces ligneuses et pérennantes (arbres, arbustes, buissons), le fonctionnement du cambium suit un cycle saisonnier (dans les climats comportant des saisons bien tranchées). En région tempérée, le fonctionnement s'interrompt à l'automne et reprend au printemps. Chaque année, un nouveau cylindre de bois est formé à l'extérieur du précédent. Sur une coupe transversale de tronc, ces couches concentriques annuelles s'appellent des cernes, et permettent la dendrochronologie.



Coupe anatomique transversale d'un tronc de tilleul de 8 ans.

Les cernes de bois sont irréguliers. Leur épaisseur dépend des conditions climatiques de l'année durant laquelle ils se sont formés. Le liber est éclaté vers l'extérieur par suite de l'augmentation du diamètre. Le cambium est la zone très fine qui sépare le bois (zone verte) et le liber (zone rouge). Le liège est la zone foncée située en bas à droite.



La différence de diamètre des vaisseaux est importante : elle peut varier au cours de l'année de 0,07 mm à 0,21 mm.

La différence entre le bois de printemps et le bois d'été varie selon les espèces. Elle est importante pour le chêne, le frêne, l'orme... alors qu'elle est négligeable pour l'érable ou le noyer.

2. Structure du bois en 2D

1. Coupe transversale de tronc de pin



Section transversale d'un tronc de pin, coeur et périphérie.

On distingue une région centrale ou coeur et une région périphérique ou aubier et tout à fait à l'extérieur, « l'écorce » (rhytidome) de couleur sombre.

3. Coupe transversale de tronc d'Angiosperme ligneuse



Coupe transversale de tronc de chêne.

Du centre vers la périphérie, on observe le coeur de couleur foncée, l'aubier plus clair et l'écorce. L'aubier et le coeur sont formés de cernes concentriques. Le cambium, fragile, a disparu et son emplacement est marqué par une fente concentrique entre le bois et l'écorce. On observe les rayons de couleur claire qui traversent le bois du centre jusqu'à la périphérie.

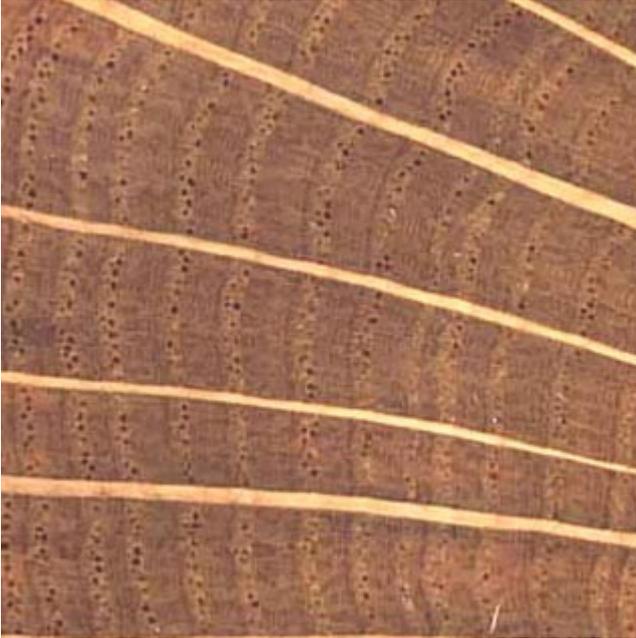
Les vaisseaux formés les années précédentes cessent peu à peu de fonctionner, se bouchent et s'imprègnent de substances qui durcissent et colorent le bois : l'aubier se transforme en duramen ou bois parfait. L'aubier est un bois sensible à la pourriture et aux attaques d'insectes après l'abattage. C'est donc un bois de faible valeur qui est généralement éliminé si l'on recherche du bois d'œuvre.

On observe deux types de discontinuités provoquées par le dessèchement des tissus après l'abattage :

- des fentes radiales qui correspondent aux rayons du bois et qui montrent que le bois peut être fendu verticalement dans le sens radial,
- une discontinuité circulaire entre le bois et l'écorce. Elle correspond à des tissus fragiles, le liber (ou phloème secondaire) et le cambium (ou zone génératrice libéroligneuse) qui ont disparu au cours du séchage.

3. Structure du bois d'angiosperme en 3D

1. Coupe transversale



On distingue nettement les rayons et les cernes. Ces derniers sont constitués d'une alternance de zones poreuses (gros vaisseaux, bois de printemps) et de zones plus compactes (bois d'été). Le bois a été mouillé pour réaliser la photographie : les cellules sectionnées transversalement ont absorbé l'eau et apparaissent foncées ; les rayons sectionnés longitudinalement apparaissent en clair.

