

# PLAN DE COURS:

Unité d'enseignement : UED

3.1

Matière:Le bois et les mousses

**Rédigé par:**

**YOUNES R.**

**Université Abderrahmane Mira-Béjaia**

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie Mécanique**

**Licence 3 : Génie des matériaux**

**Unité d'enseignement: UEF 3.2.1**

**Intitulée du module : Le bois et les mousses**

**Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière présente deux matériaux ayant un intérêt très spécifique ; premièrement le bois qui possède une structure d'un composite complexe, il offre des caractéristiques pour des utilisations ordinaire ou technique. L'étudiant découvrira en plus de sa structure fascinante, qu'en valeur absolue les propriétés (rigidité et résistance) du bois sont moindres comparées à d'autres matériaux, mais en termes de propriétés spécifiques le bois a des propriétés comparables qui dépassent même quelques métaux, c'est pour cette raison que les premiers avions étaient fabriqués en bois. Deuxièmement les mousses ; là-aussi l'étudiant apprendra que la mousse offre des caractéristiques idéales pour l'emballage par exemple, ou en l'associant à d'autres matériaux composites donne des structures sandwichs pour atteindre des caractéristiques spécifiques sans égales.

**Connaissances préalables recommandées:**

Structure de la matière, Sciences des Matériaux S, Mécanique des milieux continus .

**Visées d'apprentissage**

La compétence visée par ce cours, dans son ensemble, est « d'être capable de concevoir, d'analyser et d'implémenter un système théorique en relation avec état de surface pour le choix des outils à utiliser est très important pour le but de répondre aux exigences d'un commanditaire ».

## **I. Introduction**

Depuis plusieurs années, le matériau bois suscite un grand intérêt quelque soit son domaine d'utilisation : ameublement, construction, énergie. Le bois est un matériau ancien et naturel doté de nombreux atouts. Il constitue un bon isolant thermique et phonique, il peut être un élément esthétique de décoration, résistant mécaniquement, renouvelable et peu énergivore lors de sa mise en œuvre. Cependant, le bois connaît quelques faiblesses en raison de son origine naturelle. C'est un matériau hétérogène, anisotrope dont les propriétés varient, qu'elles soient physiques ou mécaniques, en fonction de l'orientation de ses fibres. De plus, le bois est un matériau hygroscopique, dont les dimensions changent en fonction du taux d'humidité. D'autre part, c'est un matériau qui peut être altéré par des agents biotiques et/ou abiotiques tels que les insectes, les rayonnements UV, la pluie etc

### **I.1. Structure anatomique**

Le bois est un matériau anisotrope, ses propriétés mécaniques, physiques et technologiques changent suivant l'orientation choisie. Les caractéristiques morphologiques des cellules et la façon dont elles sont disposées les unes par rapport aux autres définissent le plan ligneux d'une espèce. Ce dernier est généralement analysé selon trois directions orthogonales (Figure 1). La description de la structure anatomique du bois nécessite donc une observation sur trois plans. Le plan transversal perpendiculaire à l'axe de la tige où l'on peut observer les cernes annuels. Le plan radial passant au centre de la tige. Et le plan tangentiel, parallèle à l'axe de la tige, tangent aux cernes annuels. Les trois directions axiale ou longitudinale (L), radiale (R) et tangentielle (T) sont les directions d'anisotropie du bois. Les analyses microscopiques des trois plans permettent de définir l'organisation des cellules caractéristiques du plan ligneux et ainsi d'identifier une essence de bois, puisque pour une espèce donnée, le plan ligneux est constant dans l'ensemble de la structure du tronc et des branches. En section transversale, on peut distinguer les différentes parties qui constituent la grume (Figure 1). En partant du centre vers la périphérie : la moelle, le duramen (appelé aussi bois de cœur), l'aubier, le cambium, le liber et l'écorce.

### **I.2. La moelle est le point central du tronc.**

Constituée d'un ensemble de tissus spongieux résultant du xylème primaire, elle est la partie utile de l'arbre quand celui-ci est jeune.

