

Le bois et ses propriétés techniques appliquées à la construction.

Ce manuel constitue le support d'une formation en éco construction dispensée sur cinq jours.

Avant de découvrir les différentes techniques de construction bois il nous a semblé important de permettre à notre public de se familiariser avec le matériau utilisé et d'appréhender le fonctionnement d'une maison d'habitation.

Le manuel se divise en trois parties comme suit :

- ◆ Le bois et ses propriétés techniques appliquées à la construction.
- ◆ Les exigences auxquelles doit répondre un bâti.
- ◆ Les différents systèmes constructifs bois. (ossature bois, poteau-poutre, charpente)

Sources principales :

- ◆ Encyclopédie des métiers, la charpente, Association Ouvrière des Compagnons du Devoir.
- ◆ L'Isolation thermique écologique (2010), Jean-Pierre Oliva et Samuel Courgey, édition terre vivante
- ◆ Maison Bois Outils Concept, CNDB
- ◆ La Construction à ossature traditionnelle en chêne, Rupert Newman, édition Eyrolles

Nous apportons l'attention du lecteur sur le fait que ce manuel n'est pas exhaustif et peut comporter des erreurs. Si vous avez un projet de construction il est à savoir que toute connaissance théorique doit s'accompagner d'une expérience pratique. Ces fiches techniques ne permettent pas d'avoir toutes les connaissances nécessaires pour réaliser sa maison bois.

Ce manuel ayant été conçu comme support à une formation orale, il se peut que certains points abordés ne soient pas totalement clairs pour le lecteur.

Nous rappelons que ce contenu a été réalisé à l'aide de plusieurs sources dont nous avons fait une synthèse, il va donc de soi que ce manuel est mis à disposition gratuitement puisque rien n'a été inventé. Les fiches techniques sont libres de diffusion. Néanmoins, étant donné qu'il s'agit du résultat de notre travail, nous demandons simplement de mettre notre site en lien, et non pas de mettre les fichiers en téléchargement depuis votre site internet, d'autant plus que le contenu des fiches sera complété ultérieurement.

LE BOIS ET SES PROPRIETES TECHNIQUES APPLIQUEES A LA CONSTRUCTION.....1

I. LE MATERIAU BOIS..... 5

1. *L'arbre et la forêt*.....5

- a) Présentation de l'arbre et de la forêt 5
- b) Les essences de bois 7
- c) Aspect de l'arbre sur pied 8
- d) Anatomie de l'arbre 9

2. *Les différents débits*.....10

- a) Le cubage 10
- b) Les débits..... 11

3. *Les défauts et altérations du bois*16

- a) Les défauts 16
- b) Les altérations 19
- c) Les traitements 24
- d) Conclusion 24

4. *Provenance et label*25

II. PROPRIETES TECHNIQUES APPLIQUEES A LA CONSTRUCTION..... 26

1. *Propriétés physiques*.....26

- a) L'humidité 26
- b) La rétractabilité 27
- c) La masse volumique 29
- d) Le comportement thermique..... 30
- e) La résistance au feu..... 31
- f) Le comportement acoustique..... 32
- g) Le comportement électrique 32

2. Propriétés mécaniques	33
a) La compression axiale	34
b) Le flambage	34
c) La traction axiale	35
d) La flexion statique	35
e) La flexion dynamique	35
f) Le fluage	36
g) La compression transversale.....	36
h) Le cisaillement.....	36
i) La dureté	37
j) Calcul de charges.....	37
1) Introduction	37
2) Définition des différentes sollicitations	38
3) Éléments à prendre en compte pour le calcul d'un plancher	40
➤ Surcharges d'exploitation : P_e	40
➤ Tableaux ressource.....	40
➤ Calculs des charges d'exploitation P	41
4) Exemple de calcul de charge d'un plancher	42
3. Classe de résistance	43
a) Introduction	43
b) Classe de résistance mécanique	43
c) Classe de résistance à l'eau.....	45
d) Classe de résistance au feu	46

I. Le matériau bois

1. L'arbre et la forêt

a) Présentation de l'arbre et de la forêt

Propriété forestière

Les forêts appartiennent à l'Etat, à des communautés, à des établissements publics et à des particuliers.

Les forêts de l'Etat, ou forêts domaniales (pour l'essentiel, anciens domaines des rois de France), ne relèvent pas du domaine public, dont l'usage est commun à tous, comme les routes nationales, mais du domaine privé.

De même la forêt communale relève du domaine privé des communes même si dans son principe c'est une forêt collective (ancien droit de marronnage pour l'obtention des bois de construction nécessaires à l'habitation). Aujourd'hui, pour des raisons économiques les produits en sont commercialisés.

Ils existent aussi les forêts privées, celles-ci représentent la majeure partie des forêts françaises.

Les peuplements forestiers :

Ils sont constitués à 49% de futaies, 28% de taillis sous futaies et taillis productifs, et 23% de taillis peu productifs. Ils sont composés de 2/3 de feuillus et 1/3 de résineux.

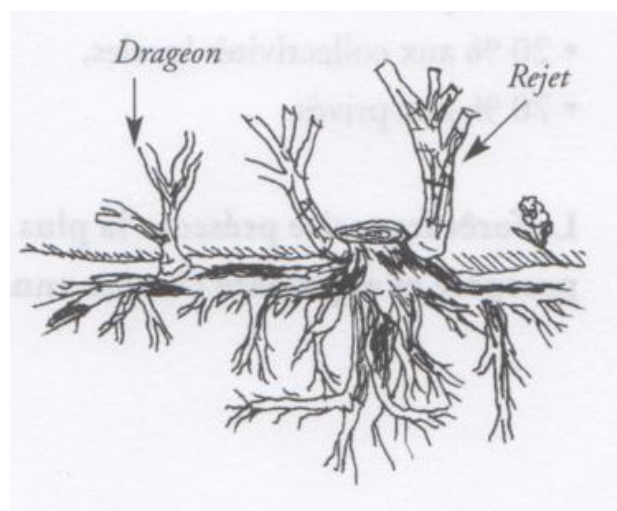
10% pour l'état,

20% aux collectivités locales,

70% aux privés

Les différents régimes de forêt

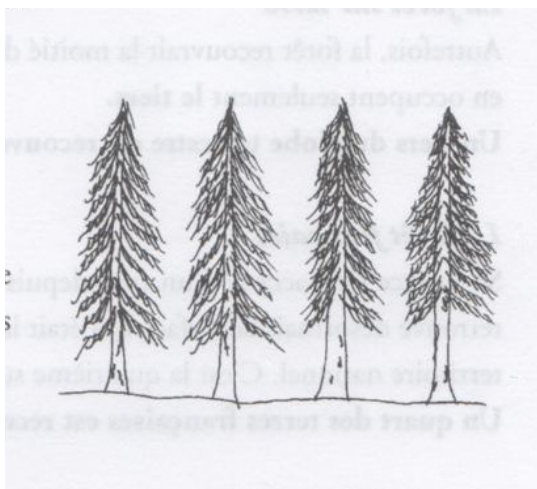
Le régime du taillis est basé sur la faculté des essences feuillues à constituer des rejets de souche ou des drageons de racine. Tous les 15 à 30 ans ils sont coupés et on les laisse repousser.



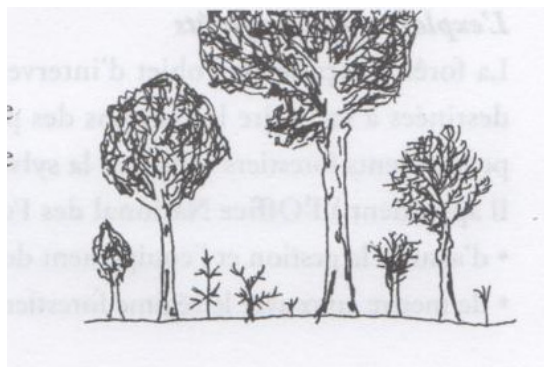
Les futaies procurent du bois d'œuvre de par leurs fûts droits et élancés. La régénération des futaies se fait par les graines tombées des arbres

Il en existe deux sortes :

Le régime de la futaie régulière constitué par des tiges de même âge, croissant côte à côte. Ici l'homme a intérêt à intervenir dans la sélection naturelle pour ne pas laisser dépérir puis pourrir sur le sol les arbres victimes de la concurrence vitale qui s'exerce dans ces futaies tant au regard de la lumière qu'au regard des éléments fertilisants du sol.



Le régime de la futaie jardinée (ou taillis sous futaie), ici les arbres n'ont pas le même âge. Tous issus du taillis ils sont sélectionnés en fonction de leur essence par l'homme et ce dès leur plus jeune âge. Il en ressort donc un mélange de toutes dimensions.



L'âge d'abattage

Pour être abattu, un arbre doit atteindre sa pleine maturité afin d'en tirer un profit maximum de bois.

L'âge d'abattage des arbres varie donc selon chaque essence.

Âge d'abattage	Essences
20 à 25 ans	Peuplier
40 ans	Bouleau, douglas
50 ans	Érable, mélèze, noyer, cerisier
70 à 80 ans	Tilleul, frêne
100 à 120 ans	Orme, châtaignier, hêtre
120 à 150 ans	Chêne
1500 ans	Séquoia

b) Les essences de bois

Un classement est réalisé suivant **les caractéristiques physiques et mécaniques** des essences:

les bois durs et très durs,
les bois mi-durs,
les bois tendres ou blancs,
les bois résineux,
les bois fins, précieux et fruitiers.

Un classement se fait également suivant **la provenance** des essences:

les bois indigènes (de France),
les bois d'importation (de l'étranger).

Les bois indigènes feuillus et résineux

Classe des bois	Essences
Les bois durs	le chêne , l'orme, le frêne, l'acacia , le charme, le buis
Les bois mi-durs	le hêtre, le châtaignier
Les bois tendres ou blancs	le peuplier , l'aulne, le bouleau, le tilleul
Les bois résineux	le pin maritime (pin des Landes), l'épicéa (sapin blanc du Nord), le pin sylvestre (pin rouge du Nord), le sapin , le cèdre, le mélèze, le douglas
Les bois fruitiers	le noyer, le merisier, le cerisier, le poirier, l'olivier, le cormier

Les bois d'importation selon l'importance

Provenance des bois	Essences
Europe Centrale	Chêne, épicéa
Europe du Nord Afrique équatoriale	l'épicéa, le douglas, le pin sylvestre en bois durs et très durs: azobé, iroko , doussié, teck, niangon, bossé, movingui , makoré, sipo acajou, bété, padouk, sapelli en bois tendres: okoumé, framiré
Asie et Extrême-Orient	le palissandre, l'ébène, le teck, le méranti
Amérique latine	l'acajou de Cuba, le palissandre de Rio, le bois de rose, le gaïac
Amérique du Nord	le red cedar (Canada), le pitchpin (États-Unis).

c) Aspect de l'arbre sur pied

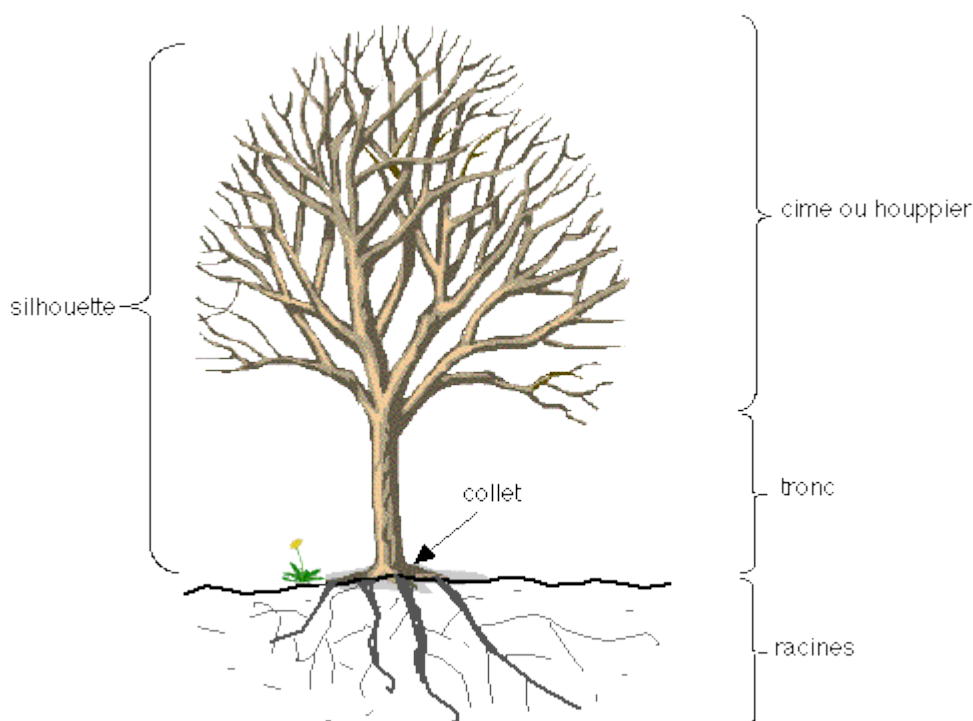
L'arbre est un **être vivant** appartenant au règne végétal, il subvient donc à ses besoins grâce à la photosynthèse. Il naît et pousse toujours rapidement en hauteur avant d'arriver à maturité, puis il ne croît plus qu'en diamètre.