Coupe transversale de bois de chêne.

2. COUPE LONGITUDINALE TANGENTIELLE



Le bois a été mouillé. Les rayons sont sectionnés perpendiculairement à la direction de leurs éléments ; ils apparaissent foncés. Le reste de la coupe constitué de vaisseaux et fibres longitudinaux apparaît plus clair. La coupe n'étant pas parfaitement longitudinale, le bois de printemps de deux cernes (gros vaisseaux) apparaît sous forme d'arceaux plus foncés. Ce type de section est prisée car elle donne des effets décoratifs très intéressants (planches, placages, marquetterie).

Coupe longitudinale tangentielle de bois de chêne.

3. COUPE LONGITUDINALE RADIALE



Coupe longitudinale radiale de bois de chêne. Les gros vaisseaux verticaux du bois de printemps des différents cernes apparaissent nettement. Ils sont discontinus car la section n'est pas parfaitement longitudinale. Les rayons du bois apparaissent sous forme de stries perpendiculaires aux vaisseaux (champs de croisement).

4. RECONSTITUTION TRIDIMENSIONNELLE



Reconstitution tridimensionnelle d'un cube de bois de chêne de 1 cm de côté réalisé à partir des macrophotographies des 3 types de sections d'un même échantillon (transversale en haut, radiale à gauche et tangentielle à droite).

4. Exploitation du bois

4.1. Exploitation de la forêt

Au Gabon, le massif forestier exploitable couvre près de 80% de la superficie du pays, faiblement peuplé. L'Okoumé est un arbre très courant. Le Gabon est le premier exportateur mondial de ce bois employé pour le plaquage ou des palettes de transport. Un diamètre minimum est fixé pour la coupe de chaque essence, afin de ne pas défricher la forêt prématurément. Pour l'okoumé, ce diamètre est par exemple de 75 cm. Après le pétrole, le secteur forestier est la deuxième source de devises étrangères du Gabon (environ 15 % des exportations du pays).



Coupe



Grume



Coupe et débardage des grumes



*transport du bois sur les fleuves,
après taritement chimique*



*Les grumes (troncs) sont chargés sur
un cargo.*



Déroutage

Un film de Daniel Riffet Tourné au Gabon en septembre 2005.

<http://www.journaldunet.com/science/environnement/diaporamas/06/foret-tropicale/video.shtml>

utilisation du bois comme bois de chauffe



Le bois est un matériau anisotrope. Sa résistance est très forte dans le sens longitudinal et peut se fendre aisément dans le sens radial.

Pour l'utilisation du bois, on distingue en fait 3 catégories de structure :

- structure des feuillus hétérogènes (chêne)
- structure des feuillus assez homogènes (hêtre)
- structure des résineux (totalement homogènes)

4.2. Débit en planches et séchage

Le séchage autrefois

On comptait donc un an par centimètre d'épaisseur pour les bois durs et six mois pour les bois tendres. Cette règle était appliquée à peu près généralement tout à fait au début du siècle.

Pour les essences employées comme bois apparents, il est utile que les pièces composant l'ensemble d'un meuble présentent la même coloration et le même veinage. Pour cela on conserve les épaisseurs débitées dans une grume dans l'ordre même où elles ont été débitées. On reconstitue le tronc, par l'empilage, en séparant les différents plateaux par des lattes, suffisamment rapprochées pour pallier toute déformation éventuelle ce système d'empilage est désigné sous le nom d'empilage en plots.

Lé séchage artificiel aujourd'hui

Un rapport existe entre la largeur des accroissements annuels et le séchage. Chez les résineux, les couches annuelles larges, contiennent une forte proportion de bois de printemps. L'arbre à couches larges (par exemple un pin de plaine) est tendre, peu dense son bois sera plus délicat à sécher (déformations) mais demandera moins de temps. Un chêne à couches annuelles larges, au contraire d'un résineux contient une forte proportion de bois d'été. C'est un bois lourd, dur, qui sera sujet aux gerçures en cours de séchage et demandera un assez long temps de séchage. Inversement un chêne à accroissements minces, est un chêne tendre et relativement léger, peu nerveux, peu sujet à déformation en cours de séchage. La **densité**, qui est fonction de la structure notamment du rapport entre bois d'été et bois de printemps nous fournit une première indication sur la facilité ou la difficulté du séchage.