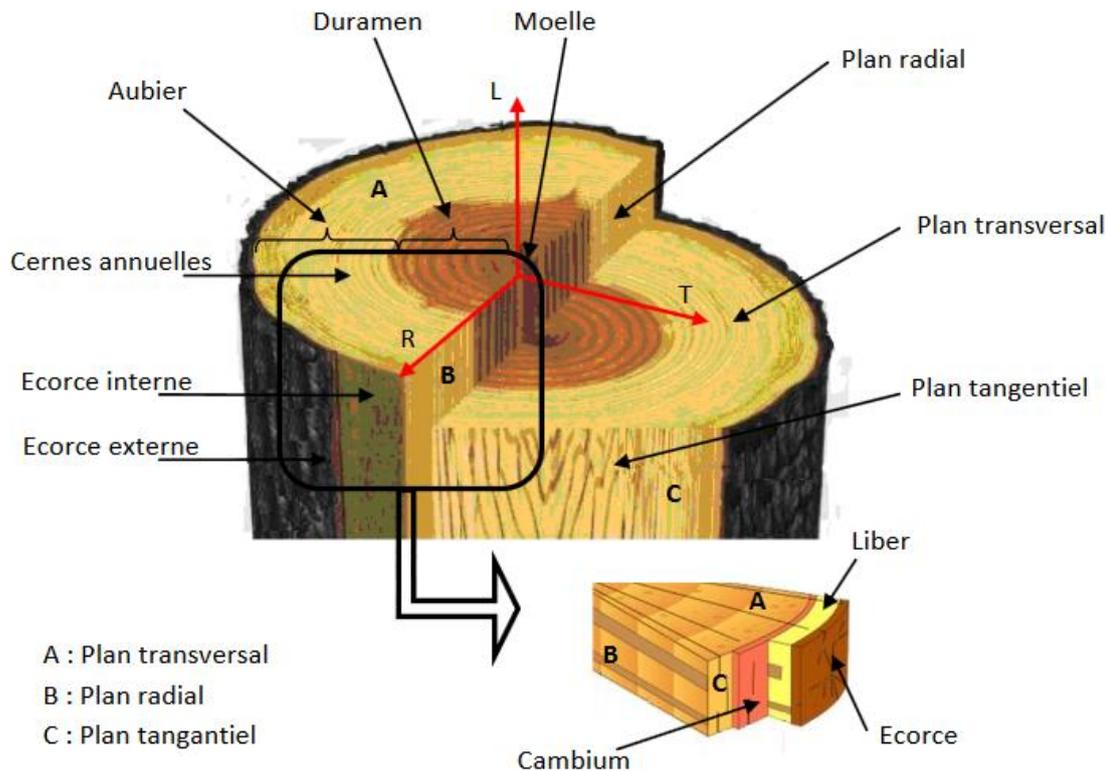
- **Le duramen** (ou bois parfait) : Il est constitué de bois « mort » dont les membranes des cellules sont épaisses et dures, lui conférant ainsi une bonne résistance mécanique. Il est appelé bois mort car aucune substance nutritive n'y circule. Le taux de lignine est important au sein du duramen, cette partie du bois est donc résistante face aux différents agents de dégradation (bactéries, champignons, insectes...). Le duramen contient des antiseptiques naturels (tanins, résines), peu poreux, il offre une capacité d'absorption moins élevée que celle de l'aubier, lui conférant ainsi une meilleure durabilité.

- L'aubier est constitué de cellules vivantes à membranes minces. Il assure à la fois le transport de la sève brute et le stockage des différents éléments nutritifs.

- **Le cambium** : est une couche de cellules vivantes assurant la croissance de l'arbre. Cette couche permet de transformer l'aubier en duramen tout en repoussant le liber (définition plus bas) vers l'écorce. Cette croissance se fait par division et multiplication des cellules.

- **Le liber** : appelé aussi phloème permet de faire circuler la sève élaborée.

- **l'écorce** : elle constitue une couche périphérique protectrice. L'écorce, au sens botanique, est l'ensemble des tissus corticaux produits par le cambium cortical. Ce cambium produit l'écorce vivante sur sa face interne et l'écorce imperméable (ou suber) sur sa face externe. Les cellules de cette écorce externe meurent dès qu'elles sont chargées de subérine, substance cireuse qui lui donne son caractère imperméable. Bien qu'imperméable, cette écorce secondaire est dotée de pores (les lenticelles) permettant les échanges gazeux, tel que la transpiration.



**Figure 1:** Structure générale du tronc et les différentes directions

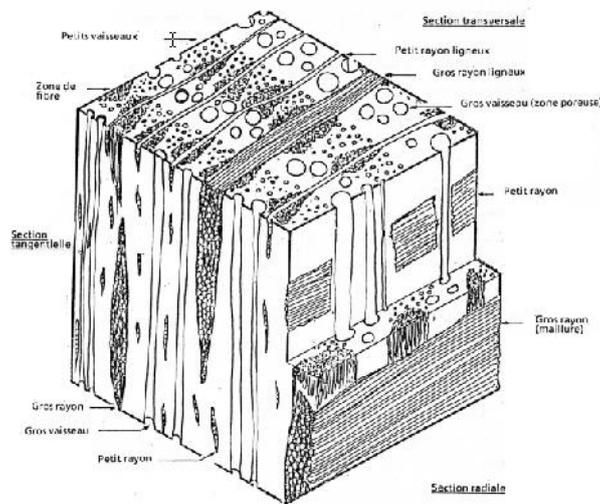
### I.3. Classification Botanique

Les arbres sont divisés en deux grandes classes : les résineux ou conifères et les feuillus. Le plan ligneux des résineux est relativement simple et uniforme par rapport à celui des feuillus. Les résineux sont constitués de deux types de cellules, les trachéides et les cellules parenchymes. Les cellules longitudinales (trachéides) assurent la conduction de la sève et jouent un rôle de soutien. Quant aux parenchymes, ils assurent la répartition et le stockage des substances nutritives. Les feuillus présentent une structure d'une diversité supérieure à celle des résineux et possèdent un plus grand nombre de types de cellules différents : vaisseaux, trachéides et cellules parenchymes.