Enfin arrive la vieillesse de l'arbre: son cœur s'effrite et pourrit, ses branches tombent, etc. Avant que l'arbre n'arrive au seuil de vieillesse, les forestiers par expérience jugent l'âge auquel doivent être abattues les différentes espèces.

Longévité de quelques arbres

Longévité	Essences
30 à 50 ans	le peuplier , le bouleau, l'aulne
80 à 100 ans	le sapin , l'orme, le cerisier
120 à 150 ans	le hêtre, le tilleul
150 à 300 ans	le chêne
1000 à 2000 ans	le douglas , le séquoia d'Amérique

Aspect général



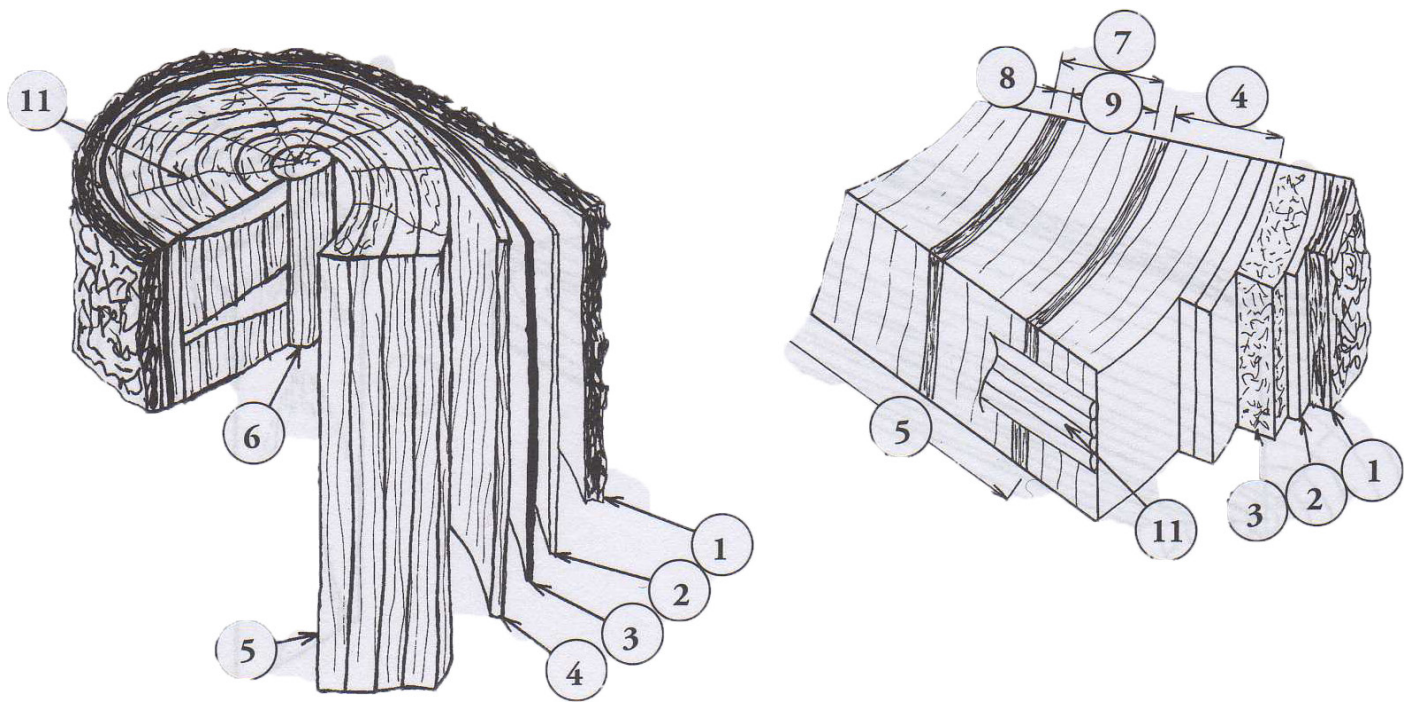
Les feuilles se développent sur les rameaux et il en existe deux sortes :

Les feuilles caduques qui tombent et repoussent chaque année.

Les feuilles persistantes qui ont une durée de vie de 6 ans environ.

d) Anatomie de l'arbre

Si l'on observe la coupe transversale de l'arbre on découvre:



1 - **L'écorce**: les cellules sont mortes, c'est le mamelon protecteur de l'arbre.

2 - **Le liber**: partie vivante où circule la sève élaborée.

3 - **Le cambium**: il engendre, vers l'intérieur, de l'aubier en régulant le liber vers l'écorce.

4 - **L'aubier** : c'est la partie vivante et fonctionnelle de l'arbre. Il véhicule de la sève brute à l'aide des vaisseaux conducteurs. L'aubier est composé de plusieurs couches concentriques; chaque année une couche se transforme en bois parfait.

5 - **Le duramen ou bois parfait**: c'est le bois d'œuvre par excellence. Ensemble de cellules mortes où les éléments de nutrition ne circulent pas. Elles sont imprégnées de résine, tanin ou gomme qui les conservent.

6 - **La moelle ou cœur**: centre de l'arbre qui, avec l'âge, laisse un canal vide ou rempli de tissus spongieux. Il ne joue aucun rôle dans la vie de l'arbre, mais est à éliminer au débit car il est source de fentes.

7 - **Les cernes annuels** : elles sont composées du bois de printemps et du bois d'été. Ils sont variables suivant les années. Ils permettent de calculer l'âge de l'arbre.

8 - **Le bois de printemps**: correspond à la repousse végétative de l'arbre, plus tendre que le bois d'été.

9 - **Le bois d'été**: les tissus sont plus durs et plus denses que ceux du printemps. Il correspond au ralentissement de la vie de l'arbre.

10 - **Les vaisseaux**: canaux parallèles à l'axe de la tige, ce sont des cellules allongées et creuses servant à véhiculer la sève dans l'aubier.

11 - **Les rayons médullaires**: ils servent à véhiculer la sève élaborée du liber vers les cellules vivantes de l'aubier. Ces rayons sont vides dans le duramen. Ils apparaissent sur certains bois en coupe radiale et prennent alors le nom de mailles (chêne, hêtre...).

2. Les différents débits

a) *Le cubage*

Il est indispensable de connaître le cubage d'une charpente ou d'une pièce de bois. En effet il permet de connaître son poids en fonction de la densité (utile pour le chargement sur les camions, le levage, etc.) mais aussi d'établir le prix de la charpente bien souvent. Le cubage ne s'effectue pas de la même façon pour un arbre sur pied que pour un arbre abattu.

Le cubage d'un arbre sur pied

Il consiste à estimer le volume de chacune des parties de l'arbre.

Pour cela, il faut:

mesurer la grosseur du tronc à hauteur d'homme,

évaluer sa décroissance tous les mètres,

mesurer la hauteur du fût,

calculer le volume en ml.

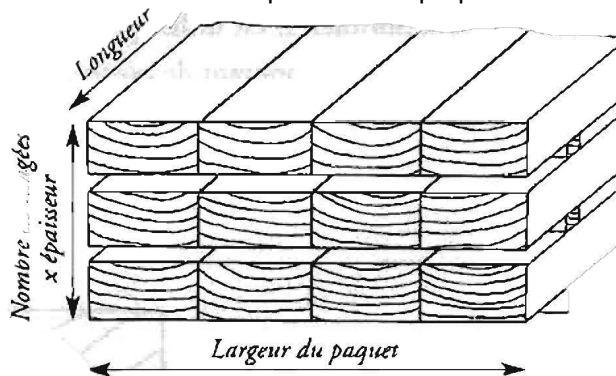
Le cubage des bois abattus

Le cubage comprend deux opérations :

la prise de mesures appelée le toisé,

le calcul du volume.

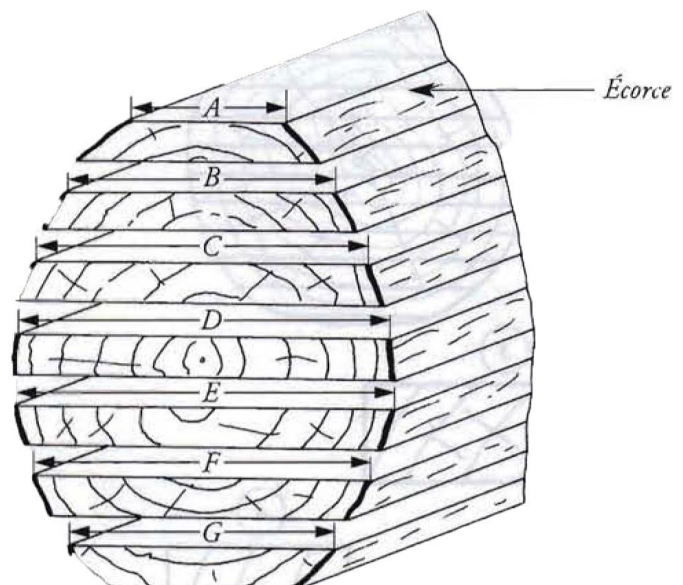
Le toisé des débits avivés se réalise par bout du paquet de bois.



Le toisé du débit en plot se réalise à l'axe du plot

$$L = A + B + C + E + F + G$$

Si L est la largeur des planches d'une grume alors le volume = Longueur * L * épaisseur



b) Les débits

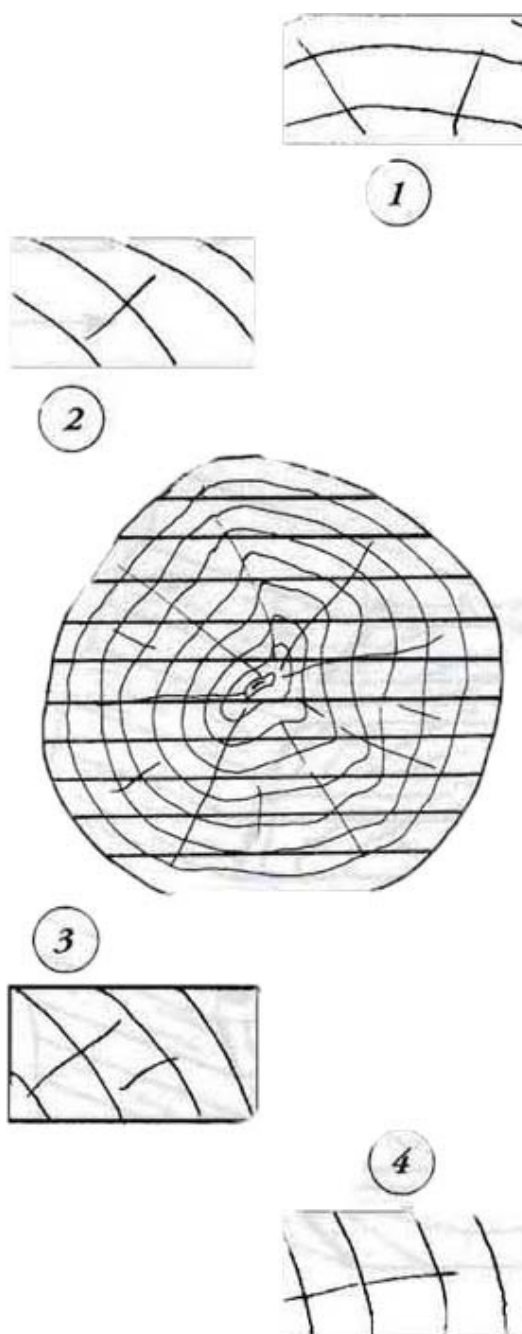
La terminologie d'un débit en plot

1-La dosse: les cernes sont pratiquement parallèles aux faces. Elle est utilisée en palette ou en bois de chauffe.

