



Enseignement supérieur Sensibilisation Construction Bois

avec le soutien du
CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

FCBA - Pôle Industries bois et construction

Novembre 2019



1^{ère} partie : Matériau bois - construction

- Le bois, éco-matériau
- Ressource forestière
- Constitution du bois
- Singularités du bois
- Propriétés physiques
- Propriétés mécaniques
- Durabilité du bois



2^{ème} partie: Construction bois

- Systèmes constructifs bois
- Contexte normatif et réglementaire en construction
- Produits de construction bois
- Principes de calcul des structures bois
- Assemblages des structures bois
- Constructions bois en situation d'incendie
- Catalogue construction bois



1^{ère} partie : Matériau bois - construction



Le bois, éco-matériau

Le bois, éco-matériau

Matière première issue de ressources durablement renouvelables

- Les forêts contribuent au maintien de la biodiversité ainsi qu'à la lutte contre la désertification et contre le réchauffement climatique.
- La production du bois par les arbres fonctionne comme une « pompe à CO₂ »
- La transformation du bois en matériau de construction consomme peu d'énergie.

Matériau de construction présentant des qualités techniques et performances durables dans le temps

- Excellent rapport performance mécanique/masse
- Bon isolant thermique
- Usinage aisé et souplesse d'utilisation qui facilitent la réalisation de formes complexes
- Compétitivité des systèmes constructifs à base de bois liée à l'association industrialisation/ingénierie

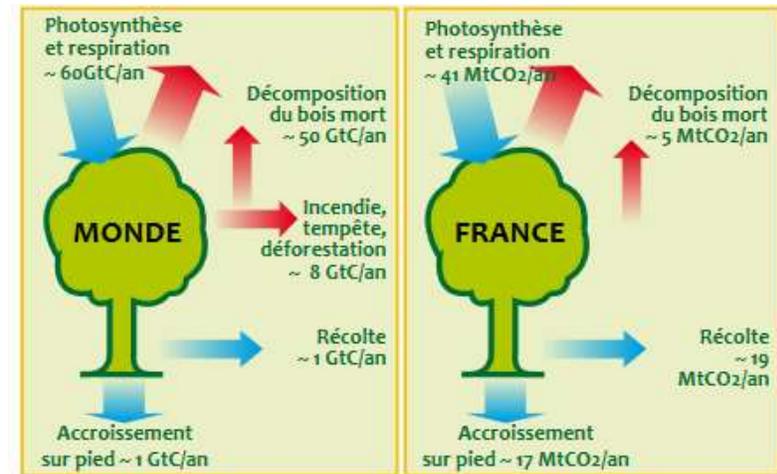
Le bois, éco-matériau

Captation : Par la photosynthèse, la forêt capte le CO₂ atmosphérique et le transforme en C.

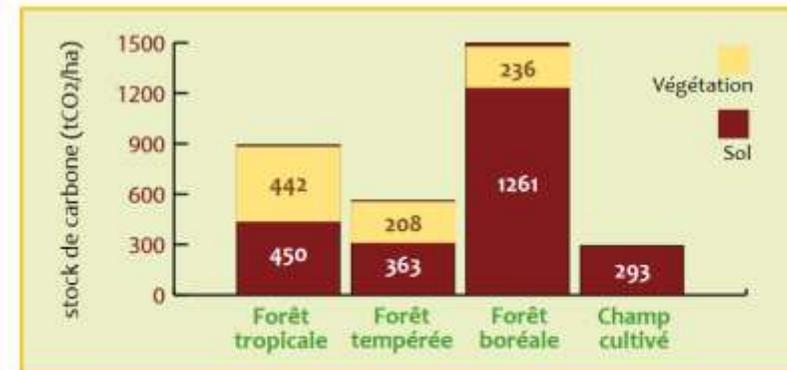
Stockage : La forêt et les produits de la forêt stockent le C ainsi capté.

Substitution : L'utilisation du bois construction et du bois énergie génère moins d'émissions de CO₂ fossile que les produits/combustibles traditionnels qu'ils peuvent remplacer

1 tonne (t) de C = 3,66 t de CO₂ (C = 12, O =16, CO₂ = 44)
1m³ de bois = 1 tonne de CO₂

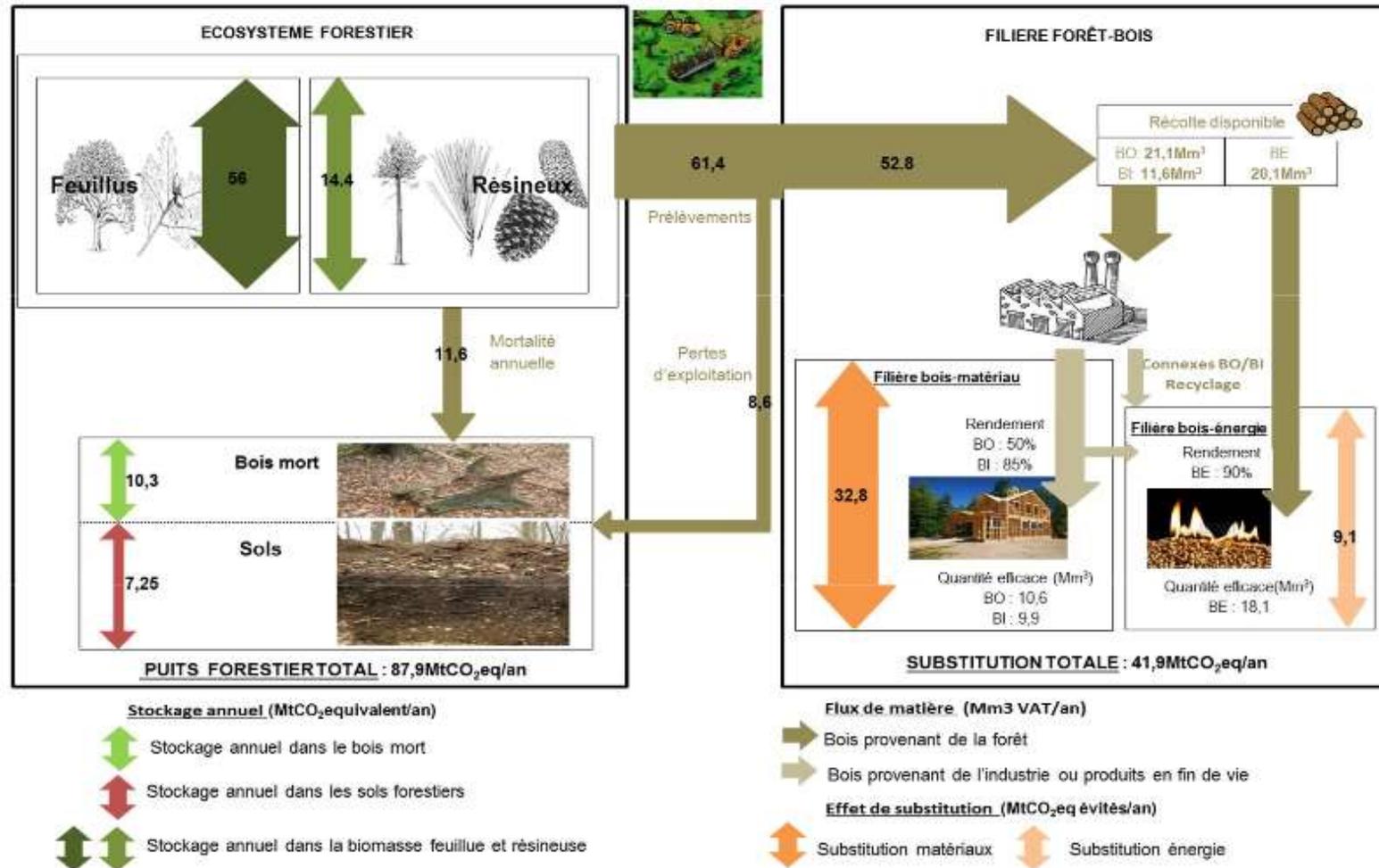


Sources: GIEC, CITEPA



Source Watson et al, Land use, Land use change and forestry, IPCC Special Report

Le bois, éco-matériau



* La variation de stock de carbone dans les produits bois a été estimée à 0 et -0,1 MtCO₂eq/an pour BO et BI respectivement et n'apparaît donc pas dans les flux de CO₂ de la filière en 2013

Figure 1.1 – Flux de matière et de CO₂ aux différents stades de la filière forêt-bois française en 2013

(VAT = Volume aérien total, BO = Bois d'œuvre, BI = Bois d'industrie, BE = Bois énergie)