#### I.3.1. Les feuillus

Le bois des feuillus se compose de vaisseaux, de fibres et de cellules de parenchyme (Figure 2). Certains des vaisseaux transportent la sève brute, les fibres assurent la résistance mécanique et le soutien de l'arbre. Les vaisseaux de gros diamètres communiquent entre eux par de nombreuses ponctuations aréolées et forment avec les fibres un réseau vertical complexe. Le parenchyme axial est également inclus dans ce réseau. Les rayons ligneux des

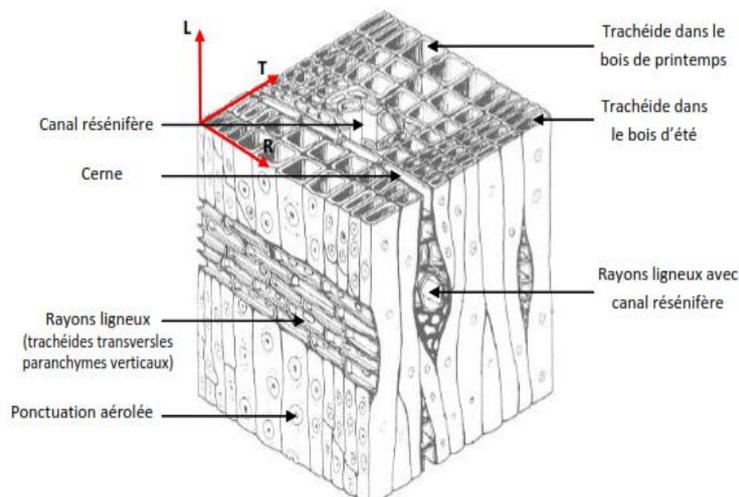
feuillus peuvent être constitués d'une simple rangée de cellules ou de plusieurs selon l'essence.



**Figure 2 :** Organisation cellulaire des feuillus.

### I.3.2. Les résineux

Les résineux sont composés de deux types de cellules (Figure 3): les trachéides et les parenchymes (axial et radial). Les trachéides situées dans le bois remplissent une fonction conductrice et sont pourvues de nombreuses ponctuations aréolées qui servent à l'échange d'eau et de substances nutritives entre deux cellules longitudinales et radiales. Les parenchymes radiaux se forment autour des rayons ligneux, appelés également rayons médullaires, représentant les trachéides horizontales.



**Figure 3.** Organisation cellulaire des résineux.

#### I.4. Composition chimique du bois

Le bois est principalement composé de bio-polymères : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine avec en plus la présence d'extractibles (résines, tanins, etc.). Ces différents produits du bois sont classés en deux groupes:

- la cellulose, les hémicelluloses et la lignine sont des bio-polymères (produits macromoléculaires) présents en grande quantité dans chacune des essences de bois,
- les extraits et autres composés minéraux (calcium, magnésium...) de faibles poids moléculaires ils sont présents en faibles quantités et varient en fonction des essences.

Les substances macromoléculaires représentent en moyenne 95% de la composition massique du bois. Elles ne sont pas distribuées uniformément au sein des parois cellulaires. Leurs proportions ne changent pas uniquement suivant la nature de l'essence (Fengel et Wegener 1989), mais aussi en fonction de la localisation dans l'arbre.

Ces constituants sont responsables des différentes propriétés physico-chimiques du matériau bois, telles que les propriétés mécaniques pour la cellulose, l'imperméabilité et la durabilité pour la lignine, la couleur et l'odeur pour les extractibles. La répartition de ces trois bio-polymères ainsi que les teneurs en extractibles, suivant la nature de l'essence de bois, sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1).

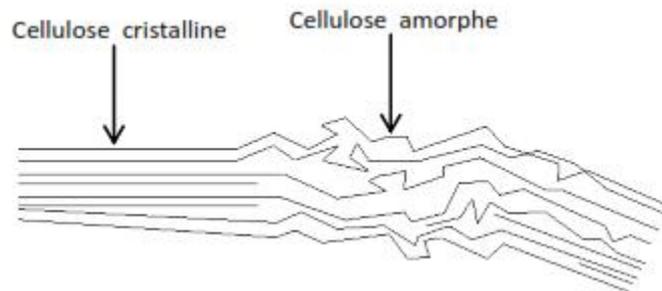
<b>Constituants</b>	<b>Résineux (%)</b>	<b>Feuillus (%)</b>
<b>Cellulose</b>	42 ± 2	45 ± 2
<b>Hémicelluloses</b>	27 ± 2	30 ± 5
<b>Lignine</b>	28 ± 3	20 ± 4
<b>Extractibles</b>	3 ± 2	5 ± 3