2-La contre-dosse: elle comporte beaucoup d'aubier mais elle est utilisée pour faire des panneaux flammés en menuiserie. Elle travaille et gauchit beaucoup.

3-Le faux quartier: les cernes sont plus ou moins à 45°, le bois est plus ou moins stable et est utilisé dans la plupart des travaux de menuiserie.

4-Le quartier: les cernes sont perpendiculaires à la face. C'est la partie la plus stable car la plus proche du cœur. D'un aspect décoratif (mailles), mais avec de la perte due au cœur à supprimer. Il est utilisé pour faire les parties les plus importantes d'un ouvrage (limon d'escalier, montant de porte...).



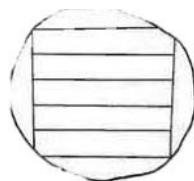
Le débit en plot

C'est le plus courant des débits et le plus simple. Les planches ont un maximum de largeur, mais elles ne sont pas toutes de même qualité.



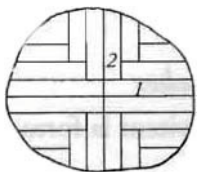
Le débit sur dosse ou avivé

La bille est équarrie, on enlève les quatre côtés appelés dosses et on débite de la même façon que le débit en plot. Il est très utilisé pour les résineux destinés à la charpente.



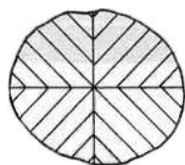
Le débit sur quartier

Il s'exécute en refendant la bille en quart. Ensuite une planche verticale est débitée puis une horizontale et ainsi de suite. Ce débit offre du bois sur quartier et faux quartier.



Le débit hollandais ou sur maille

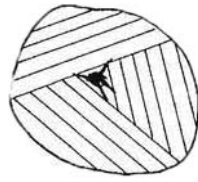
Il donne des planches maillées avec un pourcentage de pertes significatif.



Le débit cantibay

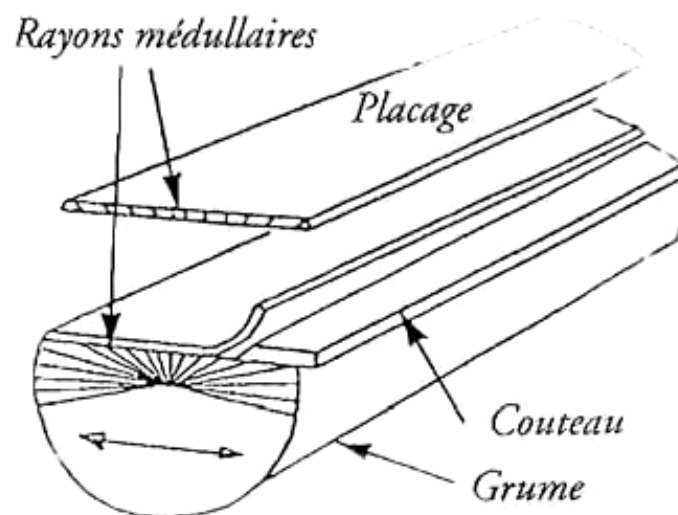
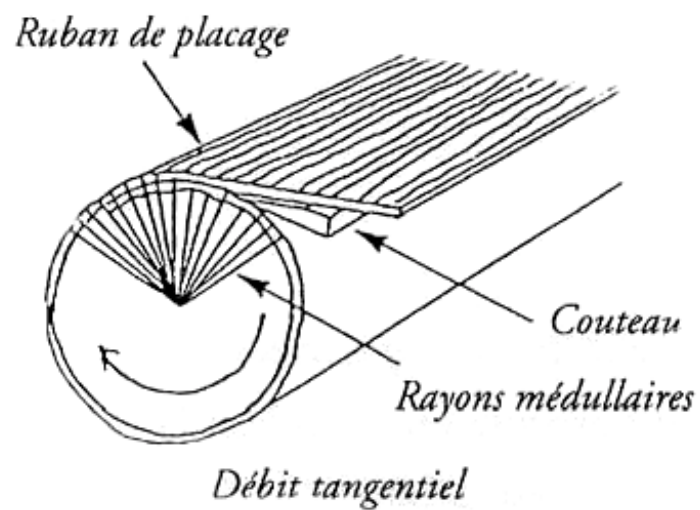
Ce débit est surtout utilisé pour les bois exotiques afin d'en éliminer le cœur.

L'érable est débité ainsi.



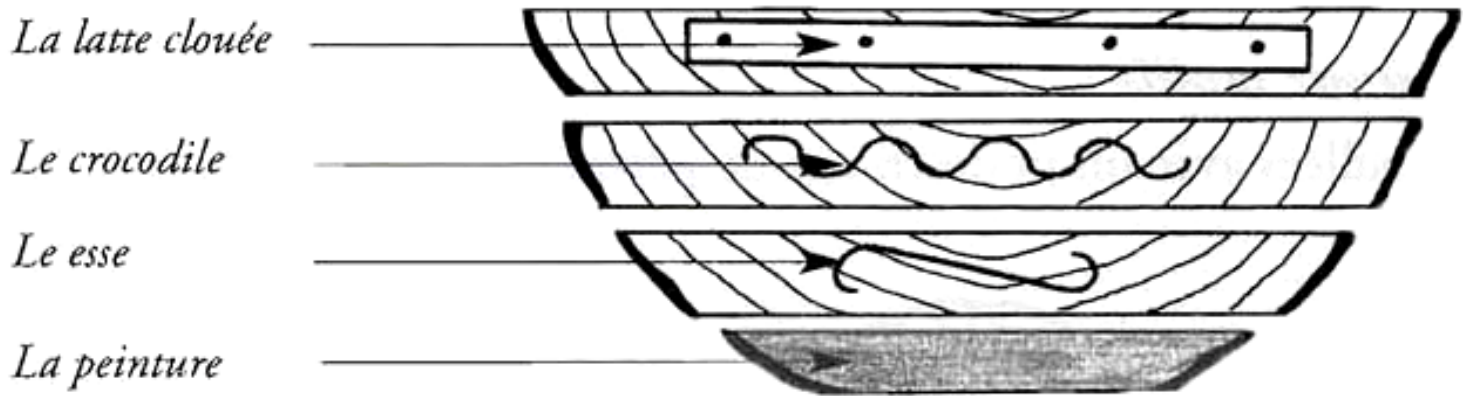
Le débit par déroulage et par tranchage

Il permet d'obtenir du placage pour la fabrication de panneaux ou de meubles en ébénisterie.



Les protections en bout des planches

Il existe différentes protections qui évitent la formation de fentes en bout des plots.



Le séchage et le stockage du bois

Les conditions d'un bon séchage sont primordiales, qu'il soit artificiel ou naturel.

Ses buts sont:

- d'éliminer la sève et l'eau,
- d'éliminer les déformations, les altérations et les attaques d'insectes,
- de faciliter l'usinage et le taillage.

Séchage naturel



Le séchage artificiel

Il a l'avantage de faire sécher le bois beaucoup plus rapidement que naturellement. Il existe plusieurs principes de séchage artificiel :

- les séchoirs traditionnels (à moyenne et à haute température).
- les séchoirs par déshumidification.
- les séchoirs sous vide.

Les sections commerciales

Pour le débit en plot

Nom	Épaisseur courante en mm	Utilisation
Les feuillets	7 ; 10 ; 13 ; 15 ; 18 ; 20 ; 22	Panneaux, lamellé-collé
Les planches	27 ; 34 ; 41 ; 45	Menuiserie intérieure générale
Les plateaux	54 ; 65 ; 75 ; 80 ; 100 ; 120	Menuiserie extérieure, escalier

Pour les bois avivés

Les sections sont réalisées en fonction des besoins des entreprises et suivant la région. Cependant il existe un bon nombre de sections et de dimensions commerciales :

On appelle couramment

Chevron	50x75 63x75 75x75 100x100 115x115
Bastaing	50x150 63x160 63x175
Madrier	75x175 75x200 75x225 100x225
Poutre	125x125 150x150 200x200 225x225
Solivette	32x150 38x175 38x200
Résineux français, de 0.50m en 0.50m (entre 1 et 12 m) Bois du nord, de 0.30m en 0.30m (entre 1.5 et 6m)	

3. Les défauts et altérations du bois

a) Les défauts

Les nœuds

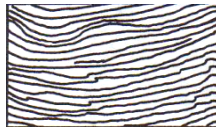
Au séchage, le retrait des branches est plus important que celui du tronc. Par conséquent, il apparaît des déformations et des gerces aux alentours des nœuds.

Présents en trop grand nombre, ou de dimensions trop importantes, ils diminuent la résistance mécanique et augmentent les difficultés d'usinage.



Le fil tors

Il est dû au vent ; lors du débit les fibres se retrouvent tranchées.



Le contre-fil

Il est plus ou moins présent selon les essences.

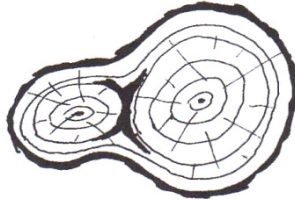
Il est employé en ébénisterie.

La loupe



Cette anomalie est due à l'élagage naturel ou artificiel qui provoque des excroissances du tronc. Elle est très recherchée en ébénisterie.

L'entre écorce



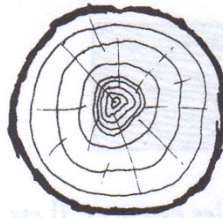
C'est la naissance de deux branches à la même hauteur, renfermant une partie d'écorce.
Le bois est impropre à tout travail.

Le cœur excentré



Il est dû au vent ou à la forte pente du terrain.

L'irrégularité des cernes



Elle se retrouve souvent chez les arbres qui ont poussé en futaie jardinée.
Leur croissance est irrégulière car les arbres adultes leur font de l'ombre durant leur jeunesse.

Les blessures



Elles sont causées par la présence de corps artificiels (clou, mitraille, fil de fer), par des frottements (d'engins, d'animaux), des brûlures (feu, soleil, foudre), etc.



La gélivure

C'est une fente radiale due à un gel violent ; elle peut entraîner la mort de l'arbre.



La roulure

C'est un décollement entre un cerne mince et un cerne épais. Elle est due à un assèchement du sol.

Le gui

C'est une plante parasite qui provoque une multitude de trous de suçoirs sur l'arbre. Il ne provoque aucun affaiblissement mécanique.



La lunure ou double aubier

C'est un anneau d'aubier qui est prisonnier dans le duramen. Elle est due à un froid intense.

b) Les altérations

Les champignons

Ils se développent dans des conditions importantes d'humidité (supérieure à 22 % pour les bois mis en œuvre) et de température (entre 25 °C et 35 °C). Ils attaquent plus particulièrement l'aubier des arbres. C'est la raison pour laquelle il doit être éliminé avant la mise en œuvre.

On peut distinguer :

La décoloration : c'est une modification de la coloration naturelle du bois, non associée à une perte de résistance. Par exemple le bleuissement est dû à un champignon lignicole (qui vit dans le bois) qui colore en bleu l'aubier des résineux.

L'échauffure : c'est le premier stade de la pourriture. Les propriétés mécaniques du bois sont donc amoindries. Par exemple l'échauffement du hêtre se caractérise par des tâches blanchâtres. Elles apparaissent s'il s'écoule trop de temps entre la coupe de la grume et son débit.

La pourriture : décomposition du bois créant un ramollissement, une perte progressive de masse et de résistance mécanique, et souvent un changement de texture et de couleur.

Par exemple la méréule est un champignon lignivore (qui mange le bois) susceptible d'attaquer toutes les essences de bois. Il traverse la maçonnerie ; il a besoin de très peu d'eau (mais d'une atmosphère humide (22%) et de températures élevées (25 à 30°C)).



Durabilité naturelle du bois parfait des essences courantes, face aux champignons			
Très durables	durables	moyennement durables	non durables
Angélique	Châtaignier	Meranti	Epicéa
Azobé	Chêne	Niangon	Limba
Doussié	Iroko	Orme	Okoumé
	Makoré	Pin	Peuplier
	Mélèze	Sipo	Sapin
	Douglas		
	Red Cedar		

Les insectes xylophages

Capricorne des maisons (*Hylotrupes bajulus*)



Le Capricorne des maisons est un insecte de la famille des *Cerambycidae*, ses larves sont xylophages. On le trouve principalement dans les charpentes des habitations où il causera de sérieux dégâts.