Le taux d'humidité relative du bois est calculé comme indiqué ci-dessous :

$$H \% = \frac{M_H - M_S}{M_S} \times 100$$

M_H étant la masse humide
et M_S la masse sèche après dessiccation, à l'étuve

Avec cette méthode de calcul nous trouvons 90 à 100% pour du chêne ou du hêtre à l'abattage, 180% ou même 200% pour du peuplier. Or, ces bois seront pour certains usages ramenés à 8 à 10 % d'humidité. La mesure se fait par pesées (c'est la seule vraiment précise mais qui détruit une petite partie du bois) ou avec des appareils électriques. On peut mesurer directement la résistance du bois, qui augmente rapidement lorsque le taux d'humidité passe de 30% à 5 %. A 5 % la résistance est égale à environ 1 million de fois la résistance à 30 %. On enfonce deux groupes d'aiguilles formant électrodes au 1/5 de l'épaisseur de la planche, le courant circulant dans le sens des fibres du bois.

Le séchage change les dimensions du bois, c'est le **retrait**:

- 1°) Un bois vert imbibé d'eau commence à sécher sans que ses dimensions changent.
- 2°) Lorsqu'il atteint un taux d'humidité correspondant au départ de toute l'eau libre (25 à 30 % suivant les espèces) ses dimensions diminuent au fur et à mesure du départ de l'eau imprégnant les parois cellulaires.
- 3°) Un bois déjà sec qui reprend de l'humidité subit une augmentation de volume.
- 4°) Le bois se met toujours en état d'équilibre d'humidité avec le milieu ambiant.
- 5°) Le retrait varie suivant la nature des bois un **bois dur et dense a toujours un retrait relativement élevé**, au contraire des bois tendres à faible retrait.
- 6°) Les valeurs du retrait ou du gonflement dans les divers sens du bois sont variables. Le croquis ci contre rappelle que c'est de cette inégalité des retraits que proviennent les

déformations (gauchissements) et les fentes ou gerces.

De plus il faut tenir compte de l'importance du retrait de manière que les pièces aient, après séchage, les dimensions voulues (par exemple débiter à 32 mm pour 30 mm) .

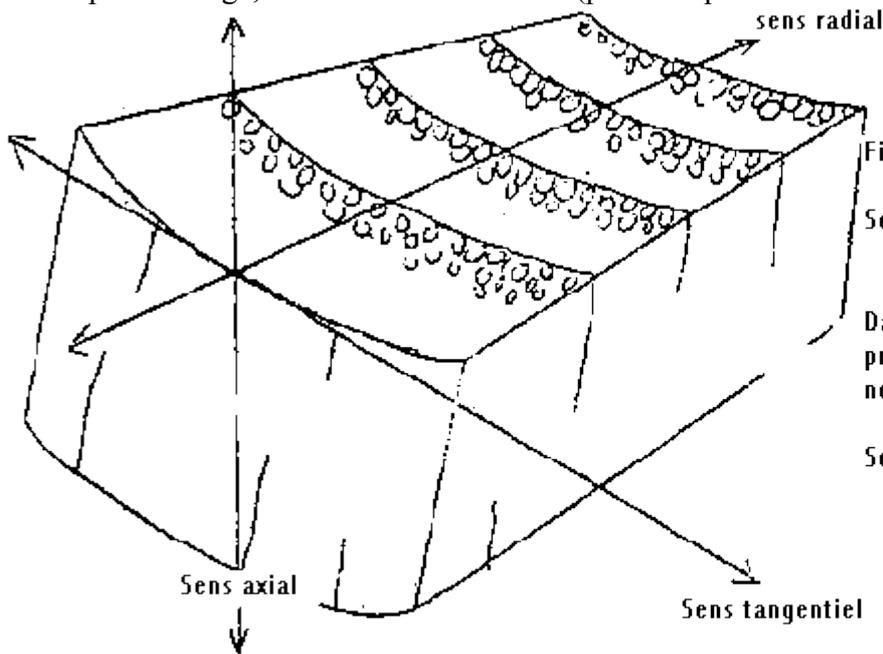


Fig. 6 - Proportion du retrait.