**Tableau 1.** Composition général des bois

##### I.4.1. La cellulose

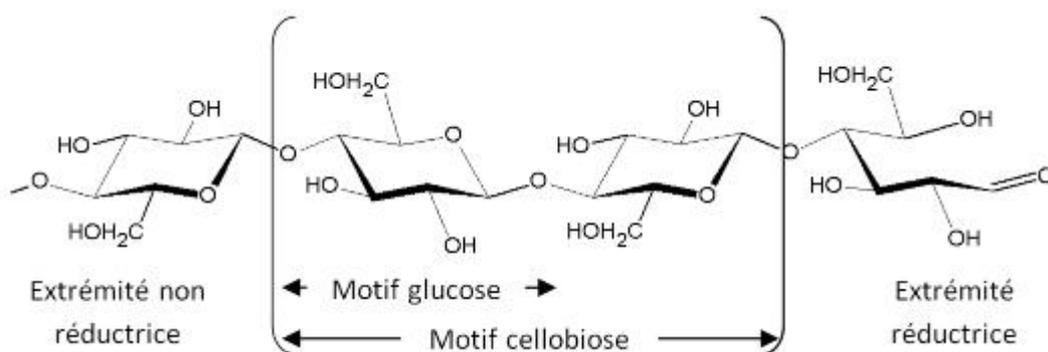
La cellulose est le constituant principal de la composition chimique du bois. Elle représente 40 à 45 % de la masse sèche. Ce matériau poly-saccharidique se présente sous forme de micro-fibrilles (1,5 à 5 nm de longueur) imbriquées dans une matrice d'hémicelluloses et de lignine, le tout constituant la paroi cellulaire. C'est un macro-polymère linéaire à fort degré de polymérisation (= 10000) pouvant exister sous forme cristalline et amorphe. Sur la Figure 4, une représentation schématique est faite de ces deux états : l'état cristallin est ordonné, l'état

amorphe présente des macro-polymères de cellulose non linéaires, désordonnés. Cet ordonnancement est principalement dû au placement, plus ou moins régulier, des atomes.



**Figure 4 :** Structure amorphe et cristalline de la cellulose (Visakh et al. 2010)

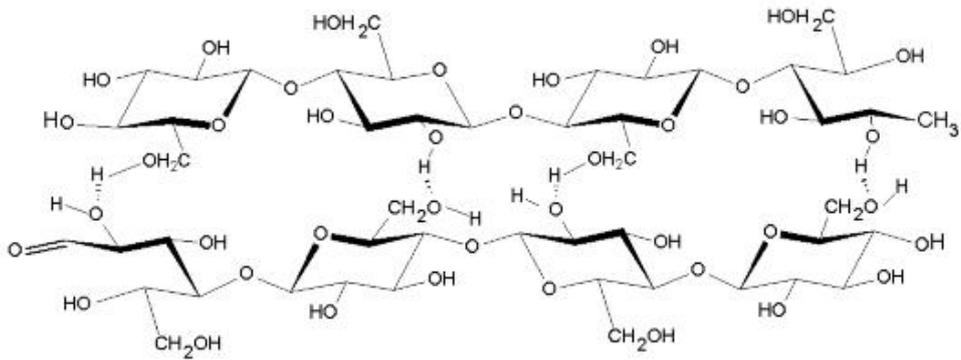
La cellulose est constituée d'unités anhydro-glucopyranoses reliées par des liaisons  $\beta(1 \rightarrow 4)$  glycosidiques pour former le motif disaccharidique cellobiose qui constitue le motif de base (Figure 5).



**Figure 5 :** Représentation de la cellulose.

La molécule de cellulose est donc entièrement rigide et forme des liaisons hydrogène, à la fois intra et intermoléculaire constituant ainsi des micros domaines hautement organisés.

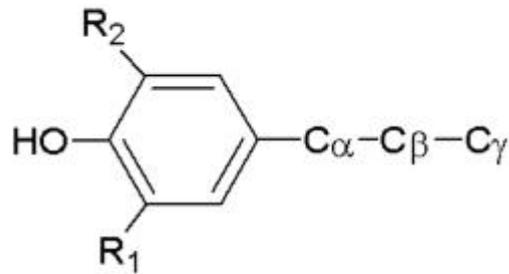
Ces liaisons hydrogènes sont responsables de la formation des microfibrilles, dans lesquelles certaines régions sont hautement ordonnées et d'autres moins (Figure 6). La structure et les nombreuses liaisons hydrogène de la cellulose sont à l'origine de son caractère infusible (qui ne fond pas sous l'effet de chaleur), peu réactif et peu soluble dans l'eau ou dans d'autres solvants organiques.



**Figure 6.** Formation de liaisons intra et intermoléculaires de la cellulose

### I.4.3. La lignine

Ce polymère complexe comporte des motifs aliphatiques et aromatiques, c'est une substance amorphe intégrée dans les parois cellulaires des végétaux à la fin du développement des cellules. Il est constitué d'un réseau tridimensionnel complexe (Figure 7), constitué d'unités phénylpropanes et représente 16 à 35 % de la matière sèche du bois.



$R_1 = H, R_2 = H$  : unité *p*-hydroxyphényle (H)  
 $R_1 = OCH_3, R_2 = H$  : unité guaiacyle (G)  
 $R_1 = OCH_3, R_2 = OCH_3$  : unité syringyle (S)

**Figure 7.** Unités structurales de la lignine

## II. Nouveaux procédés « non-biocides » de préservation par modification du bois

### II.1. Modifications chimiques

La présence de nombreux groupements hydroxyles sur les bio-polymères, rend le bois fortement hygroscopique et réactif (réactivité chimique proche de celle des alcools). De ce fait, le bois est connu pour réagir avec différents types de produits (Rowell 2005, Hill 2006), parmi les plus utilisés on peut citer :

- les anhydrides d'acides et les dérivés d'acides,
- les isocyanates,
- les époxydes,