Le mâle adulte a une taille allant de 8 à 15 mm, la femelle de 10 à 25 mm. Pour la larve de 15 à 30 mm, elle aura une durée de vie de 3 à 10 ans suivant les conditions climatique, hydrométrique et de température. La larve peut se mettre en 'standby' si ces conditions ne lui conviennent pas.

Sensibilité des essences courantes aux attaques des capricornes	
Essence dont seul l'aubier est attaquant	Essence attaquant dans sa totalité
Pin	Epicéa
Douglas	Sapin
Mélèze	Hemlock
toutes les essences où le bois parfait duraminise	toutes les essences à bois parfait et à aubier
Ils ne s'attaquent qu'aux résineux	

Les Vrillettes



Il existe deux sortes de vrillette :

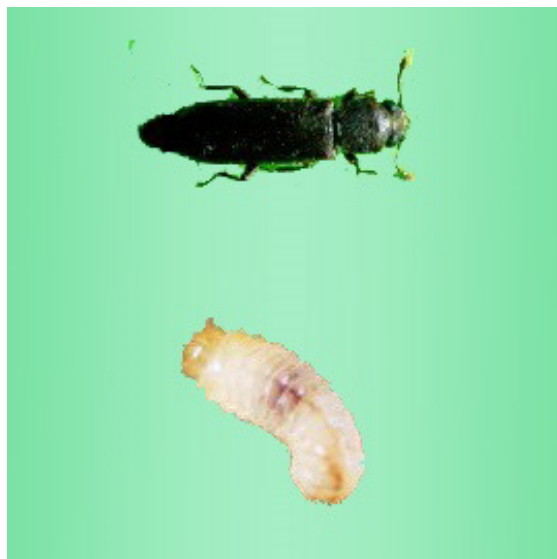
la grosse vrillette (*Xestobium rufovillosum*, 5 à 7 mm) et la petite (*Anobium punctatum*, 3 à 5 mm).

Leurs larves creusent ou forent le bois, gagnant ainsi le nom d'« insectes foreurs ». Elles engendrent des dégâts importants aux meubles ou aux charpentes. Ce ravageur du bois laisse derrière lui des orifices d'envol de 2 à 3,5 mm de largeur.

Il lui faut minimum 22 % d'humidité dans le bois pour 22 à 25 °C. Peu de risques, donc, dans les conditions habituelles de logement. La grosse vrillette s'attaque principalement aux bois d'œuvre anciens ayant reçus une grande quantité d'eau : dégât des eaux, tempête, inondation. Cette forte humidité entraîne le développement de champignons. L'azote, développé par le champignon, plus l'eau fournissent les nutriments nécessaires au développement de la larve.

Sensibilité des essences courantes aux attaques de la petite vrillette	
Essence dont seul l'aubier est attaquant	Essence attaquant dans sa totalité
Pin	Epicéa
Douglas	Sapin
Mélèze	Hemlock
Châtaignier	Peuplier
Chêne	
Orme	
toutes les essences où le bois parfait duraminise	toutes les essences à bois parfait et à aubier

Sensibilité des essences courantes aux attaques de la grosse vrillette
toutes les essences sont attaquant mais il faut que le bois soit déjà infesté par un champignon



Les Lyctus sont des coléoptères xylophages de la famille des *Lyctinae* dont les larves vivent dans l'aubier de certaines essences de feuillus.

Les dégâts occasionnés par les lyctus ont été très importants pendant les années d'après guerre, principalement sur des parquets et lambourdes en chêne et des contreplaqués. Les infestations ont régressé entre les années 60 et 70, mais ces dernières années, l'augmentation des importations d'essences tropicales aubieuses, n'ayant fait l'objet d'aucune protection ont inversé ce processus. Cet insecte cause de réels problèmes, particulièrement pour les menuiseries extérieures et intérieures, les meubles et les éléments de décoration.

Le lyctus attaque uniquement les essences feuillues, notamment celles à zones poreuses.

Celui-ci ne s'attaque jamais aux essences résineuses, en effet, celles-ci ne possèdent pas de vaisseaux permettant aux femelles de déposer leur ponte.

Les dégradations des bois sont visibles par la présence de trous de sorties circulaires de 1 à 2 mm de diamètre, sans orientation particulière. Les galeries sont circulaires et très sinueuses. Les vermoulures sont extrêmement fines et présentent au toucher, la même consistance que la fleur de farine.

Sensibilité des essences courantes aux attaques des lyctus		
Essence totalement résistante	Essence dont seul l'aubier est attaquant	Essence attaquant dans sa totalité
Bouleau	Châtaignier	Limba ou fraké
Peuplier	Chêne	
	Doussié	
	Iroko	
	Niangon	
	Orme	
	Sipo	
Ils ne s'attaquent qu'aux essences feuillues à gros vaisseaux et mangent l'amidon		

Les termites



En Europe, les termites sont des insectes ravageurs qui peuvent causer de grands dégâts dans les habitations en creusant leurs galeries dans le bois d'œuvre dont ils se nourrissent.

Sont en danger uniquement les bois conservant une humidité au-delà de 20 % et d'une température ambiante ou chaude, les bois normalement ventilés ne seront pas sujets aux attaques des termites.

En France, en vertu de la loi n° 99-471 du 8 juin 1999 tendant à protéger les acquéreurs et propriétaires d'immeubles contre les termites et autres insectes xylophages, la présence de termites dans un immeuble doit être déclarée auprès des autorités. Les municipalités ont le pouvoir de procéder aux travaux de désinfestation, le cas échéant aux frais des propriétaires.

Par ailleurs, l'article 3 de la dite loi impose à tout vendeur de bien immobilier de fournir à son acquéreur, lorsque le bien immobilier est situé en "secteur contaminé ou susceptible de l'être", un état parasitaire de moins de 6 mois. A défaut, le vendeur ne peut pas s'exonérer de sa garantie des vices cachés.

Sensibilité des essences courantes aux attaques des termites
L'aubier de toutes les essences est attaquant, par contre le bois parfait de certaines essences tropicales (angélique, azobé, iroko...) est naturellement résistant

c) Les traitements

Depuis quelques décennies, les bois mis en œuvre on souvent été sélectionnés sur de critères de croissance plus que sur des critères de qualité. Pour parvenir à les mettre en œuvre il faut les traiter car ces même bois ne duraminisent pas et ne sont donc pas résistants aux attaques des insectes xylophages.

Pour ce faire différent traitement existe :

- Les traitements artificiels ou de surface :

Les bois sont trempés ou soumis à pulvérisation de produits chimique insecticide (xylophène,.....) d'une durée approximative de dix ans. Ce type de traitement est peu fiable et déconseillé.

- L'imprégnation à cœur ou traitement autoclave :

Par un jeu de pression en étuvage on vide le bois de sa substance que l'on remplace par un mélange de plomb et de mercure. On supprime ainsi tous les nutriments nécessaires à la prolifération des insectes.

d) Conclusion

La construction étant vouée à durer dans le temps il faut apporter beaucoup de soin à la sélection du bois. L'essence joue donc un rôle prépondérant. Il faudra s'assurer que le bois ne comporte que peu d'aubier et qu'il duraminise, c'est-à-dire qu'il se minéralise dans le temps et manque donc de nutriments, ceux-ci servant de nourriture aux insectes xylophages.

4. Provenance et label

Pour s'assurer de la provenance du bois il existe deux labels décrits ci-dessous.

Le bois massif issu de forêts locales reste encore la meilleure solution mais parfois, les exigences du système constructif retenu nécessiteront l'emploi de bois issu de l'industrie (klh, lamellé-collé, contre-collé...), les labels prennent alors tout leur sens.

La certification forestière Procédures de certification de gestion durable des forêts FSC, PEFC...



Forest Stewardship Council
Programme initié par Greenpeace
(de l'ordre de 87 Mha de forêts
certifiées FSC dans le monde)



**Programme de Reconnaissance des
Certifications Forestières**
(196 Mha certifiés PEFC dans le monde,
57,7 Mha de forêts certifiées PEFC en
Europe, dont 3,6 Mha en France en février
2005)

9% de la forêt mondiale est certifiée...

Procédures de certification de gestion durable des forêts FSC, PEFC...

Les deux labels ont en commun :



- qu'il s'agit d'une **démarche volontaire** du producteur forestier
- qu'ils se réfèrent aux principes de la **gestion durable** des forêts : respect des ressources, multifonctionnalité, gestion à long terme,...
- qu'ils intègrent une **progression dans le temps** vers cette gestion durable, vu qu'une forêt ne se transforme pas du jour au lendemain.
- qu'ils ont instauré un système de **contrôle externe** et une participation des milieux concernés par la forêt dans le processus de certification

II. Propriétés techniques appliquées à la construction

1. Propriétés physiques

Il importe évidemment de connaître parfaitement les propriétés physiques et mécaniques d'un matériau pour pouvoir l'utiliser correctement. Celles-ci sont soumises à des lois parfaitement définies, et les résistances des ouvrages en bois peuvent se calculer avec une précision comparable à celle obtenue pour les autres matériaux.

Les différentes caractéristiques physiques à considérer en vue de l'emploi du bois sont:

- L'humidité
- La rétractabilité
- La masse volumique
- Comportements thermiques
- Comportements acoustiques
- Comportements électriques
- La dilatabilité
- La résistance au feu

a) L'humidité

L'humidité ou teneur en eau

C'est l'une des caractéristiques du bois les plus importantes, car elle influe directement sur ses autres propriétés physiques et sur ses propriétés mécaniques. En effet, toute variation d'humidité entraîne des variations de dimensions, de forme, de volume, de densité, et de résistance.

Son degré d'humidité joue aussi un rôle dans sa conservation, les bois humides peuvent être attaqués par les champignons ou les insectes des bois frais.

Il est donc important de s'assurer de la teneur en eau des bois mis en œuvre. Pour cela nous devons connaître leur taux d'humidité afin de déterminer comment nous pourrions les employer. Les fournisseurs ou scieurs doivent garantir ces pourcentages d'humidité. Pour notre partie, celui-ci doit se situer entre 15 et 22% au maximum.

Une fois le bois réceptionné il faudra être vigilant au stockage. Etant un matériau hygroscopique, il cherchera à « s'équilibrer » avec son milieu : s'il est stocké dans un endroit trop humide, il se gorgera à nouveau d'eau et la rendra une fois mis en œuvre. Il faut donc s'assurer que cet excès d'humidité ne créera pas de désordre ou le stocker à l'abri.

L'humidité d'un bois s'exprime en pourcentage ; il faut retenir qu'un bois ayant atteint son **point d'équilibre** (≈17%) ne pourra plus reprendre beaucoup d'eau, il sera donc plus stable dans ses caractéristiques.

b) La rétractabilité

Tout bois qui reprend de l'humidité gonfle, et au contraire, s'il en perd, il se rétracte. On dit couramment que le bois « joue » ou encore qu'il « travaille ».

Les bois ne se comportent pas de la même façon suivant leur essence et leur provenance d'où la nécessité de bien connaître le phénomène, et les facteurs qui l'influencent.

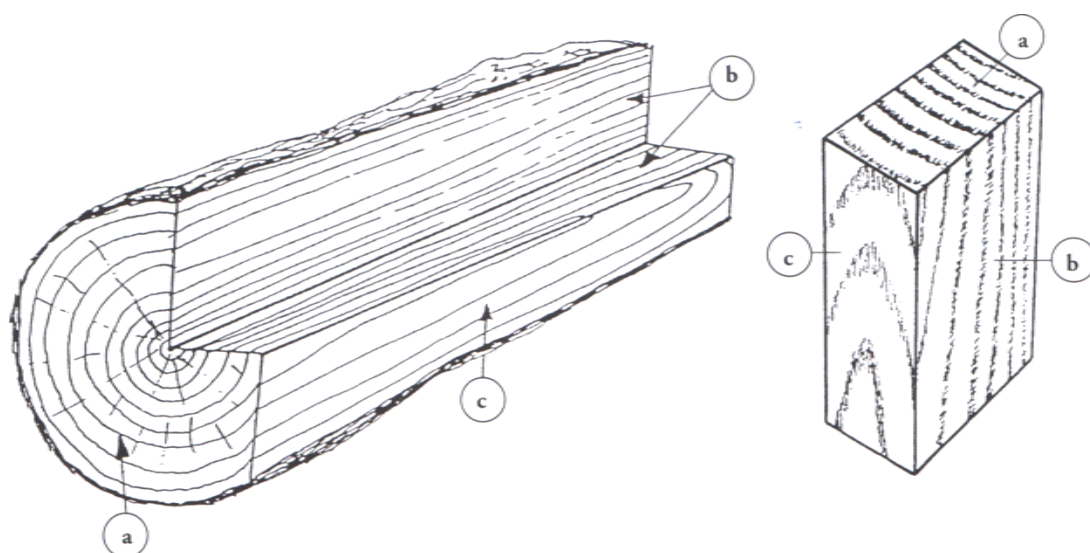
La rétractabilité ne s'exerce pas de façon égale dans les trois directions : axiale, radiale et tangentielle.