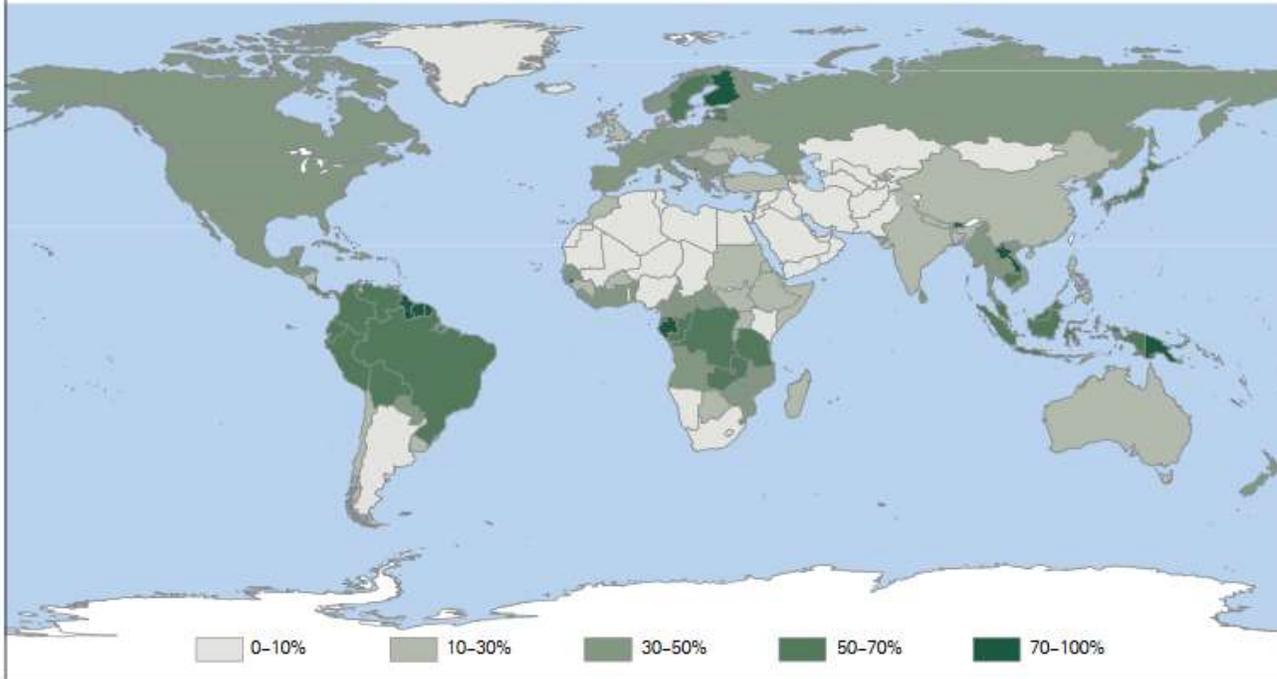


La ressource forestière

Ressource forestière

La ressource forestière mondiale

FIGURE 3 Pourcentage de superficie forestière par rapport à la superficie terrestre totale en 2015



Source : Food and Agriculture Organisation (FAO) - 2015

Répartition par continent des superficies forestières mondiales (en millions d'hectares)

| | Surface | en % |
|---------------------------------|--------------|-------------|
| Afrique | 621 | 16% |
| Amérique du Nord et Centrale | 751 | 19% |
| Amérique du Sud | 840 | 21% |
| Asie - Océanie | 768 | 19% |
| Europe (hors pays de l'ex-URSS) | 181 | 5% |
| Ex-URSS | 835 | 20% |
| Total | 3 995 | 100% |

Production de produits forestiers

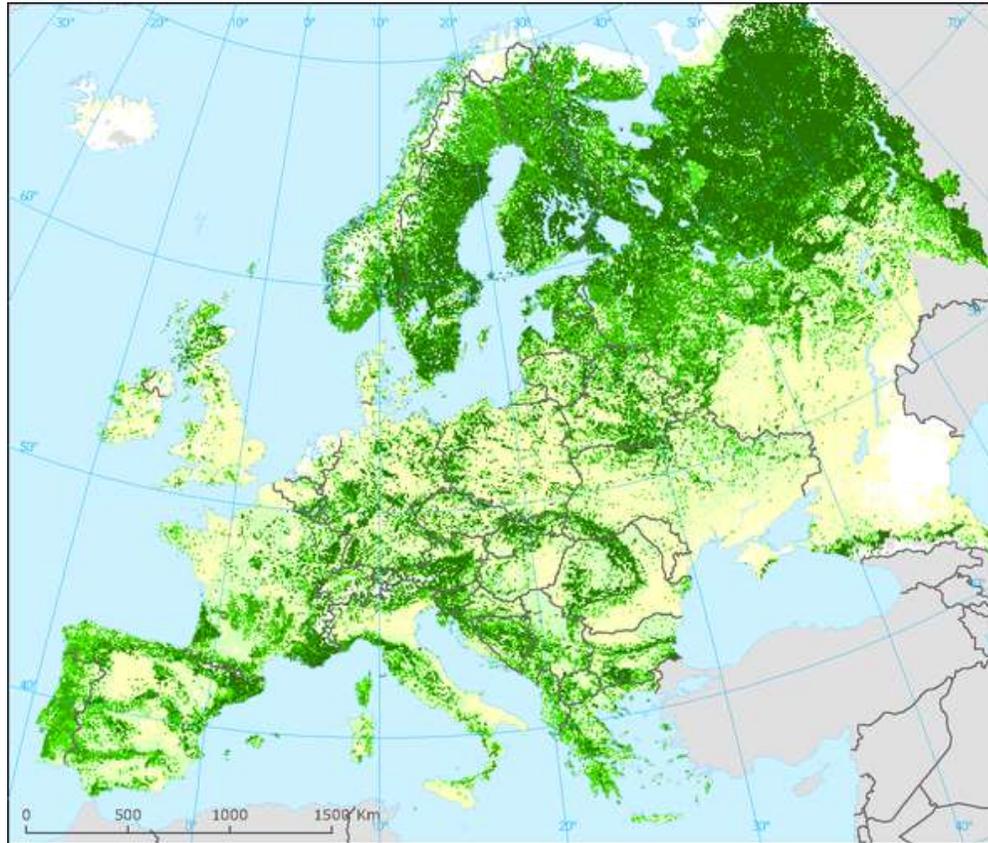
| | Bois de feu Charbon de bois Mm ³ sous écorce | Récolte bois ronds Mm ³ sous écorce (2) | Production sciages Mm ³ sous écorce |
|---------------------------------|---|--|--|
| Afrique | 678 | 72 | 10 |
| Amérique du Nord et Centrale | 154 | 521 | 135 |
| Amérique du Sud | 169 | 231 | 30 |
| Asie - Océanie | 731 | 478 | 146 |
| Europe (hors pays de l'ex-URSS) | 120 | 384 | 116 |
| Ex-URSS | 37 | 220 | 47 |
| Total | 1 889 | 1 906 | 485 |

La FAO applique un seuil de couvert arboré de 10 % pour définir toutes les forêts
 (1) La FAO prend en compte le volume de la tige jusqu'au bourgeon terminal (découpe 0)
 (2) Récolte pour usage industriel hors énergie

Sources : Forest Resource Assessment e-FRA 2019
 FAO e-ForestStat 2019

Ressource forestière

La ressource forestière européenne



Source : www.eea.europa.eu

Surfaces des forêts 2016 ; volumes 2015 ; récolte de bois ronds et production de sciages 2017