Dans le but de limiter la destruction précoce des réactifs, la majorité des modifications chimiques effectuées sur le bois sont réalisées dans des conditions anhydres. Ces procédés de traitement permettent de modifier directement la structure chimique des polymères constitutifs des parois cellulaires du bois. Certains nombres de réactions chimiques peuvent engendrer une amélioration

## **II.2.Traitements thermiques**

Les préoccupations environnementales font émerger de nouvelles solutions dans le domaine de la durabilité du bois, notamment le traitement thermique qui est une solution alternative aux traitements chimiques et traitements par imprégnation. Les bois traités thermiquement peuvent être perçus comme une intercurrency à l'utilisation des bois et permettent de diminuer l'impact environnemental de leur exploitation (déforestation et impact Carbone du transport). . En fin de vie, le bois traité thermiquement n'ayant pas été mis en présence de produits chimiques anthropiques, son recyclage par réutilisation ou son élimination ne posent pas de problèmes particuliers. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la consommation énergétique du procédé est considérée comme faible (peu énergivore), bien plus faible qu'une phase de séchage industrielle et se positionne à titre d'exemple entre l'usinage - assemblage des bois massifs et la fabrication des matériaux en bois reconstitués.

## **II. Différents types de traitements thermiques**

Le traitement thermique consiste en une pyrolyse ménagée du bois réalisée sur une gamme de températures comprises entre 180 et 250°C. Comme toute pyrolyse ce traitement est réalisé sous atmosphère inerte, en absence d'oxygène. Industriellement, différentes atmosphères sont employées : fumée de pyrolyse, azote, vapeur d'eau, vide, immersion dans un bain d'huile.

Le paragraphe suivant expose les différents procédés de traitements thermiques qui existent ainsi que les principaux changements physico-chimiques que subit le matériau bois durant ces types de traitement ainsi que les nouvelles propriétés conférées. Nous présentons également les méthodes et les paramètres de contrôle du procédé.

### **III.1.Historique**

Les premières études menées avaient pour finalité les énergies renouvelables issues de la biomasse (Ecoles des Mines de Paris et de Saint Etienne, 1976-77). Ce matériau était considéré comme une ressource énergétique située entre le charbon et le bois de chauffage. C'est seulement à la fin des années 1980 que le bois torréfié est apparu. Après une étude portant sur les gaz et liquides libérés lors de la thermodégradation du bois, des propriétés intéressantes comme l'augmentation de la stabilité dimensionnelle ou la durabilité face aux attaques **fongiques** furent mises en évidence.

#### **III.1.1.Le procédé PLATO**

Ce procédé est basé sur une modification par thermohydrolyse. Il se décompose en trois étapes. Le Bois est traité dans une enceinte saturée en vapeur d'eau sous pression, à environ 180°C (Ruyter 1989, Boonstra *et al.* 1998). La seconde étape est un séchage simple (sous air) qui permet de descendre l'humidité du bois aux alentours des 10%. Finalement le bois est durci sous atmosphère sèche à une température comprise entre 150°C et 190°C. Comme pour les deux premiers procédés, l'hydro-thermolyse permet d'améliorer certaines propriétés du bois sans pour autant éviter l'affaiblissement mécanique.

Cette étape de traitement et de durcissement du bois crée des réactions entre les aldéhydes formés au cours des réactions de thermo dégradation de la lignine et les molécules de lignine, et entraîne ainsi la réticulation du complexe de lignine. L'intérêt de ce procédé réside essentiellement dans les niveaux bas de température employés, réduisant ainsi le coût énergétique en évitant également une trop forte coloration du bois. Cependant l'utilisation d'un appareil sous pression alourdit considérablement l'investissement, de plus l'utilisation d'une phase aqueuse nécessite la mise en place d'un traitement d'eau à la sortie du procédé.

#### **III.1.2.Procédé de pyrolyse ménagée, Rétification**

Le procédé français de rétification (Duchez et Guyonnet 1998) est une pyrolyse ménagée du bois, qui a pour effet de dégrader les hémicelluloses et de modifier la lignine. La dégradation des hémicelluloses abaisse l'hygroscopie et donc l'instabilité dimensionnelle du bois. La conduite de la rétification consiste en une montée progressive de la température jusqu'à la pyrolyse douce. La température maximale atteinte est de 250°C. Après un certain temps de cuisson, qui dépend de la masse et des dimensions du produit à traiter, on refroidit jusqu'à température ambiante. Les gaz produits pendant le séchage et la pyrolyse sont récupérés à

l'aide d'un condenseur à eau. Les incondensables, principalement constitués de CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>, peuvent être recyclés dans le four pour rendre l'atmosphère inerte. L'amélioration des propriétés physiques et de la durabilité est malheureusement accompagnée par une forte baisse des propriétés mécaniques. Ce phénomène connu de tous peut-être expliqué par la forte perte en masse du matériau, de l'ordre de 30% massique. Enfin il est important de noter, que le bois traité thermiquement perd sa couleur d'origine pour devenir marron foncé, ce qui limite son champ d'application.