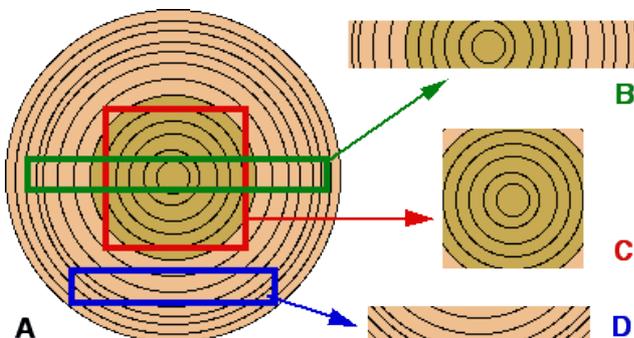
Sens axial : c'est-à-dire sens du fil du bois.

Dans ce sens le retrait est pratiquement négligeable.

Sens tangentiel : sens tangent aux couches de croissance ; les plus fortes, elles sont deux fois plus fortes que dans le sens radial

<http://passion.bois.free.fr>

Le débit en planches



<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/bois/index.htm>

Dans un tronc (A), la découpe symétrique du bois de coeur permet la fabrication de poutres (C) ou de poteaux très résistants. Pour la fabrication de planches, la découpe radiale (B) permet la meilleure résistance. Par contre les découpes tangentielles (D) donnent des planches qui peuvent se voiler en séchant.



La fabrication de plateau de table peut difficilement se réaliser à partir d'une seule planche (sauf exception). L'association de plusieurs planches ou plusieurs tasseaux orientés de manière adéquate permet, de plus, de compenser les problèmes de voilage.



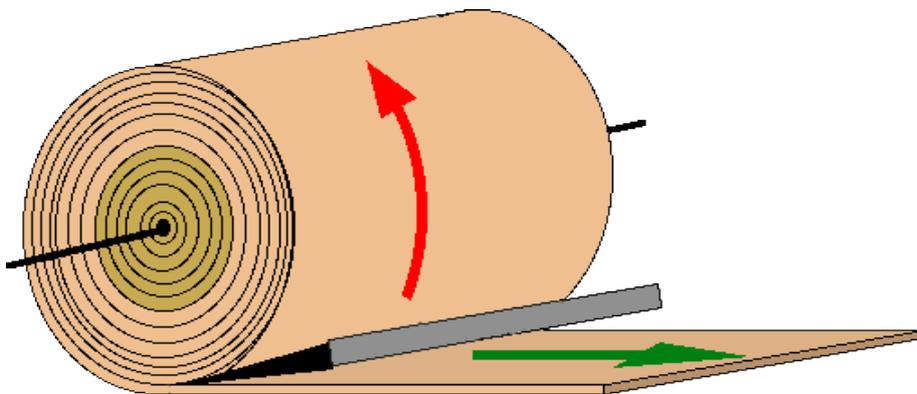
Structure schématique d'un plateau de table réalisé par l'association de tasseaux parallèles.

Les tasseaux sont associés à l'aide de tenons et de mortaises. Le même type de construction est réalisé pour les planchers traditionnels et les lambris.

Pour éviter les problèmes liés aux propriétés mécaniques particulières du bois, on a recours à des matériaux dérivés dont les plus connus sont les agglomérés, les contreplaqués et les lamellé-collés. Un élément supplémentaire apparaît : la colle. Les agglomérés ou panneaux de particules sont formés de particules de bois pressées avec de la colle. Le sens des particules étant aléatoire, les propriétés mécaniques sont les mêmes dans toutes les directions mais la résistance à la cassure est faible. Par contre, ces panneaux sont de bons isolants.

4.3. Contreplaqué

Les contreplaqués sont constitués de fines feuilles de bois découpées dans le sens tangentiel, par déroulage d'une bille de bois ou par tranchage.



Déroulage d'une bille de bois. La bille de bois est animée d'un mouvement de rotation (flèche rouge). Un couteau est appuyé contre la bille. Une mince feuille de bois en section tangentielle de largeur de la bille et de longueur indéfinie est formée (flèche verte).

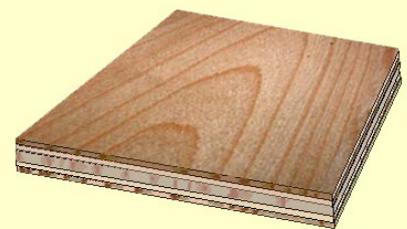
Ces feuilles très fines sont fragiles. Lorsqu'elles sont obtenues à partir de bois précieux remarquables par leur couleur ou leur ornementation (le plus souvent par tranchage), elles peuvent être utilisées pour des petites surfaces, en placage de surface sur des matériaux variés (loupe d'orme, marquetterie). Lorsqu'elles sont obtenues par déroulage à partir de bois ordinaires, elles peuvent être associées pour la fabrication de contreplaqués, comme montré ci-dessous.