| | Surface totale M d'ha | Surface forêts M d'ha | Volume forêts Mm ³ (1) | Récolte bois ronds Mm ³ (2) | Production sciages Mm ³ sous écorce |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Allemagne | 35,7 | 11,4 | 3 663 | 43,6 | 23,2 |
| Autriche | 8,4 | 3,9 | 1 155 | 12,7 | 9,6 |
| Belgique | 3,0 | 0,7 | 188 | 4,5 | 1,7 |
| Bulgarie | 11,1 | 3,8 | 699 | 3,2 | 0,8 |
| Chypre | 0,9 | 0,2 | 11 | 0,0 | 0,0 |
| Croatie | 5,7 | 1,9 | 415 | 3,4 | 1,6 |
| Danemark | 4,3 | 0,6 | 120 | 1,8 | 0,4 |
| Espagne | 50,5 | 18,5 | 1 212 | 14,6 | 2,4 |
| Estonie | 4,5 | 2,2 | 476 | 6,8 | 1,7 |
| Finlande | 33,8 | 22,2 | 2 320 | 55,3 | 11,7 |
| France | 54,9 | 17,1 | 2 935 | 25,3 | 8,1 |
| Grèce | 13,2 | 4,1 | 193 | 0,4 | 0,1 |
| Hongrie | 9,3 | 2,1 | 377 | 3,0 | 0,5 |
| Irlande | 7,0 | 0,8 | 117 | 2,7 | 1,0 |
| Italie | 30,1 | 9,4 | 1 385 | 2,1 | 1,5 |
| Lettonie | 6,4 | 3,4 | 665 | 10,7 | 3,9 |
| Lituanie | 6,5 | 2,2 | 515 | 4,8 | 1,3 |
| Luxembourg | 0,3 | 0,1 | 26 | 0,3 | 0,1 |
| Malte | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| Pays-Bas | 4,2 | 0,4 | 81 | 0,8 | 0,2 |
| Pologne | 31,3 | 9,5 | 2 540 | 40,1 | 5,2 |
| Portugal | 9,2 | 3,2 | 0 | 12,5 | 0,8 |
| République Tchèque | 7,9 | 2,7 | 791 | 17,0 | 4,3 |
| Roumanie | 23,8 | 6,9 | 1 930 | 10,7 | 5,6 |
| Royaume-Uni | 24,4 | 3,2 | 652 | 8,8 | 3,8 |
| Slovaquie | 4,9 | 1,9 | 532 | 8,8 | 1,7 |
| Slovénie | 2,0 | 1,2 | 432 | 3,5 | 0,8 |
| Suède | 45,0 | 28,1 | 2 989 | 68,5 | 18,4 |
| Total europe des 27 | 435,0 | 161,5 | 26 419 | 365,9 | 110,5 |
| Norvège | 32,4 | 12,1 | 1 157 | 10,5 | 2,7 |
| Suisse | 4,1 | 1,3 | 442 | 2,8 | 1,2 |

La FAO applique un seuil de couvert arboré de 10 % pour définir toutes les forêts

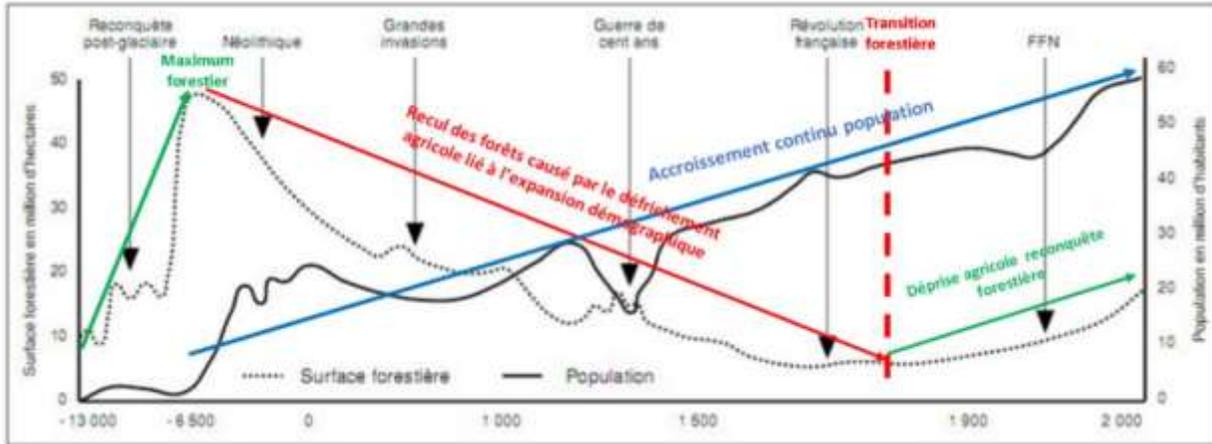
(1) La FAO prend en compte le volume de la tige jusqu'au bourgeon terminal (découpe o)

(2) Récolte pour usage industriel hors énergie Sources : Forest Resource Assessment e-FRA 2019

FAO e-Forest Stat 2019

Ressource forestière

La ressource forestière en France

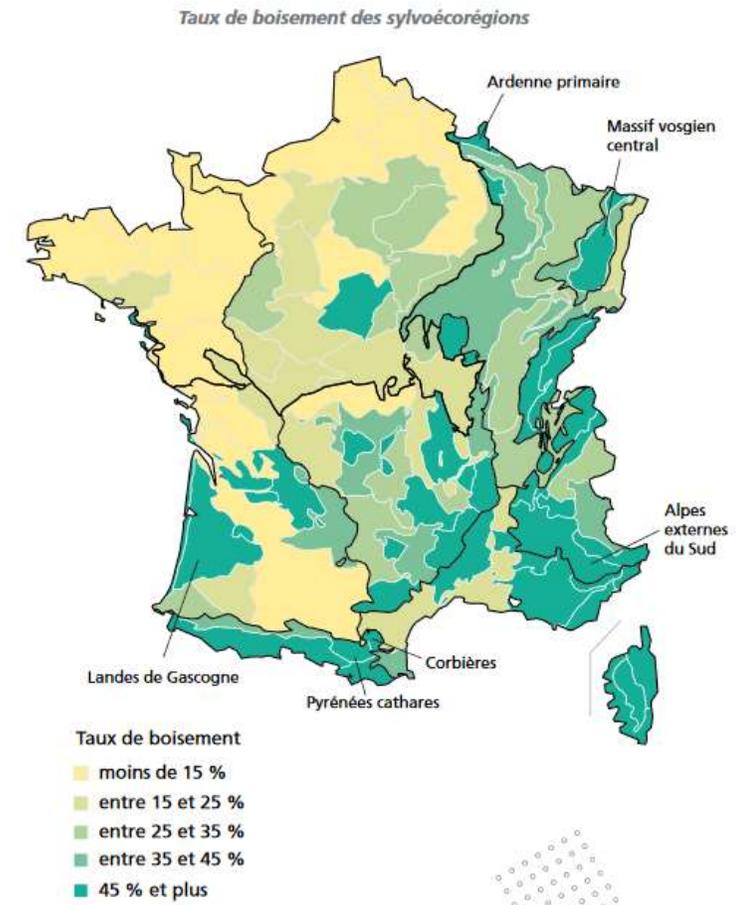


Source : D'après Gandant, in Escurat, (1995a)

vers 1800 : 7 millions d'hectares de forêts en France
Transition forestière : replantations sur les parcelles récemment coupées et plantations sur des territoires non encore dédiés à la forêt (ex forêt des landes : 1 million d'hectares plantés de pin maritime).

2018 : 16,9 millions d'hectares soit 31 % du territoire de France métropolitaine.

(2^{ème} occupation du sol la plus importante après l'agriculture qui couvre plus de la moitié du territoire)