Sens	Bois légers	Bois lourds
Axial	négligeable	négligeable
Radial	0,10 à 0,15 %	0,15 à 0,20 %
Tangentiel	0,20 à 0,30 %	0,30 à 0,40 %

a - Coupe axiale : elle permet de déterminer l'âge de l'arbre et de distinguer sa texture et son anatomie.

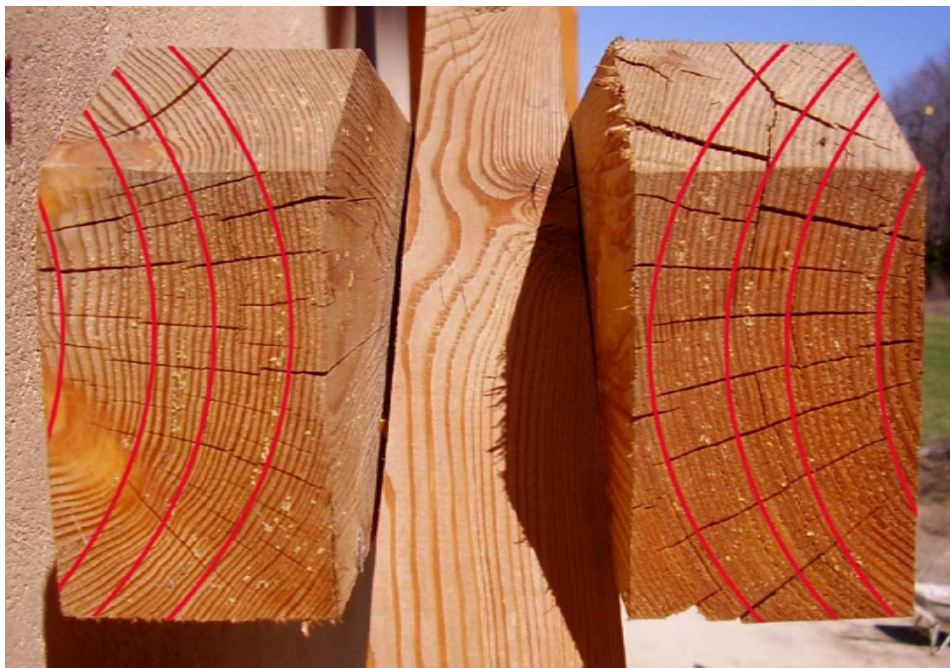
b - Coupe radiale : elle part de la moelle vers l'écorce, ce qui donne du bois de fil.

c - Coupe tangentielle : elle est parallèle à un cerne annuel, ce qui lui donne un aspect flammé dû à la conicité du tronc.

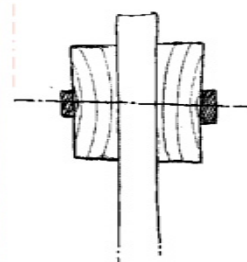


Enfin, la rétractabilité du bois entraîne des variations dimensionnelles et volumétriques autrement plus importantes que la dilatabilité des corps sous l'influence des variations de température.

Pour s'en prémunir il existe donc plusieurs règles à appliquer

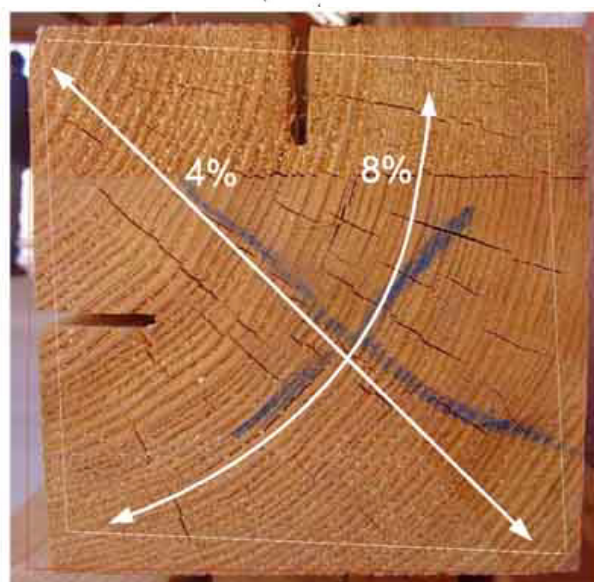
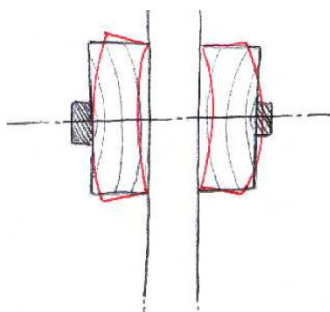


3
Le matériau bois
Les déformations et leurs effets sur les pièces de bois.



Le cœur à l'extérieur de l'assemblage (« le cœur au soleil »)

Exemple de déformation



c) La masse volumique

Masse volumique ou densité.

La masse volumique d'un corps s'exprime en général en kilogrammes par mètre cube.

La densité d'un corps est le rapport de sa masse volumique à la masse volumique de l'eau. C'est une grandeur sans dimension. La masse volumique de l'eau étant de 1000kg par m³, on calcule facilement la masse volumique d'un corps si on connaît sa densité.

Ex : Masse volumique 550 kg /m³
et densité 0.55

Variation de la masse volumique.

La masse volumique et la densité du bois varient avec son humidité, sa structure et selon l'essence.

Les bois peuvent être classés selon leur masse volumique. Le classement se fait par essence. La densité est établie à 15 %. Les résineux et les feuillus sont classés par catégories en : très légers ; légers ; mi-lourds ; très lourds.

La densité apparente (mesurée à un taux d'humidité fixe de 15 %) dépend de la proportion des membranes et des vides cellulaires. Elle représente donc une sommation pratique des parois résistantes contenues dans l'unité de volume. Elle règle donc les résistances mécaniques d'un bois au sein d'une même essence.

Densité à 15 % d'humidité	Qualification des bois	Essences
résineux		
Inférieure à 0.4	Très légers	pin weymouth
0.4 à 0.5	Légers	épicéa sapin
0.5 à 0.6	Mi-lourds	pin sylvestre
0.6 à 0.7	Lourds	pin laricio, mélèze
Supérieure à 0.7	Très lourds	pitchpin
feuillus		
Inférieure à 0.5	Très légers	tilleul, marronnier
0.5 à 0.65	Légers	peuplier, aulne, merisier
0.65 à 0.80	Mi-lourds	chêne, frêne, hêtre
0.80 à 1.00	Lourds	charme, sorbier
Supérieure à 1	Très lourds	azobé, ipé

La dureté

Elle est fonction de la densité. On classe les bois en plusieurs catégories :

Dureté	Essences
Bois durs	Buis, robinier (acacia)
Bois mi-durs	Chêne, charme
Bois tendres	Peuplier, tilleul et les résineux

d) Le comportement thermique

La dilatabilité

Comme la plupart des corps solides, le bois augmente en dimension et donc en volume lorsque sa température s'élève. Dans la pratique cela peut être considéré comme négligeable vis-à-vis de la rétractabilité due aux variations de l'humidité des bois.

Les deux phénomènes, en effet, se superposent et se contrarient habituellement.

Le coefficient de rétractabilité est différent qu'il soit selon le sens axial ou le sens transversal.

Il peut être 8 à 10 fois plus élevé en sens transversal qu'en sens axial.

Rappelons toutefois que les coefficients de dilatabilité de l'acier, et celui du plâtre, sont au moins 3 à 4 fois plus élevés que celui du bois en sens axial; c'est pour cette raison qu'en cas d'incendie les charpentes en bois présentent moins de danger que les charpentes métalliques qui exercent une poussée sur les murs et provoquent l'effondrement du bâti.

La conductibilité thermique

C'est la caractéristique mesurant le pouvoir conducteur (ou aptitude d'un corps à transmettre l'énergie thermique de proche en proche) ou, à l'inverse, le pouvoir isolant de ce corps et la résistance qu'il oppose au transfert de l'énergie calorifique.

La conductibilité varie largement avec la structure du bois, selon l'essence et la densité. La conductibilité augmente rapidement avec l'humidité du bois. Il est, à cet égard, important d'éviter sa ré-humidification.

La conductibilité thermique est synonyme de la conductivité thermique (voir chapitre : Fonctionnement d'un isolant, et l'annexe pour les valeurs des différents matériaux (λ)).

Exemple de quelques matériaux (plus λ est élevé plus la chaleur sera conduite rapidement à travers les matériaux) .

Matériaux	λ (W/m.K)
Aluminium	230
Acier	60
Béton armé	2.3
Brique de terre cuite pleine	0.64
Feuillus mi-lourds, résineux très lourds	0.23
Feuillus légers, résineux mi-lourds	0.15
Résineux légers, feuillus très légers	0.12
Isolant $\approx$	0.04

e) La résistance au feu

Comme tous les produits organiques, le bois est combustible et inflammable à température assez basse, surtout s'il est à l'état fragmenté.

On sait qu'il est difficile d'enflammer une grosse bûche; pour y parvenir, il faut d'abord enflammer du menu bois.

Avant de s'enflammer, le bois commence par se dessécher, puis à distiller vers 150°C, en émettant des gaz dont les 2/5 sont combustibles.

La réaction du bois au feu.

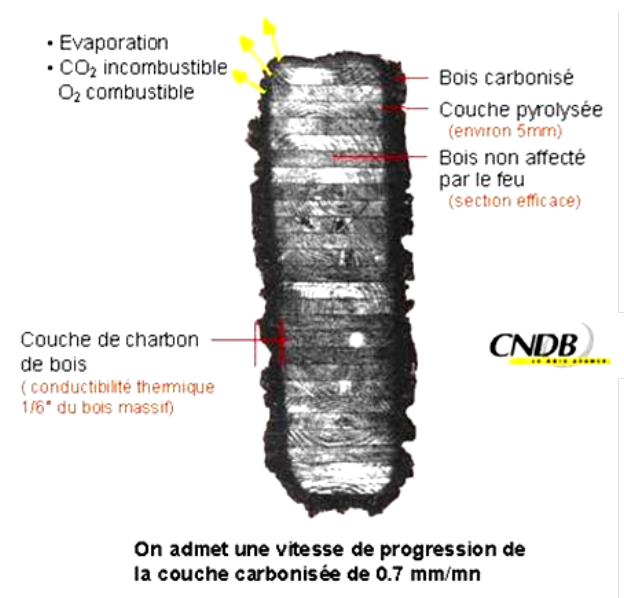
Elle se manifeste par différents phénomènes: pyrogénéation ou distillation, inflammation, propagation des flammes, combustion vive, combustion lente ou incandescence, émission de fumée ou de gaz toxiques.

La propagation des flammes.

La progression du feu est beaucoup plus rapide en surface qu'en profondeur. Il y a trois raisons à cela: le rayonnement, les courants de convection qui étalent la flamme sur le combustible, et le libre contact de l'oxygène de l'air. Cette progression se fait surtout dans le sens du fil du bois et de bas en haut pour les éléments positionnés verticalement, puisque les flammes et l'air chaud s'élèvent.

De plus la carbonisation du bois est quantifiable : 0.7 mm/min ; cette propriété permet aux pompiers de déterminer le moment où le bâtiment s'effondrera.

classement du bois et des dérivés d'après leur réaction au feu		
	catégories	bois
M0	incombustible	pierre, béton, brique, tuile,
M1	non inflammable	bois et panneaux fortement ignifugés
M2	difficilement inflammable	bois et panneaux normalement ignifugés
M3	moyennement inflammable	Bois durs de plus de 15 mm d'épaisseur
M4	facilement inflammable	En général les bois et les panneaux de moins de 15 mm d'épaisseur



Ignifugations du bois et dérivés du bois.

Ignifuger des matériaux inflammables tels que le bois et ses dérivés consiste à leur faire subir un traitement qui les rendra plus difficilement inflammables, voir non inflammables.