Deux portions de feuilles tangentielles obtenues placées selon des directions perpendiculaires. La direction longitudinale est verticale à gauche et horizontale à droite.



La feuille du milieu, plus épaisse et de bois souvent tendre, est appelée l'âme. Elle est encadrée par deux feuilles disposées perpendiculairement puis par deux autres feuilles disposées perpendiculairement par rapport aux précédentes.



La planche obtenue est remarquablement résistante. Ses propriétés mécaniques sont les mêmes dans toutes les directions.

Pour des utilisations particulières nécessitant le ploiement des planches obtenues, il est possible d'associer ensemble des feuilles de même orientation.

4.4. Lamellé-collé

Les lamellé-collés sont réalisés sur un principe proche de celui qui permet la réalisation de planches larges à partir d'éléments associés par tenons et mortaises (exemple des plateaux de table, des planchers et des lambris). La différence est que les petites lamelles sont emboutées pour réaliser des structures longitudinales rigides qui sont ensuite collées parallèlement.



Les différentes règles parfaitement calibrées sont ensuite collées parallèlement sous pression. On note que l'orientation du bois est différente dans chaque lamelle, ce qui permet de donner à la planche une résistance égale dans toutes les directions de l'espace. Notons de plus l'importance de la qualité de la colle utilisée.



Les petites lamelles sont emboutées et collées à l'aide d'un procédé proche de celui classique des tenons et mortaises pour réaliser une longue règle rigide.



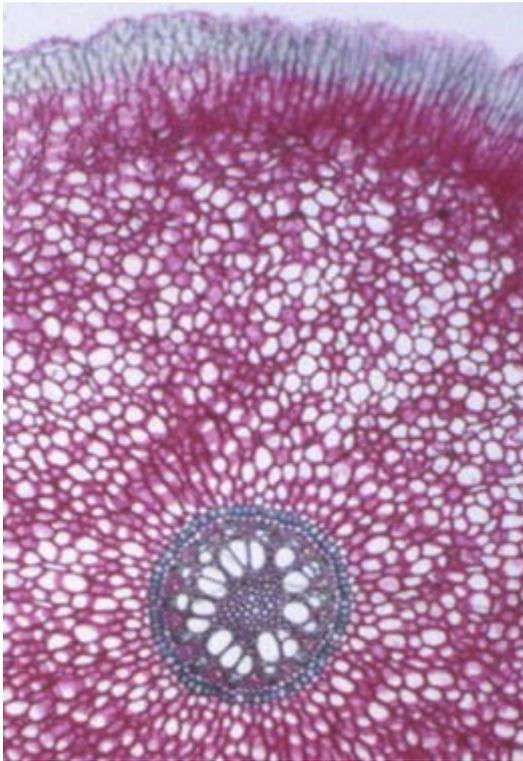
Planche en lamellé-collé de hêtre.

Vue de surface : On distingue les courtes lamelles associées longitudinalement puis collées parallèlement.

Cette technique permet de réaliser des planches mais peut être utilisée pour construire des éléments de formes beaucoup plus complexes. Elle permet aujourd'hui de développer des conceptions très remarquable dans les charpentes et l'architecture.