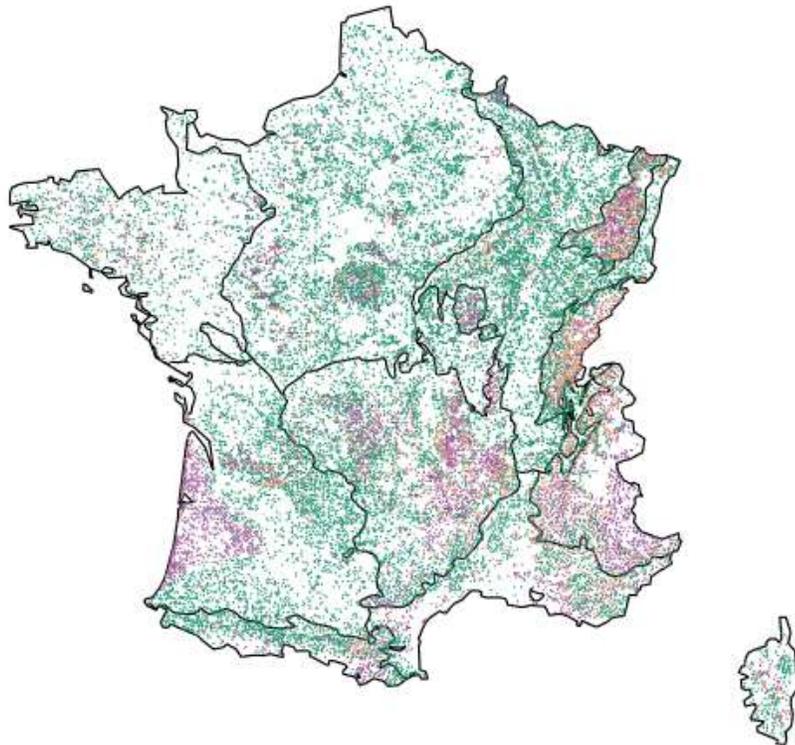


Source : Inventaire Forestier National 2018

Ressource forestière

La ressource forestière en France

Répartition de la composition des peuplements en France métropolitaine

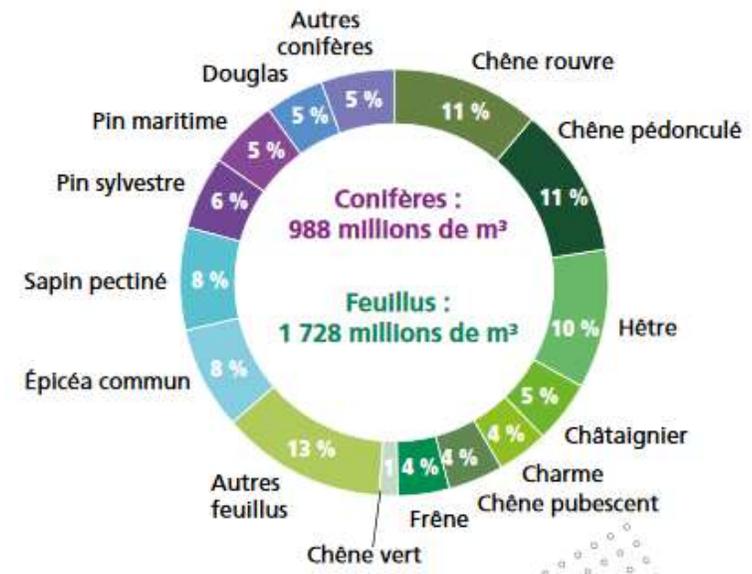


75% forêt privée

- ◆ Peuplement de feuillus : 67 %
- ◆ Peuplement de conifères : 21 %
- ◆ Peuplement mixte : 12 %

Source : Inventaire Forestier National 2018

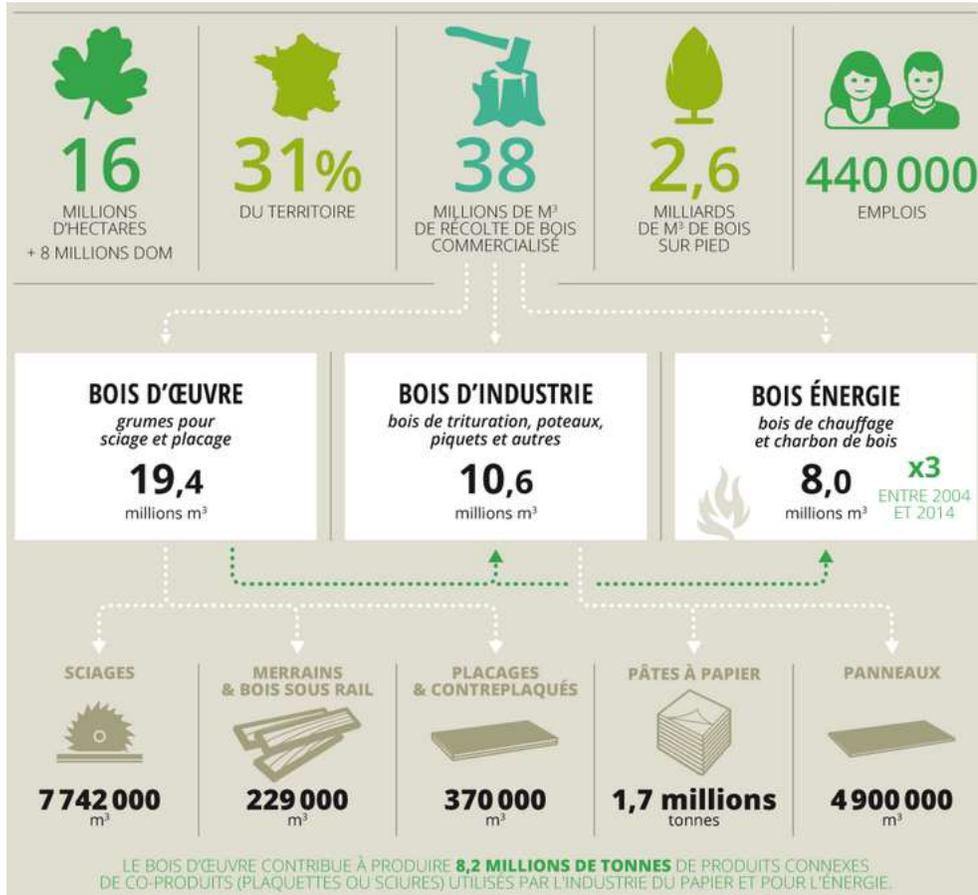
Répartition du volume de bois vivant sur pied par essence



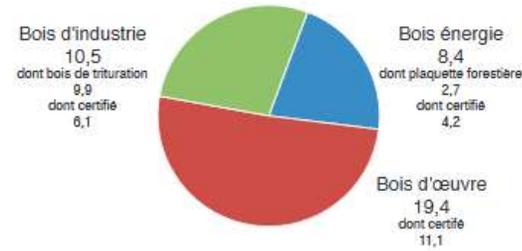
Source : Inventaire Forestier National 2018

Ressource forestière

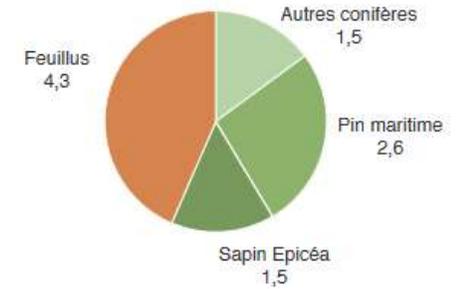
La filière bois forêt en France



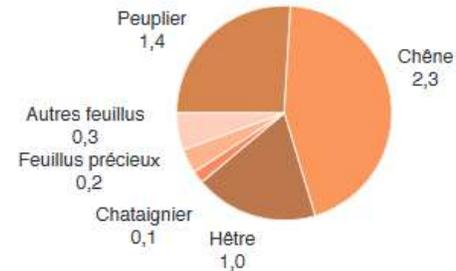
Récolte totale : 38,3 Mm³*



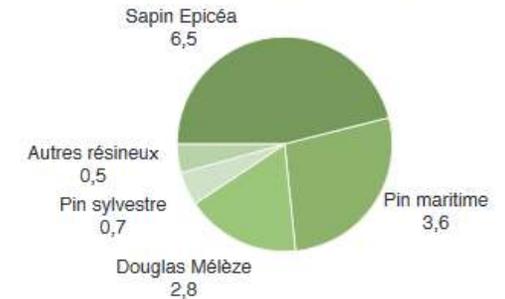
Bois de trituration : 9,9 Mm³



Bois d'œuvre feuillus : 5,3 Mm³



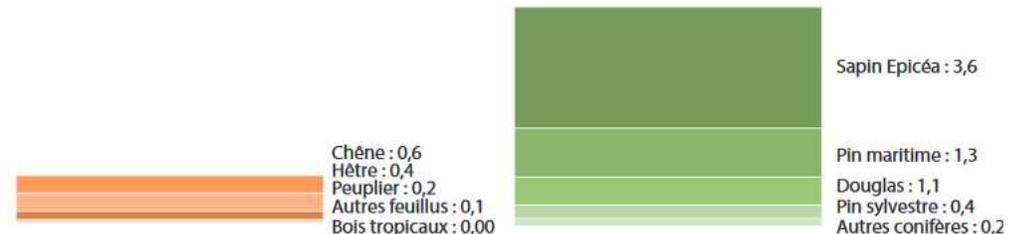
Bois d'œuvre résineux : 14,1 Mm³



Production des scieries en 2017 (hors bois sous rail et merrains) total : 8 Mm³

Sciages feuillus 1,4 Mm³

Sciages résineux 6,6 Mm³



Sources : Agreste - e-DISAR 2019 - Enquête annuelle de branche exploitation forestière et scierie 2016

Ressource forestière

Gestion durable des forêts



Forest Stewardship Council

(Conseil de Soutien de la Forêt)

Créé par des associations et des ONG en 1992 dans le but de prévenir la destruction des forêts tropicales

(196 Mha de forêts certifiées FSC dans le monde, 0,034 Mha en France)



Programme of the Endorsement of Forest Certification

(Programme de Reconnaissance des Certifications Forestières)

Créé en 1999 par les professionnels du bois et de la forêt pour la ressource européenne et élargi en 2004

(303 Mha certifiés PEFC dans le monde, 5,8 Mha en France)

Les deux labels ont en commun :

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

L'attribution du label **FSC** se base sur un **engagement et une pratique déjà concrétisés** par des choix de gestion forestière et par un plan de gestion.