### **III.1.3.Le procédé THERMOWOOD, VTT**

Ce procédé, est similaire au procédé de réтификаion, avec comme unique différence l'injection de vapeur d'eau dans l'enceinte de traitement (Mayes et Oksanen 2002). Le processus de cuisson se décompose en trois étapes. Un séchage sous vapeur d'eau à une température de 100°C, avec ensuite une stabilisation de la température à 130°C afin d'obtenir une humidité du bois proche de zéro. La seconde étape correspond à la phase active du traitement thermique : la température est amenée entre 185°C et 230°C, l'enceinte du four étant saturée en vapeur d'eau et en gaz de pyrolyse. Finalement, le bois est stabilisé, par abaissement progressif de la température à l'aide d'aspersion d'eau. L'amélioration de certaines propriétés se faisant au détriment de la résistance mécanique.

### **III.1.4.Le procédé OHT-Menz Holz**

Des études de cuisson du bois, dans un bain d'huile, ont été développées dans le cadre de sa préservation (Rapp et Sailer 2000). Le bois est chargé sec (6% d'humidité) dans un autoclave, puis de l'huile végétale chaude est introduite dans l'enceinte de cuisson. Pour obtenir une meilleure durabilité du bois une température de 220°C est préconisée. Cependant le meilleur compromis entre durabilité et propriétés mécaniques est obtenu pour des températures comprises entre 180°C et 200°C (au cœur du matériau) durant 4 heures. A ce temps de cuisson doivent être ajoutés les temps de montée et de descente de température. Après évacuation de l'huile et égouttage, une ultime phase de chauffage à l'air permet le durcissement de l'huile végétale en surface du bois. Cette technique semble être bien adaptée aux essences résineuses peu imprégnables. D'autre part il semblerait que cette technique ait tendance à provoquer des dégâts internes importants. Un surcoût d'investissement ainsi qu'un recyclage des huiles usagées sont à prévoir.

### **III.1.5. Procédé de pyrolyse ménagé, conducteur sous vide relatif : Prodeo®**

Ce procédé industriel consiste à chauffer le bois par conduction, ce qui permet de mettre sur le marché des bois traités de manière homogène. Cette pyrolyse douce, sous atmosphère contrôlée, se décompose en trois étapes: séchage entre 20 et 120°C, relaxation du bois (passage des transitions vitreuses des différents polymères, 150-200°C), et destruction des hémicelluloses et modification des lignines (210-250°C). Le traitement thermique est réalisé dans une enceinte isolée thermiquement. Les piles de bois sont constituées de planches et de plaques métalliques empilées les unes sur les autres. Le contact intime du bois et du métal permet la transmission de chaleur par conduction (Roppet *al.* 2008). Le contrôle du procédé se fait par pesée en dynamique du four au cours des différentes phases de traitement. Ce procédé est réalisé sous vide relatif, ce qui permet d'améliorer l'isolation thermique de l'enceinte et de récupérer également les produits de décomposition, stockés pour valorisation après condensation. La durée moyenne d'un traitement thermique est de l'ordre de 30h.

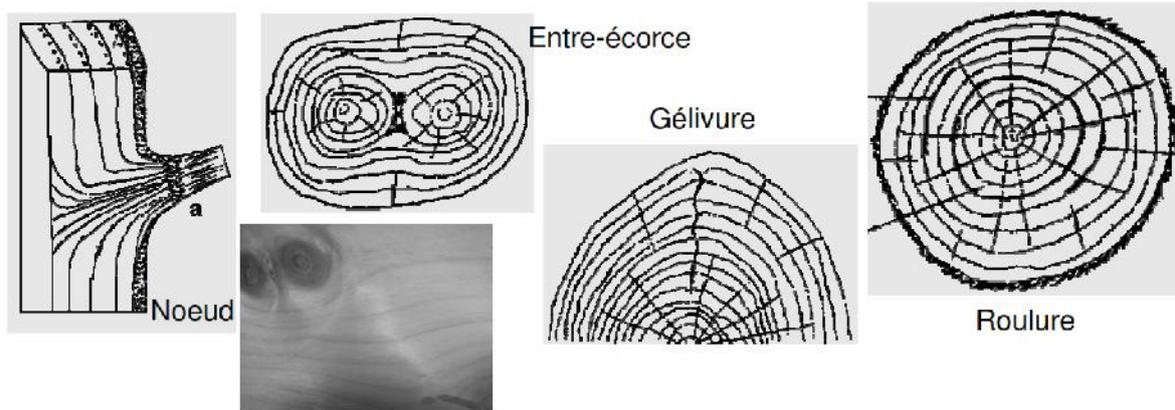
### **III.1.6. Limite technologique et industrielle des différents procédés**

Comme on peut le constater plusieurs procédés distincts ont été développés. Malgré les efforts récents mis en œuvre, la production de bois traité thermiquement reste très faible par rapport aux imprégnations classiques. Ce manque d'intérêt peut s'expliquer par les différents avantages et inconvénients dont la balance limite actuellement le développement industriel. Le principal défaut de cette technologie est le manque de données scientifiques concernant la thermodégradation du bois. Ce manque de connaissances empêche la bonne transposition technologique du pilote vers l'outil de production. En effet à petite échelle il est possible de produire un matériau traité thermiquement répondant aux normes de commercialisation. A cet effet les centres de recherche ont développé des « tables de traitement » qui font la liaison entre essences à traiter, épaisseurs, intensités de traitement.