L'ignifugation répond à une idée très ancienne, puisqu'au Moyen Age certains bois étaient ignifugés avec de l'alun (pont-levis, machines de guerre en bois...).

La résistance au feu des ouvrages.

C'est le temps pendant lequel un ouvrage (ou un élément de construction) résiste au feu, dans des conditions de sécurité satisfaisantes.

Elle est notamment tributaire de sa résistance mécanique à chaud ou de l'isolement thermique qu'il procure.

De la résistance au feu dépendent les possibilités d'évacuation des locaux et de l'intervention des secours en cas d'incendie.

La résistance au feu varie en général à l'inverse de la conductibilité thermique et directement en fonction de la chaleur massive du ou des matériaux utilisés.

Le bois, malgré les apparences, a une très bonne résistance au feu.

En effet, la résistance au feu n'exige pas une incombustibilité totale, mais une faible conductibilité thermique, une dilatabilité et une conservation des résistances mécaniques aux températures élevées, propriété que le bois possède à un haut degré.

Une charpente en bois brûlera lentement par la surface sans se dilater ni se déformer, c'est-à-dire sans pousser les murs ni s'affaisser ; ses résistances mécaniques ne diminueront que lentement.

Il n'y aura pas de risque d'effondrement brutal comme avec les charpentes métalliques ou d'éclatement avec du béton armé.

f) Le comportement acoustique

Transmission du son.

Le bois est un excellent conducteur du son. Celui-ci s'y propage, dans le sens des fibres, à une vitesse de 9 à 14 fois plus grande que l'air, et tout à fait comparable à la vitesse de transmission dans les métaux et autres matériaux lourds.

Vitesse du son dans le bois et dans divers matériaux		
<i>Désignation</i>	<i>Densité en g/cm³</i>	<i>vitesse du son parallèlement aux fibres (en m/s)</i>
Hêtre	0.7	3412
Chêne	0.65	3380 à 4310
Sapin	0.4	5256
Liège	0.25	430 à 530
Plomb	11.34	1320
Fer	7.85	5000
Air		330

g) Le comportement électrique

Le bois sec est particulièrement résistant au passage du courant électrique, mais sa résistivité décroît rapidement lorsque son humidité augmente.

Le bois est aussi antimagnétique et ne se charge pas d'électricité statique par frottement, n'attire et ne retient pas les poussières.

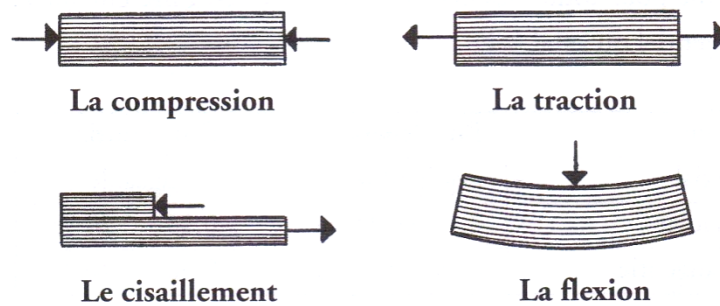
Il est assez perméable aux radiations, mais n'a lui-même aucune radioactivité.

Du fait que le bois absorbe peu les champs électromagnétiques, il est fortement conseillé de mettre des gaines blindées dans les maisons bois, et de manière générale dans toutes les habitations.

2. Propriétés mécaniques

Introduction

Les pièces de bois dans la construction sont sollicitées par différents efforts mécaniques.

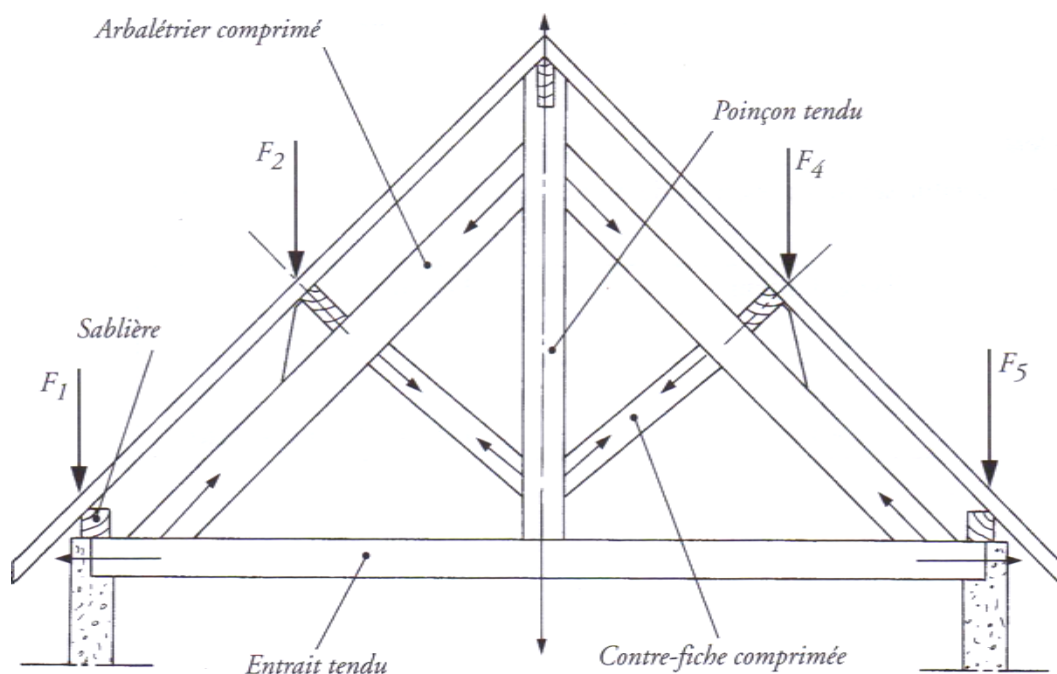


Chaque essence possède ses propres caractéristiques suivant le type d'effort. Par exemple, le chêne a une meilleure résistance en compression que le sapin.

Par conséquent, lorsque l'on conçoit une charpente, il est important de savoir à quels types d'efforts seront soumises les pièces de bois.

Ceci permet de déterminer : l'assemblage, la nature du matériau (chêne, résineux, L.C., bois composés, etc.), la qualité et la section

Exemple de charges s'exerçant sur une ferme latine.



Les forces F1, F2, F3, F4 et F5 représentent les charges de couverture, d'isolation, de pannes, de chevrons, etc. Les pièces de bois de la ferme sont donc sollicitées pour reprendre les charges.

Pièces en compression : arbalétriers, contre-fiches.

Pièces en traction : entrain, poinçon.

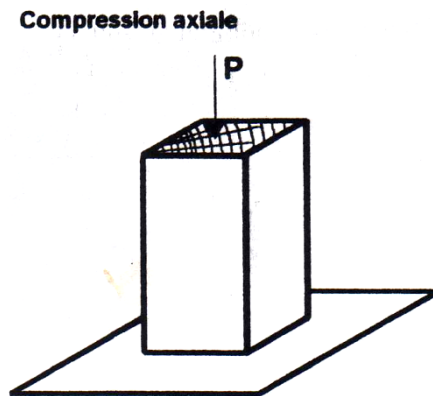
a) La compression axiale

On sait que le bois est organisé pour résister dans le sens des fibres et qu'il offre des résistances remarquables dans cette direction, alors qu'il est faible et peu cohérent dans le sens perpendiculaire. L'humidité a une influence considérable sur les résistances en compression axiale.

La compression axiale proprement dite, sans flexion latérale, ne peut se réaliser pratiquement que sur des pièces relativement courtes.

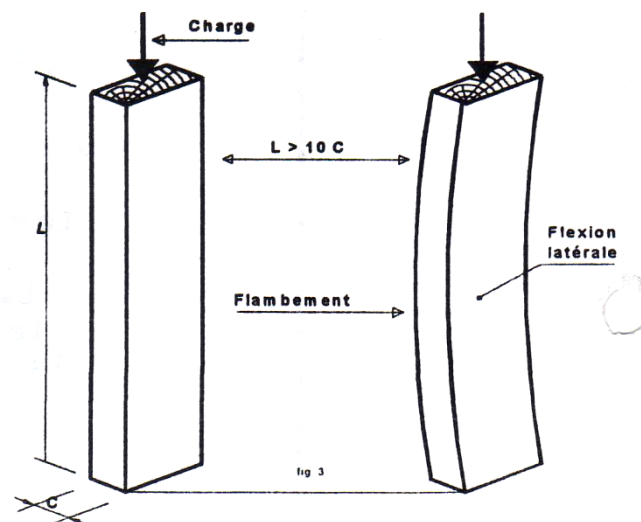
L'effort étant dirigé dans le sens des fibres.

La charge maximale P , correspondant à la rupture s'exprime en déca newtons (daN), et la contrainte unitaire C par centimètre carré de section en déca newtons par centimètre carré (daN/cm²), selon la formule $C = P/S$



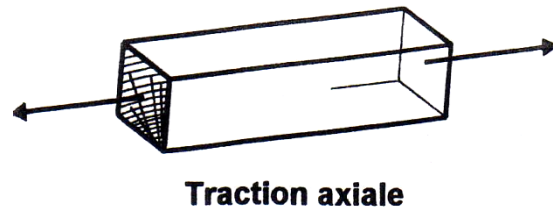
b) Le flambage

Dans la pratique, les pièces de bois soumises à la compression axiale sont généralement longues (poteaux, échafaudages, fiches, etc.) et leur rupture se produit par le flambage ou courbure de l'axe, sous des charges d'autant plus faibles que l'élancement est grand.



c) La traction axiale

Le bois se montre particulièrement résistant en traction axiale, c'est-à-dire aux efforts de tension s'exerçant dans le sens des fibres. On exploite jamais pleinement cette résistance exceptionnelle car l'interruption du fil par des boulons traversant, des changements de section, des pièces d'attache créent autant d'amorces de rupture.

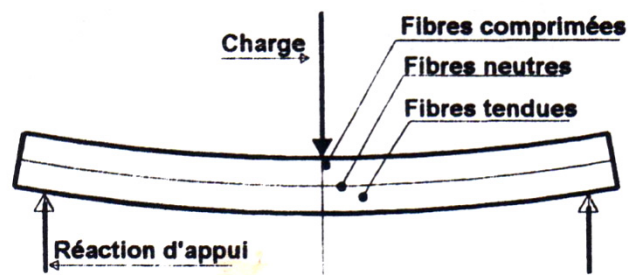


d) La flexion statique

Divers facteurs influencent la résistance à la flexion statique :

L'arbre sur pied est soumis à d'importants efforts de flexion, notamment sous l'action du vent et des tempêtes. Le bois est organisé pour y résister. En pratique un grand nombre de pièces de charpente (poutres, arbalétriers, pannes, chevrons, solives, etc..) travaillent effectivement en flexion statique.

- la portée
- la charge
- le type de charge
- les appuis
- l'équarrissage



e) La flexion dynamique

Dans certains emplois, les pièces de bois sont appelées à supporter non pas, ou pas uniquement, des contraintes de charges permanentes ou progressives, mais également des contraintes instantanées dues à des chocs violents ou à des surcharges brutales.

C'est le cas des passerelles, ponts roulants, échelles, manches d'outils. Il est donc nécessaire de bien connaître le comportement du bois en flexion dynamique dans des emplois exigeant une forte résilience et une grande endurance.

f) Le fluage

On sait qu'en service, certaines pièces soumises à des efforts répétés ou alternés, ou à des vibrations, peuvent à la longue se rompre sous des charges qui sont sans rapport avec les contraintes de rupture.

Si les sollicitations sont constantes et de longue durée, on peut observer un accroissement des déformations, relativement rapide au début, puis se ralentissant progressivement.

Ce phénomène, appelé **fluage**, que l'on peut assimiler à une sorte de plasticité différée semble dépendre également de l'humidité du bois.

Cela explique que même fortement dimensionnées, les poutres s'affaissent à la longue.

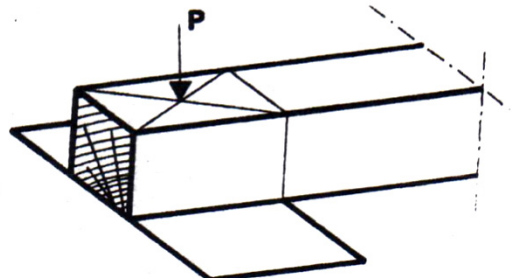
g) La compression transversale

Résistant et rigide dans le sens du fil, le bois est au contraire faible et plastique en sens transversal.