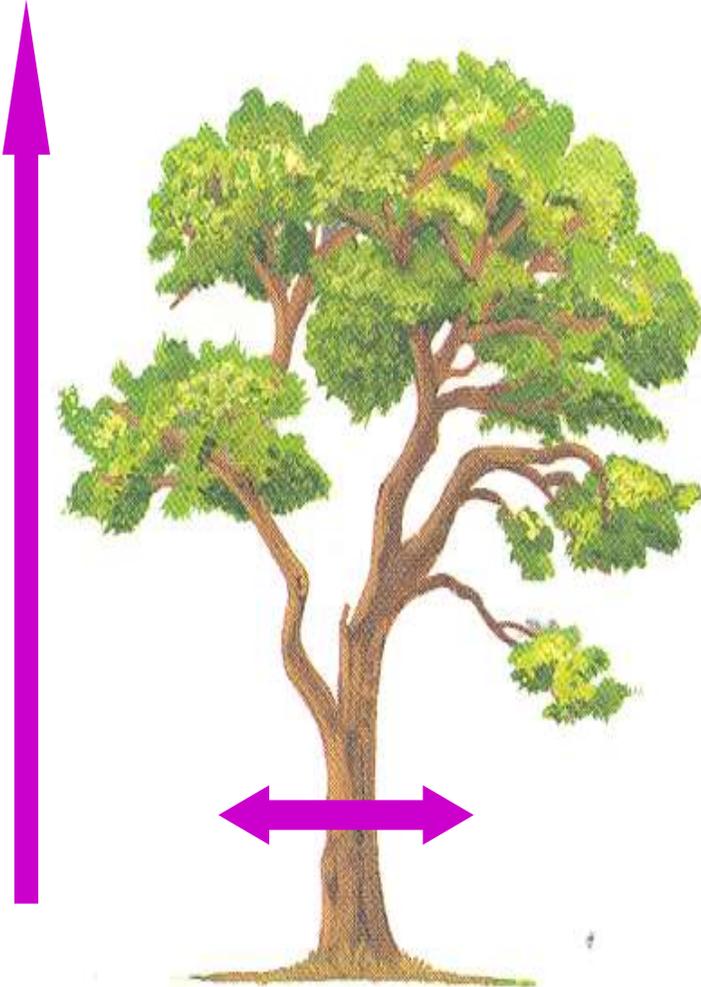
Le label **PEFC** est accordé sur la base d'un **engagement incluant le contrôle**.



Constitution du bois

Constitution du bois

Formation et croissance du bois



Accroissement :
en hauteur
en diamètre.

***Bois = ensemble de tissus de consistance
± dure formant la masse principale du
corps de l'arbre.***

Matériau hétérogène mais organisé

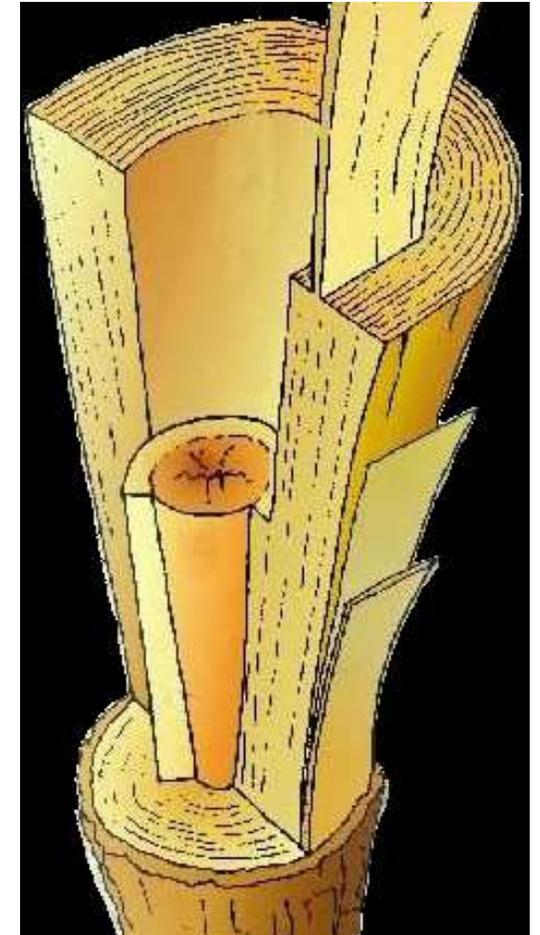
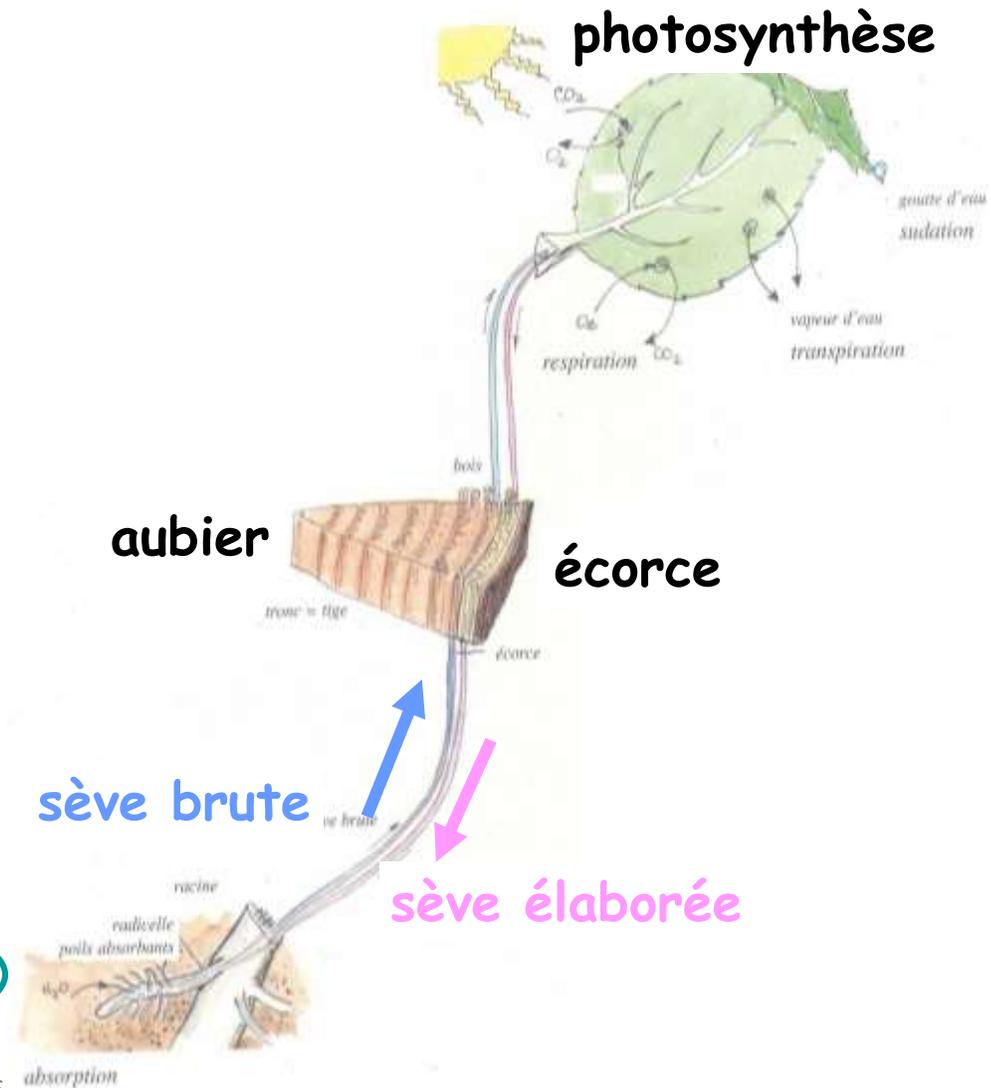
Constitution du bois