## **IV. Défaut du bois :**

Parmi les anomalies de structure, on cite :

- **Nœud** : se situe à la jonction du tronc et d'une branche,
- **L'entre écorce** : présence de l'écorce dans la masse du bois,
- **Gélivures et gerçures roulures** : fentes circulaires constituées par le décollement de deux couches annuelles.
- **Roulures** : fentes circulaires constituées par le décollement de deux couche annuelle

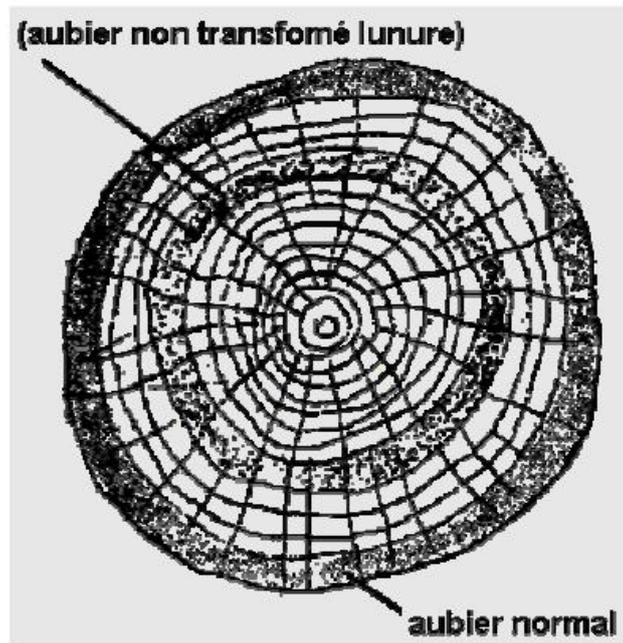


**Figure 8 :** Différents défaut du bois

#### **IV.1. Altération du bois**

Les principales altérations du bois portent sur la composition du bois avant ou après abattage :

- **Coloration** anormale du cœur : due à une concentration de tanin,
- **Lunure** : zone d'aubier intercalé dans le cœur,
- **Pourriture** : provoqué par certains champignons



**Figure 9 :** Altération du bois

#### **V. Classification des bois massifs**

Le bois est une matière organique, parmi ces principaux constituants organiques nous pouvons citer la cellulose environ 50% et la lignine environ 20%. Le bois est la matière ligneuse et compacte qui compose les branches, le tronc et les racines d'un arbre.

Chimiquement le bois se compose presque toujours de 50% de carbone, 42% d'oxygène, 6% d'hydrogène, 1% d'azote et 1% d'éléments divers. Le bois a des qualités et des défauts dont il faut tenir compte dans le façonnage et surtout dans l'assemblage, même des plus petits objets plusieurs critères de classification possible :

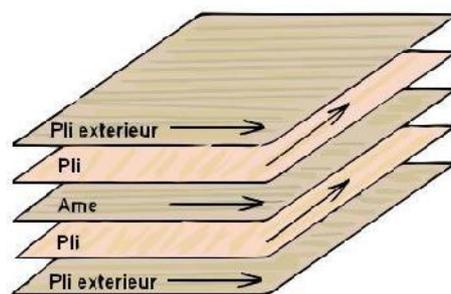
- bois indigènes ou bois d'importation
- au sein de chacune de ces catégories : bois de feuillus ou bois de résineux- parmi les essences de feuillus indigènes :
  - Les **bois très légers** (densité 0,4 à 0,5) : le peuplier, le saule, le tilleul,
  - Les **bois légers** (densité 0,5 à 0,65) : l'aulne, le bouleau et le tremble,
  - Les **bois demi-lourds** (densité 0,65 à 0,8) : le charme, le châtaignier, le chêne, l'érable, le frêne, le hêtre, le merisier, le noyer, l'orme, le platane, le poirier,
  - Les **bois lourds** (densité 0,8 à 0,95) : le buis, le chêne vert, le cornouiller, le sorbier,...
- parmi les résineux indigènes : les pins, cyprès, épicéas, sapins, mélèzes, cèdres (classement par ordre de densité croissante).

<b>BOIS BLANCS</b>	
Peuplier, tilleul, bouleau, tremble	Emballages, tournage, allumepapier
Platane, érable, aulne	Ebénisterie, menuiserie
<b>RESINEUX</b>	
Sapin, pin, épicéa, mélèze, pitchpin	Menuiserie, charpente, parquets, papier
<b>BOIS DURS</b>	
Chêne, hêtre	Menuiserie, bois courbés, contre-plaqué
Charme, châtaigner	Tournage, ébénisterie
Orme, acacia, noyer	Charronnage, pieux, barreaux
<b>BOIS FINS</b>	
Cerisier, merisier, noyer	Ebénisterie, sculpture
Poirier, pommier	Instruments de dessin
Cormier, buis, olivier	Rabots, varlopes, instruments de mesure
<b>BOIS EXOTIQUES</b>	
Acajou, ébène, palissandre	Ebénisterie, menuiserie de luxe
Okoumé, bois de rose, satiné	Menuiserie
Teck	Construction navale