Cette anisotropie est particulièrement accusée chez les résineux qui en contrepartie de leurs remarquables résistances axiales n'offrent qu'une faible cohésion en flanc.

Comprimé en flanc, le bois subit d'abord des déformations élastiques, puis les cellules s'écrasent sous une charge qui est 7 à 8 fois moindre qu'en sens axial.

Compression transversale

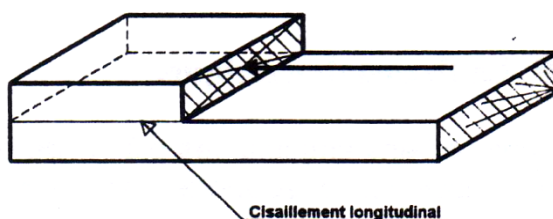


h) Le cisaillement

Le cisaillement peut s'exercer soit en sens transversal soit en sens longitudinal. Dans le premier cas, il tend à sectionner les fibres.

La résistance sera différente selon le sens d'application de l'effort.

Le cisaillement longitudinal tend au contraire à faire glisser les fibres les unes par rapport aux autres.



i) La dureté

D'une manière générale, la dureté d'un corps est la résistance qu'il oppose à la pénétration d'un corps étranger. Elle correspond à une sollicitation mécanique complexe, comportant à la fois compression en flanc et cisaillement transversal. C'est une caractéristique pratique pour classer les bois et pour exprimer leur facilité de travail avec divers outils. Se référer au chapitre « essences de bois » pour comparer les différentes classes de dureté.

j) Calcul de charges

Dans la construction différentes forces telles que le vent, la neige et les charges induites par les habitants ont une action sur le bâtiment. Il est donc important de les quantifier afin de dimensionner les éléments contraints par ces forces ; c'est l'objet du calcul de charge abordé dans cette partie.

1) Introduction

En physique, on définit la force, à partir du principe d'inertie, comme cause de variation de la vitesse d'une masse. Cette définition suppose donc un effet dynamique.

Un corps soumis à l'action de forces peut aussi demeurer en équilibre. Dans ce cas, l'effet statique de ces forces se traduit par des déformations.

La statique a pour objet l'étude des forces et des conditions d'équilibre des corps soumis à des forces.

Cette science utilise soit des procédés graphiques, soit des relations mathématiques pour l'étude des phénomènes et la résolution des problèmes.

Les deux méthodes se complètent et se vérifient l'une par l'autre. En règle générale, la méthode graphique est suffisamment précise dans les applications pratiques, car les hypothèses préliminaires impliquent souvent des incertitudes supérieures aux imprécisions du dessin.

La résistance des matériaux est une science appliquée, semi-empirique (basée sur le résultat d'essais et d'expériences), qui étudie le comportement des matériaux soumis à l'influence des forces.

Ainsi, la statique et la résistance des matériaux sont des sciences complémentaires qui permettent au constructeur d'un ouvrage de résoudre les problèmes fondamentaux suivants :

- ◆ Quelles sont les dimensions à donner à l'ouvrage ?
- ◆ Quelle est la solidité d'un ouvrage existant ?
- ◆ Quelles seront les déformations d'un ouvrage ?

CALCUL DES CHARGES.

Sollicitations

- ◆ Charges permanentes. G
- ◆ Surcharges d'exploitation. Pe
- ◆ Surcharges climatiques. Pc
- ◆ sollicitation normale due au vent. Pv
- ◆ sollicitation normale due à la neige. Pn
- ◆ Surcharges appliquées en cours d'exécution.

2) Définition des différentes sollicitations

Charges permanentes : G

Ce sont à la fois le poids propre de tous les éléments constituant l'ouvrage et les sollicitations internes qui peuvent résulter du mode de construction.

Poids propre :

Le poids propre est évalué d'après le volume théorique des matériaux dans les conditions d'emploi.

De nombreux tableaux existent donnant le poids au m² de la plupart des matériaux utilisés en construction.

Surcharges d'exploitation : Pe

Ce sont les charges qui résultent de l'usage des bâtiments ou des locaux :

Tout d'abord le poids des usagers en fonction de l'usage (privé ou public), du poids du mobilier et divers, résultant de l'usage.

Leur durée d'application et leur coefficient de majoration dynamique éventuel sont fixés par les documents du marché ou à défaut par les normes en vigueur.

(Voir tableau).

Les surcharges d'utilisation telles que stockage susceptible de rester de nombreuses heures ou semaines sont à considérer comme des charges de longue durée.

On considère comme charges et surcharges de longue durée, celles dont la durée d'application excède soit plus de trois mois consécutifs, soit plus de 50 % du temps en moyenne.

Surcharges climatiques : Pc

Ce sont les charges qui résultent de l'action du vent et de la neige sur la toiture :

Les surcharges climatiques se décomposent en P_n pour la neige et en P_v pour le vent.

A défaut de documents particuliers, les surcharges climatiques à prendre en considération sont celles définies par les règles NV en vigueur.

Dans certaines régions froides et en montagne notamment, la surcharge normale de neige est considérée comme surcharge de longue durée.

A défaut de prescriptions contraires des documents de marché, les surcharges extrêmes de neige définies par les règles NV sont considérées comme des surcharges momentanées.

A moins que les documents particuliers du marché n'en prévoient de plus défavorables, les surcharges climatiques (neige et vent) à prendre en compte sont celles définies par les règles NV en vigueur.

Surcharges appliquées en cours d'exécution.

Elles comprennent dans chacune des phases de l'exécution les sollicitations dynamiques ou non appliquées en cours de réalisation ou de montage. (Stockage de matériaux en un point particulier)

Surcharges d'essai :

Si les documents particuliers du marché fixent une surcharge d'exploitation, cette surcharge d'essai devra être retenue comme base de calculs.

Effet de la durée d'application des charges et surcharges.

On distingue dans les calculs des charges et surcharges (variables ou non) de longues durées et surcharges momentanées.

Charges et surcharges de longues durées :

Ce sont les charges et surcharges dont la durée d'application excède soit plus de trois mois consécutifs, soit plus de 50% du temps en moyenne.

Les charges permanentes sont toujours à considérer comme charges de longues durées.

Charges et surcharges momentanées :

On considère que toutes les charges et surcharges ne correspondant pas aux définitions ci-dessus sont des charges et surcharges momentanées.

La valeur des surcharges lentement variables dans le temps est majorée par rapport à leur valeur nominale, dans les conditions précisées dans CB. 71. RI 1.21.

Les valeurs nominales des surcharges variant rapidement dans le temps (surcharges mobiles et surcharges d'exploitation comportant un effet dynamique) sont majorées dans les conditions précisées à ce même article après application d'un coefficient de majoration dynamique que doivent définir les documents particuliers du marché.

INFLUENCE DES VARIATIONS DE TEMPERATURE:

On néglige les effets de retrait de dilatation produits sur les éléments en bois par les variations de températures.

Cependant on tient compte des sollicitations et déformations engendrées par les dilatations ou retraits thermiques des éléments associés.

INFLUENCES DE L'HUMIDITE:

On tient compte non seulement du taux d'humidité des bois lors de leur mise en œuvre dans la détermination des valeurs des contraintes et déformations admissibles, mais aussi de sa variation sous l'influence du milieu ambiant, et ceci en vue de l'étude du fluage.

EFFETS DES SEISMES:

Si une disposition réglementaire l'exige ou si les documents particuliers du marché le prescrivent, on doit appliquer les règles ou recommandations en vigueur relatives aux constructions à édifier dans les régions sujettes aux séismes.

3) Eléments à prendre en compte pour le calcul d'un plancher

Pour cela il faut déterminer les sollicitations totales pondérées

➤ *Surcharges d'exploitation :* Pe

1. Sollicitations totales pondérées du premier genre.

Elles sont établies pour tous les planchers et solivages ou pour les structures supportant de fortes surcharges dues à des appareils de manutention.

Cette combinaison n'est pas retenue pour le calcul de contraintes de chevrons et de pannes auxquels on applique des surcharges d'entretien.

La considération d'une sollicitation totale pondérée du premier genre conduit se calcul de la manière suivante :

$$(S_1) = [(G) + 1.2 (Pe)]$$

2. Sollicitations totales pondérées du second genre.

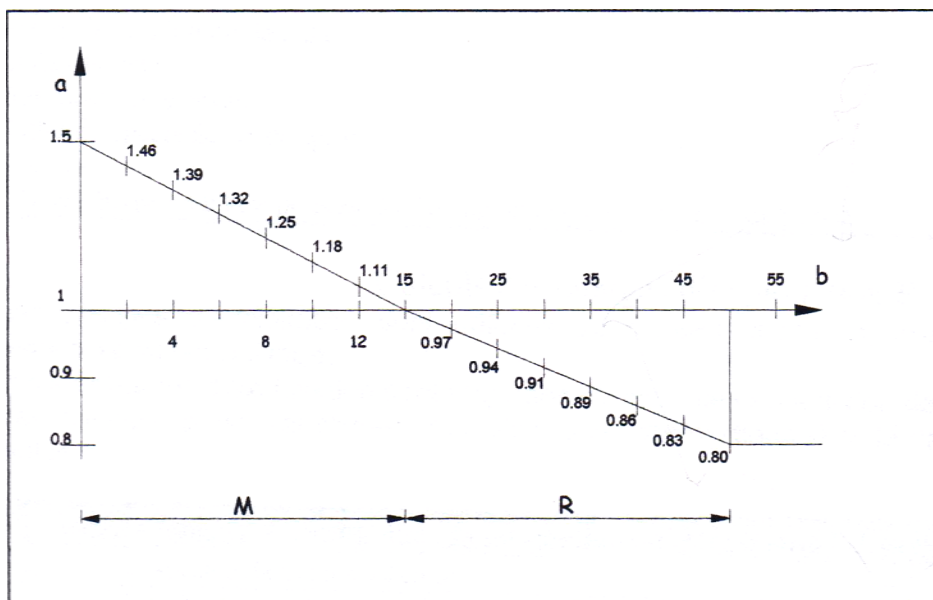
C'est la seconde expression de cette combinaison qui doit être retenue dans le cas de très fortes surcharges climatiques.

On se sert de cette expression pour calculer l'écrasement d'une pièce aux appuis ou pour dimensionner un dé en béton.

La considération d'une sollicitation totale pondérée du second genre, constitue une vérification de sécurité par rapport aux surcharges. Elle peut être plus défavorable que celle d'une sollicitation du premier genre.

$$(S_2) = [1.1(G) + 1.5(Pe)]$$

➤ *Tableaux ressource*



Légende:

Coefficients de majoration et de réduction des surcharges d'exploitation appliquées aux planchers selon leur surface.

a : coefficients variant de 0.8 à 1.5.

b : surface des planchers en (m²).

M : surface affectée d'un coefficient de majoration.

R : surface affectée d'un coefficient de réduction

SURCHARGES D'EXPLOITATION

Surcharges d'exploitation non pondérées à prendre en compte pour le calcul des planchers

Nature des locaux	daN/m ²	Réduc/Maj
Habitations y compris combles aménageables	150	R
Hébergements individuels, salle de jeux	150	RM
Bureaux ordinaires, salles de réunion	250	RM
Dortoirs collectifs, salles de restaurants	250	RM
Cantines de moins de 100 places	250	RM
Escaliers d'immeubles d'habitation	250	
Salles de cours	250	
Ateliers et laboratoires scolaires	250	
Salles d'exposition de moins de 50 m ²	250	R
Salles d'exposition de plus de 50 m ²	350	R
Balcons	350	*
Bureaux paysagers	350	RM
Amphithéâtres scolaires	350	
Salle de théâtre ou de conférences avec sièges	400	
Circulations, bâtiments scolaires escaliers	400	
Salles polyvalentes	400	
Salles de réunion ou de culte	500	
Salles de danse	500	
Boutiques et annexes	500	RM
Salles de spectacles et de sports	600	
Tribunes	600	

* la surcharge peut être poussée à 600 daN si le bâtiment reçoit du public

Pour un comble non aménageable, on retient une charge de 100 daN/m² pour le stockage ou un entretien éventuel.