Formation et croissance du bois

Gaz carbonique
Lumière

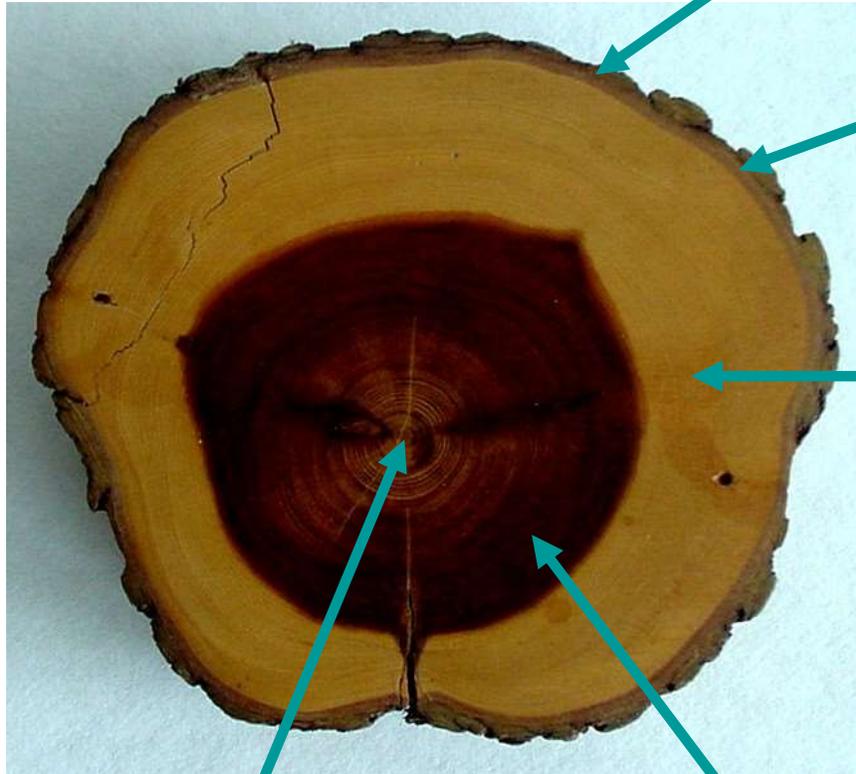
matière
BOIS

Eau et sels
minéraux



Constitution du bois

Formation et croissance du bois



liber (écorce) = transport sève élaborée

cambium = naissance des cellules

aubier = croissance des cellules / bois vivant / clair / élaboration et mise en réserve de substances / transport sève brute / peu dense / perméable

moelle =
tige initiale

duramen = bois mort / foncé / soutien / dense / imperméable

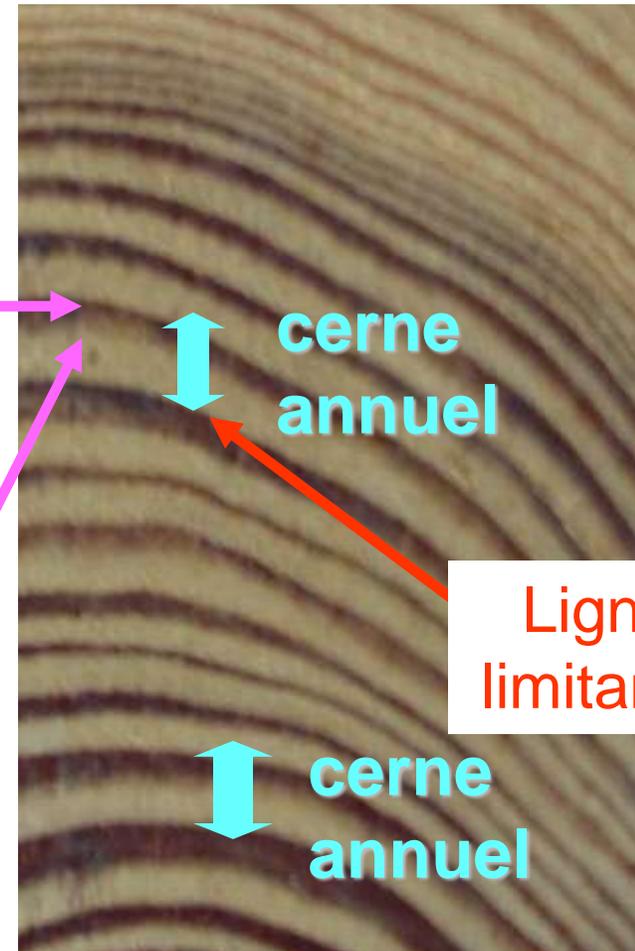
Constitution du bois

Formation et croissance du bois

bois final (tissus dense /
cellules à parois épaisses et
petites sections)
= **bois d'été**

bois initial (tissus lâche /
cellules à parois minces et
fortes sections) = **bois de
printemps**

extérieur de l'arbre



intérieur de l'arbre

Constitution du bois

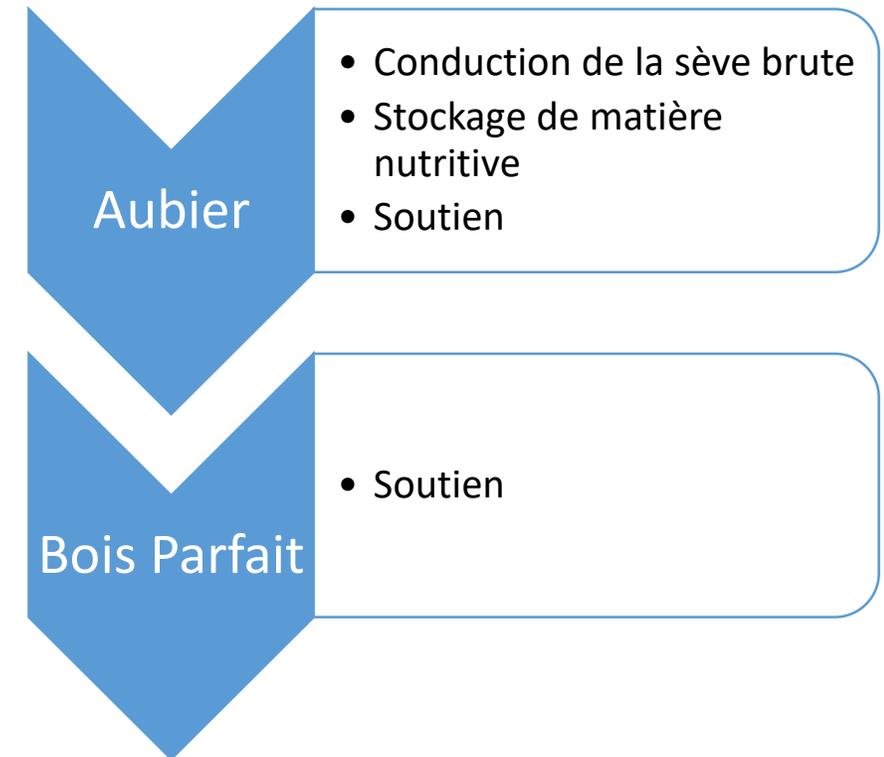
Différenciation aubier/bois parfait

DURAMINISATION :

Modification physiologique au cours de laquelle le bois parfait se charge de résines et de tannins.

Le bois duraminisé devient ainsi :

- **plus résistant aux attaques biologiques**
- **moins (ou pas) imprégnable par des produits de préservation**



Constitution du bois

Différenciation aubier/bois parfait

Lorsque on abat l'arbre, ces deux zones n'ont pas les mêmes propriétés :

- L'**AUBIER** est gorgé de sève et de matières nutritives (amidon, sucres, matières grasses) :

Il attire toujours des prédateurs biologiques (insectes, champignons).

- Le **BOIS PARFAIT** est plus dur, plus dense, ne contient pas tant de nutriments et même parfois des substances peu attractives voire répulsives (tanins, résines).

Il attire moins les prédateurs, parfois même résiste à leurs attaques : on dit alors que le bois est durable.