## V.I. Différentes formes de bois

### a- Le contreplaqué

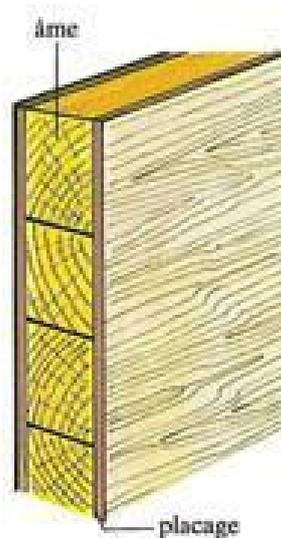
La fabrication du contre-plaqué consiste à dérouler à l'aide d'une grande machine des troncs d'arbres et à obtenir de minces feuilles de bois appelés plis. Les couches de bois sont ensuite collées les unes sur les autres en contrariant les fils du bois. Les couches de bois sont collées en nombre impair. Le pli intérieur constitue l'âme. Les procédés de collage, la découverte de colles nouvelles ont permis une association idéale des bois. Le bois le plus utilisé pour la fabrication du contre plaqué est l'okoumé, le peuplier. Il existe en épaisseur de 3 à 7 mm. On le désigne par le bois constituant les plis extérieurs, par exemple contreplaqué peuplier 5mm.



**Figure 8 :** Schéma illustratif du contreplaqué.

### b- Le panneau

Le panneau fort ou panneau latté est constitué par une âme formée de lamelles de sapin collées les unes contre les autres. Les deux faces sont constituées par un pli collé à contre fil.



**Figure 10 :** Schéma illustratif du panneau.

### **c-L'aggloméré de copeaux (novopan) et l'aggloméré de fibres (pavatex)**

Les copeaux de bois ou les fibres végétales sont agglomérés par des colles. Ils sont classés par densité, cette caractéristique commande les propriétés physiques et mécaniques des panneaux:

- tendre : 230 à 400 kg le m<sup>2</sup>
- dur : 480 à 850 kg le m<sup>2</sup>
- extra dur : plus de 950 kg le m<sup>2</sup>

On peut placer dans cette catégorie un panneau de fibres appelé **Medium Density Fiberboard** ou **MDF**.

### **d- Le lamifié (formica)**

Ils sont constitués à partir de matières cellulosiques de bois ou de matières plastiques. Ils ont appréciés pour leur coloris et leur résistance à l'usure aux rayures et à la chaleur. La finition existe en mat ou en brillant. Leur grande dureté fait que les outils s'abîment rapidement.

## **VII. Propriété du bois**

### **a- Sa solidité**

La solidité du bois n'est pas une légende mais la réalité, c'est même l'une de ses principales caractéristiques, l'élément fort de son image. Cette solidité s'explique par sa masse volumique. Pour les bois de structure, elle se situe entre 700 et 800 kg/m<sup>3</sup> (à 12% d'humidité).

### **b- Sa durabilité**

La durabilité naturelle est la propriété que possèdent les bois à résister aux atteintes des organismes destructeurs (champignons, insectes). La présence d'une forte proportion de tanin dans le bois est la raison de sa grande durabilité. Le bois de cœur résiste très bien aux alternances de sécheresse et d'humidité. Le bois exposé directement aux intempéries, s'il n'est pas au contact du sol, a une espérance de vie de plusieurs siècles.

### **c- Sa résistance mécanique**

Les caractéristiques mécaniques du bois dépendent pour une large partie de sa densité. Résistant en compression axiale, il l'est tout autant en flexion statique et offre une grande élasticité.

Le tableau ci-dessous résume les principales propriétés physiques du chêne comparées au douglas et à l'épicéa

	<b>Chêne</b>	<b>Douglas</b>	<b>Epicéa</b>
<b>Contrainte de rupture de compression axiale (Mpa)</b>	58	55	45
<b>Contrainte de rupture de traction axiale (Mpa)</b>	100	93	85
<b>Module de rupture en flexion (Mpa)</b>	97	85	71
<b>Module d'élasticité longitudinale en flexion (Mpa)</b>	12 500	12 100	11 000
<b>Résistance au choc (Nm/cm<sup>2</sup>)</b>	4,8	4,8	4,5
<b>Dureté Monnin (mm<sup>-1</sup>)</b>	3,5	2,2	1,4
<b>Dureté Brinell parallèle aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	57	44	31
<b>Dureté Brinell perpendiculaire aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	32	18	13

#### **d- Son pouvoir d'isolation**

Le bois a un très fort pouvoir d'isolation thermique, directement lié à sa structure. Il permet ainsi de conserver la chaleur à l'intérieur d'une pièce mais aussi de préserver celle-ci des températures extérieures. C'est l'une des raisons pour laquelle il est apprécié dans l'habitat car, outre son aspect chaleureux et esthétique, il procure une véritable valeur ajoutée en terme d'économie d'énergie. Il est également un bon isolant phonique.

#### **e- Son comportement au feu**

Le bois dense, est mauvais conducteur de chaleur, ce qui constitue un véritable atout pour lutter contre les incendies et offre donc une meilleure sécurité aux utilisateurs. En cas d'incendie, les pièces de chêne se déforment peu. Un effondrement soudain n'est pas à craindre comme il peut l'être avec d'autres matériaux.