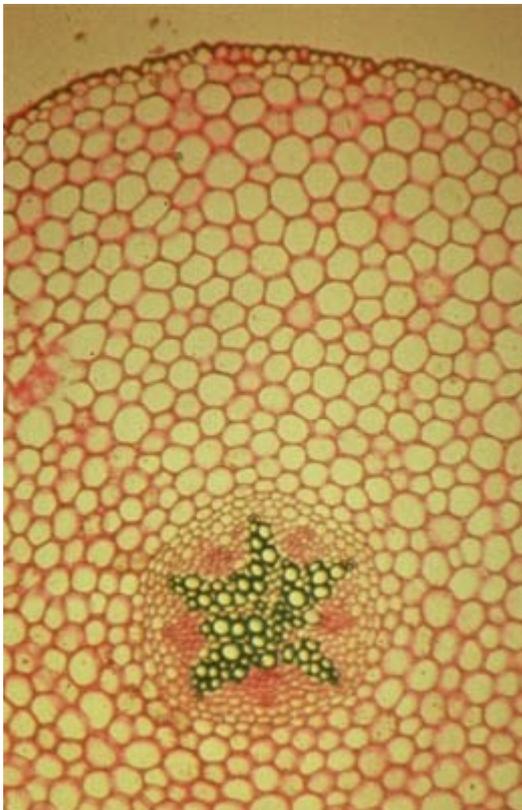
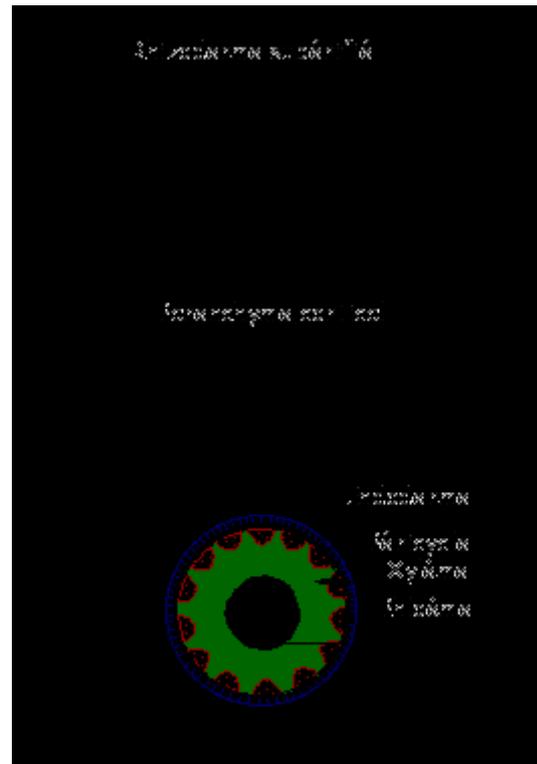
Le bois est de plus en plus utilisé dans les constructions, dans le cadre du développement durable (encore faut-il que les forêts soient exploitées selon des règles écologiques!).

5. Racine

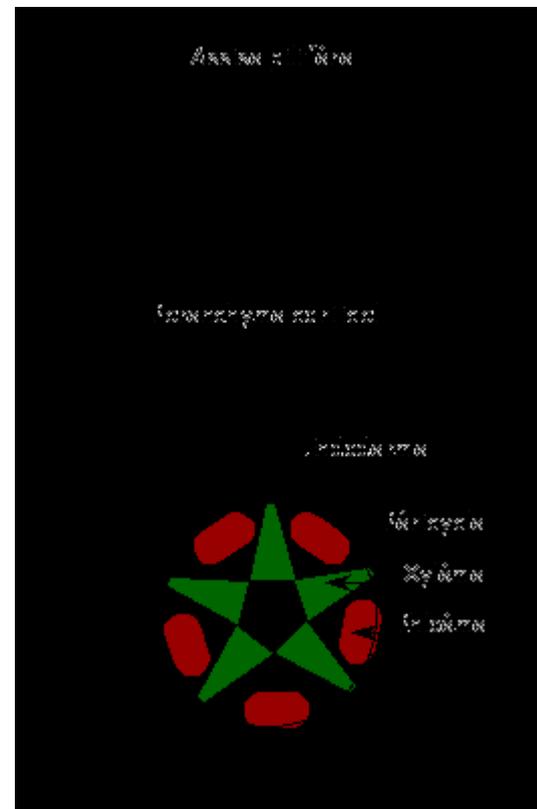


Racine d'Iris, Monocotylédone

Observer l'endoderme à cadre de Caspari des Monocotylédones et les très nombreux pôles de xylème (>6).



Racine d'Héllébore, Dicotylédone



Les critères de racine sont les suivants :

- organe à symétrie axiale
- différenciation du xylème I centripète (centrifuge dans une tige)
- xylème I et phloème I alternent
- endoderme et péricycle (attention, ils existent aussi dans la tige de Fougères)
- petit cylindre central et grand parenchyme cortical

Les Dicotylédones ligneuses possèdent des structures secondaires, qui peuvent masquer (écraser) les structures primaires. Dans ce cas, une tige de Dicotylédone âgée n'est plus reconnaissable d'une racine âgée.

Le rhizoderme différencie des poils absorbants seulement chez la plantule après germination et chez les Brassicacées (ex Crucifères) et Chénopodiacées. Chez les autres, **la surface absorbante est la mycorhize!**