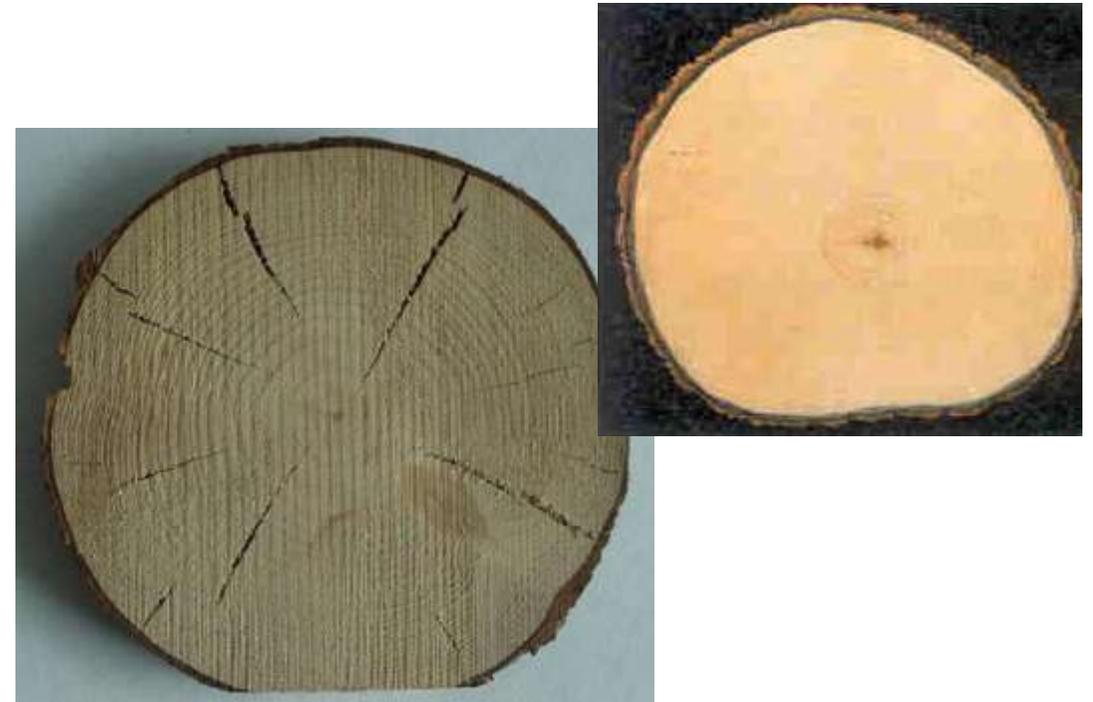
Constitution du bois

Différenciation aubier/bois parfait



Duramen différencié :
une certaine durabilité

Pins, mélèze, douglas, chêne, châtaignier...



Duramen non différencié :
bois non durables

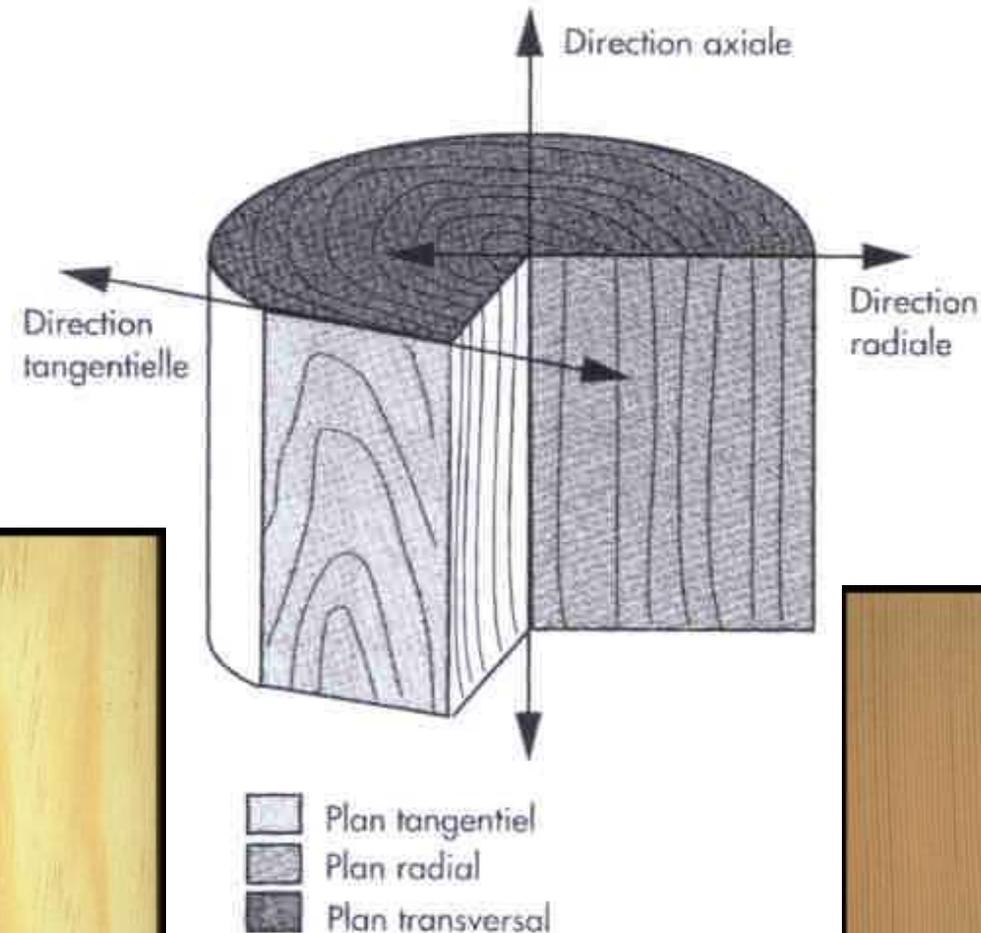
Sapin, épicéa, hêtre, peuplier...

Constitution du bois

Anisotropie du bois :

Les 3 plans d'observation

Le plan ligneux: ensemble des caractères de structures du bois tenant à la nature, à la forme et au groupement des cellules constitutives. Ces caractères sont constants pour une essence déterminée.



Constitution du bois

Les deux grands groupes d'arbre Résineux (Conifères)



- Gymnospermes (graine nue)
- Feuilles en aiguilles
- Résine
- Régions tempérées

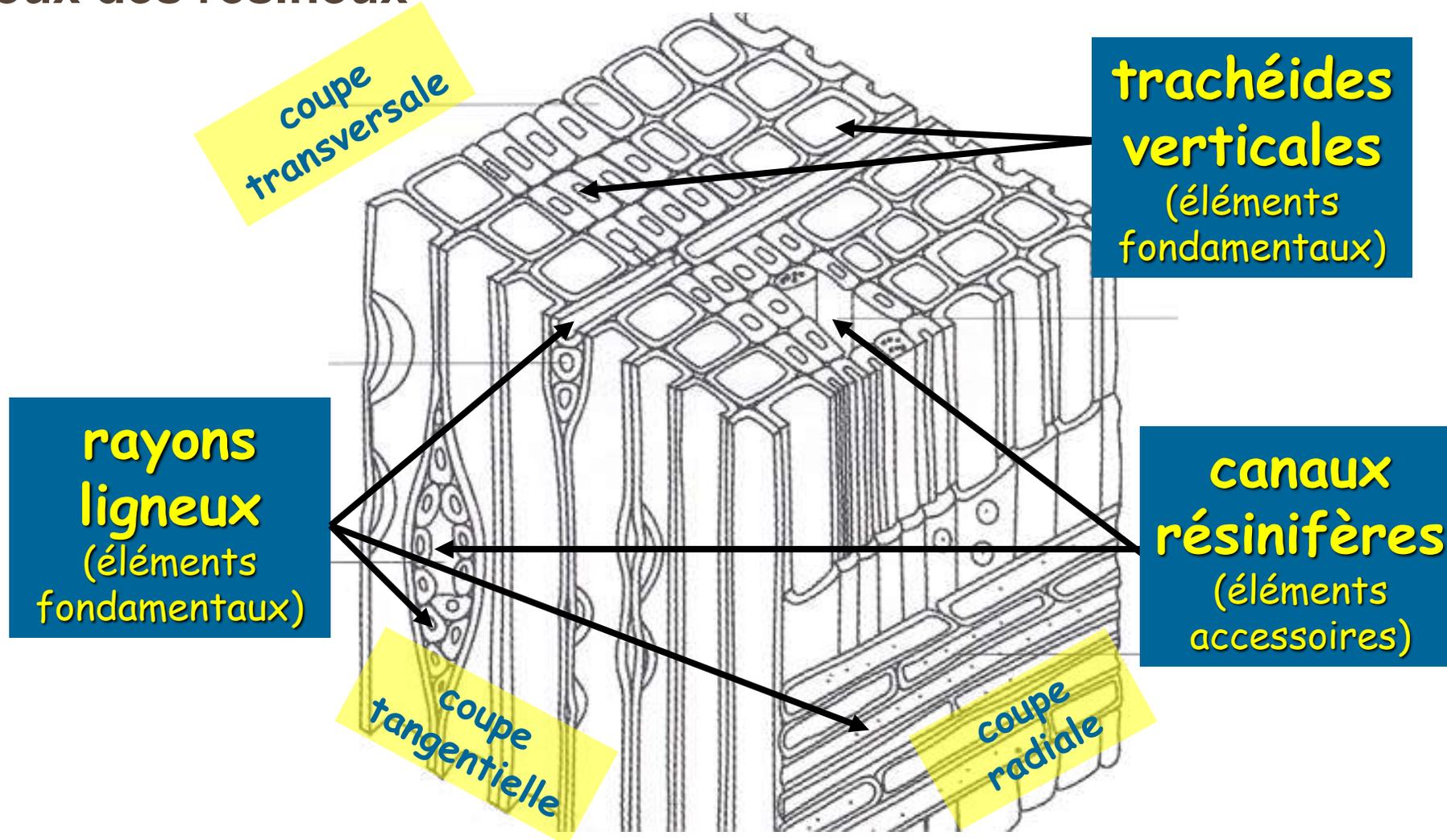
Feuillus



- Angiospermes (graine dans un récipient)
- Feuilles larges, caduques
- Régions tempérées (massifs)
- Régions tropicales (forêts)