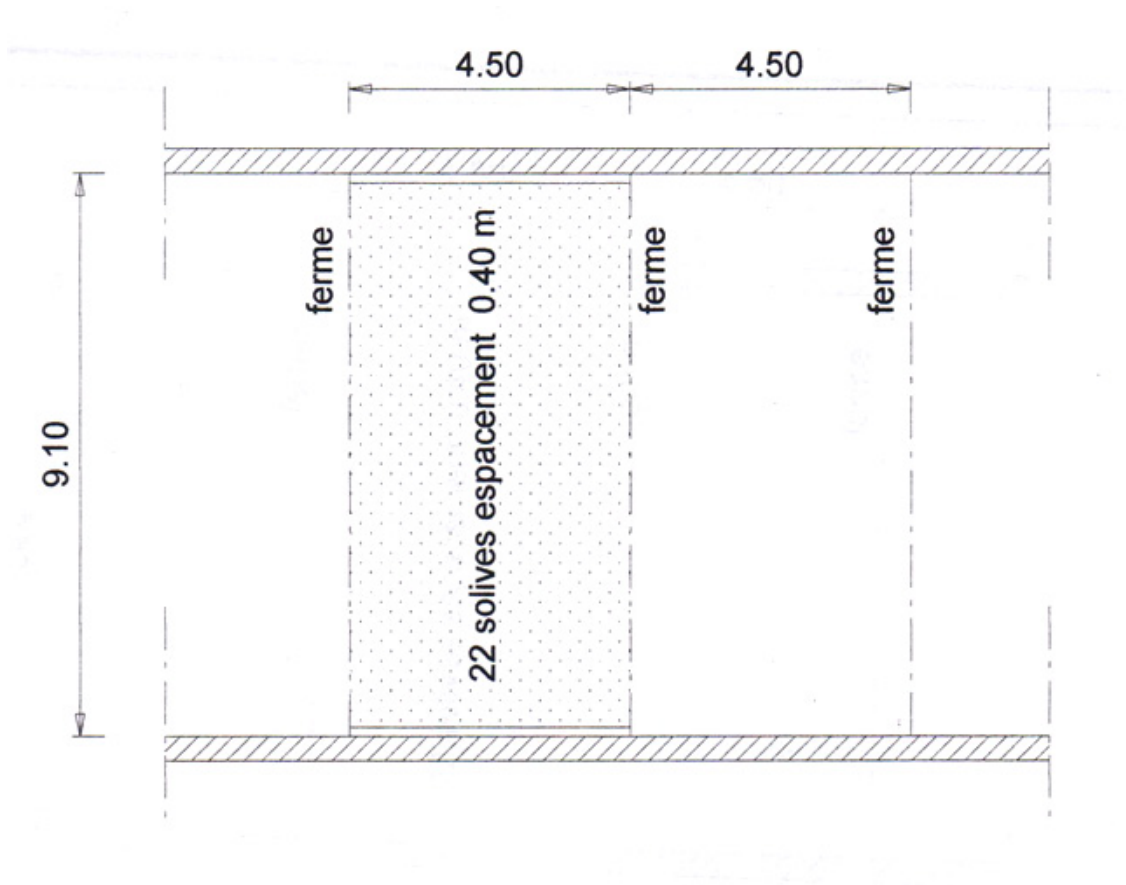
➤ Calculs des charges d'exploitation P

Les charges d'exploitation sont définies au tableau ci-dessus, elles ne concernent que les planchers ou les solivages.
Les surcharges d'exploitation sont majorées ou minorées en fonction de la surface de la pièce.
Ces coefficients ne s'appliquent que s'il y a les abréviations R et M dans la colonne de droite du tableau.

Coefficients de majoration et de minoration pour les charges d'exploitation des planchers.

↓ coef	→surface de planchers en m ²														
	0	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50
1.5															
1.46															
1.39															
1.32															
1.25															
1.18															
1.11															
1															
0.97															
0.94															
0.91															
0.89															
0.86															
0.83															
0.8															
	Majoration M								Minoration R						

4) Exemple de calcul de charge d'un plancher



Plancher de comble aménageable pour habitation

Composition du plancher:

- ◆ Moquette
- ◆ Panneaux de particules agglomérées
- ◆ Solives 8/22
- ◆ Isolation phonique ouate de cellulose
- ◆ Lambris 10 mm en sous face

Calcul des charges permanente (G)

- ◆ Moquette : 3 daN/m^2
- ◆ Panneaux de particules agglomérées : 15 daN/m^2
- ◆ Solives 8/22 : 26.4 daN/m^2
- ◆ Isolation phonique ouate de cellulose : 7.2 daN/m^2
- ◆ Lambris 10 mm en sous face : 8 daN/m^2

$$G = 3 + 15 + 26.4 + 7.2 + 8 = 59.6 \text{ daN/m}^2$$

Calcul des surcharges d'exploitation

- ◆ Calcul de la surface $(9.1 \times 4.5) = 40.95 \text{ m}^2$
- ◆ Comble aménageable donc 150 daN/m^2

On regarde dans le tableau : coefficient de majoration / minoration

Pour 40.95 m^2 on a donc un coefficient de 0.86

Donc $P_e = 150 \times 0.86 = 129 \text{ daN/m}^2$

$$(S_1) = [(G) + 1.2 (Pe)]$$

Donc:

$$S = 59.6 + (1.2 * 129) = 214.4 \text{ daN/m}^2$$

Déterminer la charge sur une solive

- ♦ Surface reprise par une solive : $0.4 * 4.5 = 1.8 \text{ m}^2$
- ♦ Chargement total de la solive : $1.8 * 214.4 = 386 \text{ daN}$

Il ne nous reste plus qu'à regarder dans les abaques du bois retenu et vérifié la section choisie pour valider la conception

Si toutefois celle-ci n'est pas validée on peut diminuer l'entraxe ou la longueur (à l'aide d'une porteuse supplémentaire) pour faire en sorte que chaque solive soit moins sollicitée ; on peut aussi augmenter la section ou changer d'essence.

(Voir annexe abaques)

3. Classe de résistance

a) Introduction

Dans le premier chapitre nous nous sommes concentré sur une approche scientifique du matériau bois.

Cette approche découle d'une succession d'observations liées à un savoir faire de plusieurs siècles.

Dans le chapitre qui suit nous allons aborder les normes en vigueur issues de ce savoir.

Elles ont pour objet de répondre à un cahier des charges.

Par exemple, sur un temps donné et dans une mise en situation donnée combien de temps va résister tel ou tel essence ou traitement aux attaques du temps.

C'est donc plus un résumé de ce qu'il est autorisé de faire qu'une synthèse de ce qu'il faut faire.

Pour ce qui concerne les normes, une uniformisation européenne (l'« eurocode 5 » pour la charpente bois) est en cours. C'est pourquoi nous donnerons les différents classements et leur équivalent que l'on peut être amené à rencontrer sur le marché.

b) Classe de résistance mécanique

La classification

Le classement visuel technologique des bois en trois catégories est défini dans la norme NF B 52-001 (art 5)

Les principaux critères de classement sont :

- ♦ L'épaisseur moyenne de l'accroissement annuel
- ♦ Le diamètre des nœuds (sains et non groupés)
- ♦ Le pourcentage de pente du fil incliné

Principaux critères	Accroissement maxi(1)	Nœud □ maxi (2)	Fil incliné pente maxi(3)
ST I	3mm	30 mm	7%
ST II	5mm	40mm	12%
ST III	10 mm	40mm et +	18%

Correspondance entre les différents modes de classement pour les bois massifs.

classement					
Mécanique	visuel				
	France	Allemagne Autriche	pays nordique	USA	R-U
C30	ST I	S13	T3	J&P Sel - SLF Sel	
C24	ST II	S10	T2	J&P Sel - SLF Sel	SS
C18	ST III	S7	T1	J&P Sel - SLF Sel	SS-GS

Valeur à prendre pour le calcul

valeurs à prendre en compte dans les calculs à l'eurocode 5							
			résineux			feuillus	
Symbole	Désignation	Unité	C18	C24	C30	D30	D40
$f_{m,k}$	Contrainte de flexion	N/mm ²	18	24	30	30	40
$f_{t,0,k}$	Contrainte de traction axiale	N/mm ²	11	14	18	18	24
$f_{t,90,k}$	Contrainte de traction perpendiculaire	N/mm ²	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Contrainte de compression axiale	N/mm ²	18	21	23	23	26
$f_{c,90,k}$	Contrainte de compression perpendiculaire	N/mm ²	4,8	5,3	5,7	8,0	8,8
$f_{v,k}$	Contrainte de Cisaillement	N/mm ²	2,0	2,5	3,0	3,0	3,8
$E_{0,mean}$	Module moyen axial	N/mm ²	9000	11000	12000	10000	11000
$E_{0,05}$	Module axial	N/mm ²	6000	7400	8000	8000	9400
$E_{90,mean}$	Module moyen transversal	N/mm ²	300	370	400	640	750
G_{mean}	Module de cisaillement	N/mm ²	560	690	750	600	700
P_k	Masse volumique caractéristique	kg/m ³	320	350	380	530	590
P_{mean}	Masse volumique moyenne	kg/m ³	380	420	460	640	700

c) Classe de résistance à l'eau

Les classes biologiques d'emploi définissent le milieu dans lequel est mis en œuvre le bois. On distingue 5 classes d'emploi selon la norme EN 335 :

Situation en service	Agent d'altération		Zone vulnérables (sauf si durabilité naturelle suffisante)	Classe d'emploi
	Insectes	Champignons		
-Toujours à l'abri des intempéries -H bois ≤18%	Insectes à larves Termites	Aucun	0 à 3 mm	1
-Toujours à l'abri des intempéries -H bois ≤ 18% -Humidification possible par condensation	Insectes à larves Termites	Pourriture superficielle et occasionnellement à virulence faible	0 à 3 mm	2
-Bois soumis à des alternances rapide d'humidification et de séchage -Pas de stagnation d'eau -Pas d'humidification significative en bois de bout et aux assemblages	Insectes à larves Termites	Pourriture superficielle faiblement active	0 à 3 mm	3 Faible exposition
-Bois soumis à des alternances rapide d'humidification et de séchage - Stagnation d'eau -Pénétration d'eau modérée en bois de bout et aux assemblages	Insectes à larves Termites	Pourritures plus profondes et plus actives	6 mm et plus Jusqu'à 50 à 60 mm en bois de bout	3 Forte exposition
-Bois soumis à des humidifications fréquentes et permanentes, contact avec le sol, bois immergé -Rétention et stagnation d'eau H≥ 20% pendant de longues périodes -Risque d'attaque de termites important	Insectes à larves Termites	Pourritures profondes à forte virulence y compris pourriture molle	Tout le volume du bois (au minimum sur une partie des pièces)	4
-Bois en contact avec l'eau de mer -Collet et partie aérienne en situations sévères	Térébrants marins dans les zones immergées	Pourritures profondes à forte virulence y compris pourriture molle dans les parties aériennes	Tout le volume du bois (au minimum sur une partie des pièces) du bois	5

Tableau 1. Prise en compte des risques et des classes d'emploi.

Aptitude à l'emploi sans traitement de quelques essences purgées d'aubier utilisables en charpente. (Source AFBP d'après EN 350 et EN 460)

Dans la mesure du possible, le bon sens commande donc de choisir une essence et éventuellement un débit (hors aubier) permettant d'atteindre les performances attendues vis à vis de la situation de l'ouvrage et de la durée de service souhaitée.

La norme EN 350 indique sous forme de classe la durabilité naturelle des principales essences présente sur le marché européen. La norme EN 460 indique les classes d'emploi possibles vis-à-vis des classes de durabilité.

Essences (purgé d'aubier)		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
		Sans limite de durée	Sans limite de durée	25 ans ou plus	10 ans ou plus
Feuillus tempérés	châtaigner	oui	oui	oui	oui
	chêne	oui	oui	oui	oui
	peuplier	non	non	non	non
	robinier	oui	oui	oui	oui
Résineux tempérés	douglas	oui	oui	oui	non
	épicéa	non	non	non	non
	mélèze	oui	oui	oui	non
	pin maritime	oui	oui	oui	non
	pin sylvestre	oui	oui	oui	non
	sapin	non	non	non	non
	western red cedar	oui	oui	oui	non
Bois tropicaux	angélique	oui	oui	oui	*
	azobé	oui	oui	oui	*
	doussié	oui	oui	oui	oui
	ipé	oui	oui	oui	oui
	iroko	oui	oui	oui	oui
	niangon	oui	oui	oui	non
	sipo	oui	oui	oui	non
	teck	oui	oui	oui	oui

*selon provenance

d) Classe de résistance au feu

Voir chapitre : « le Comportement thermique »