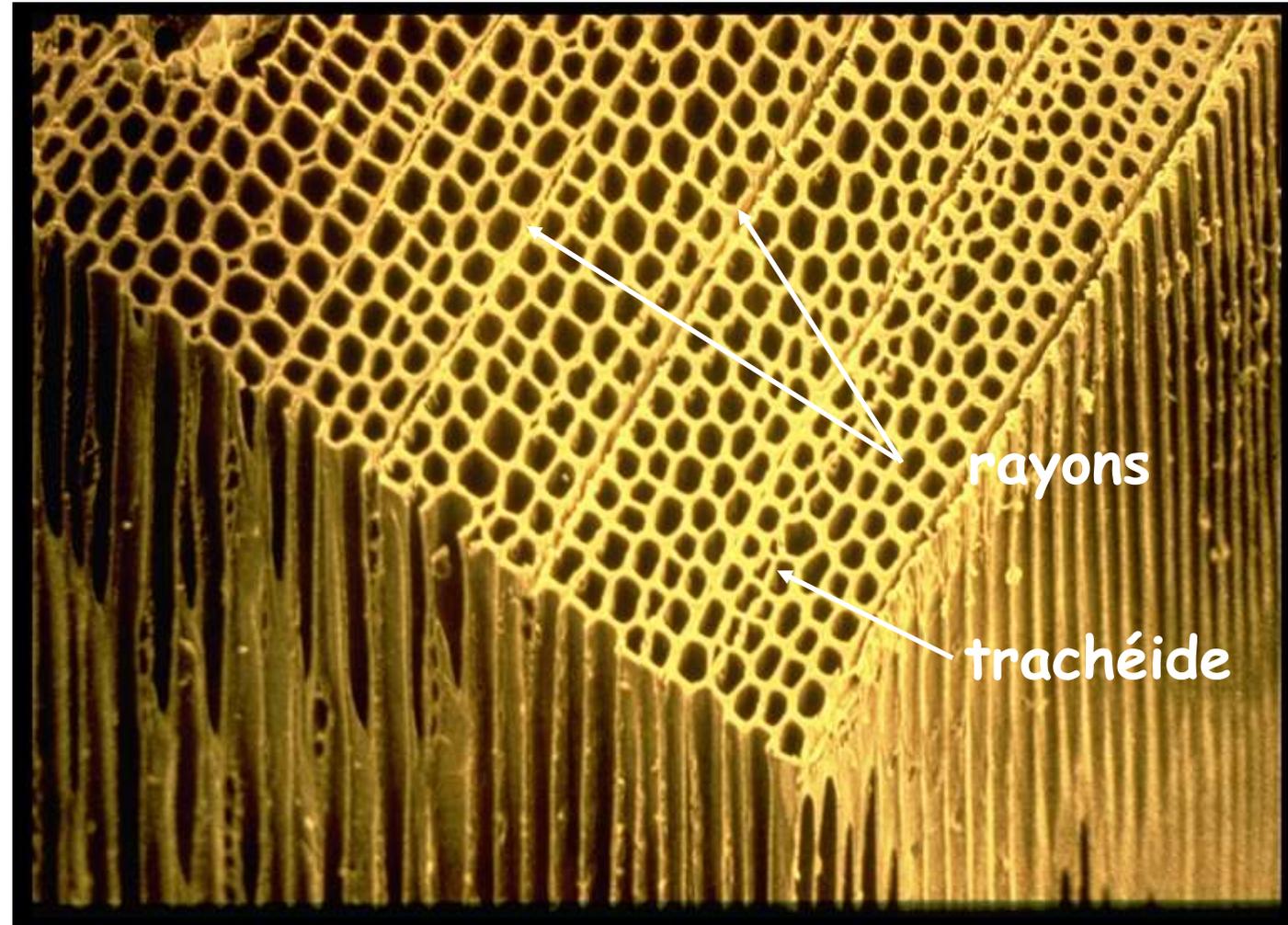
Constitution du bois

Plan ligneux des résineux



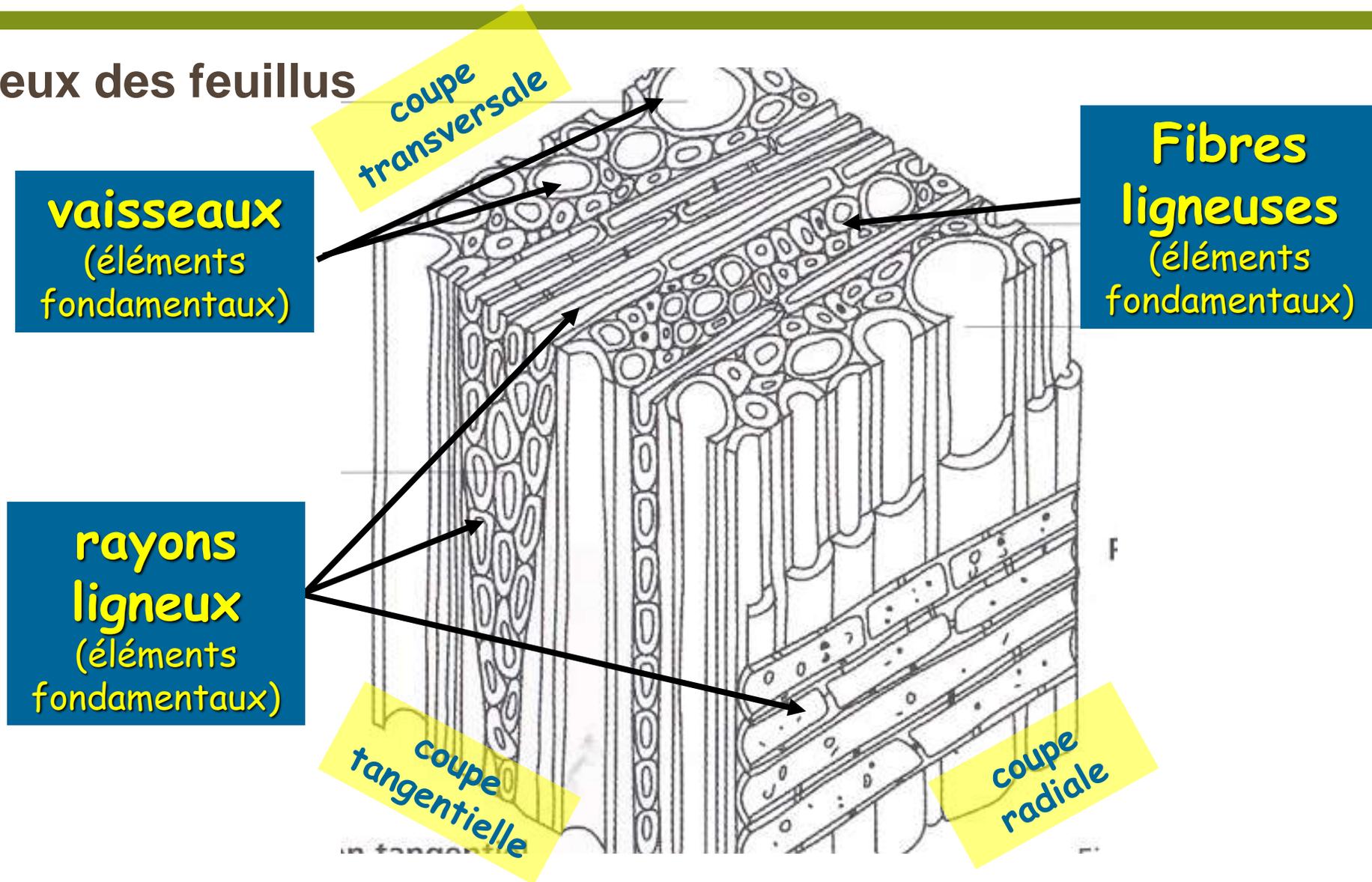
Constitution du bois

Coupe transversale
de **pin maritime**



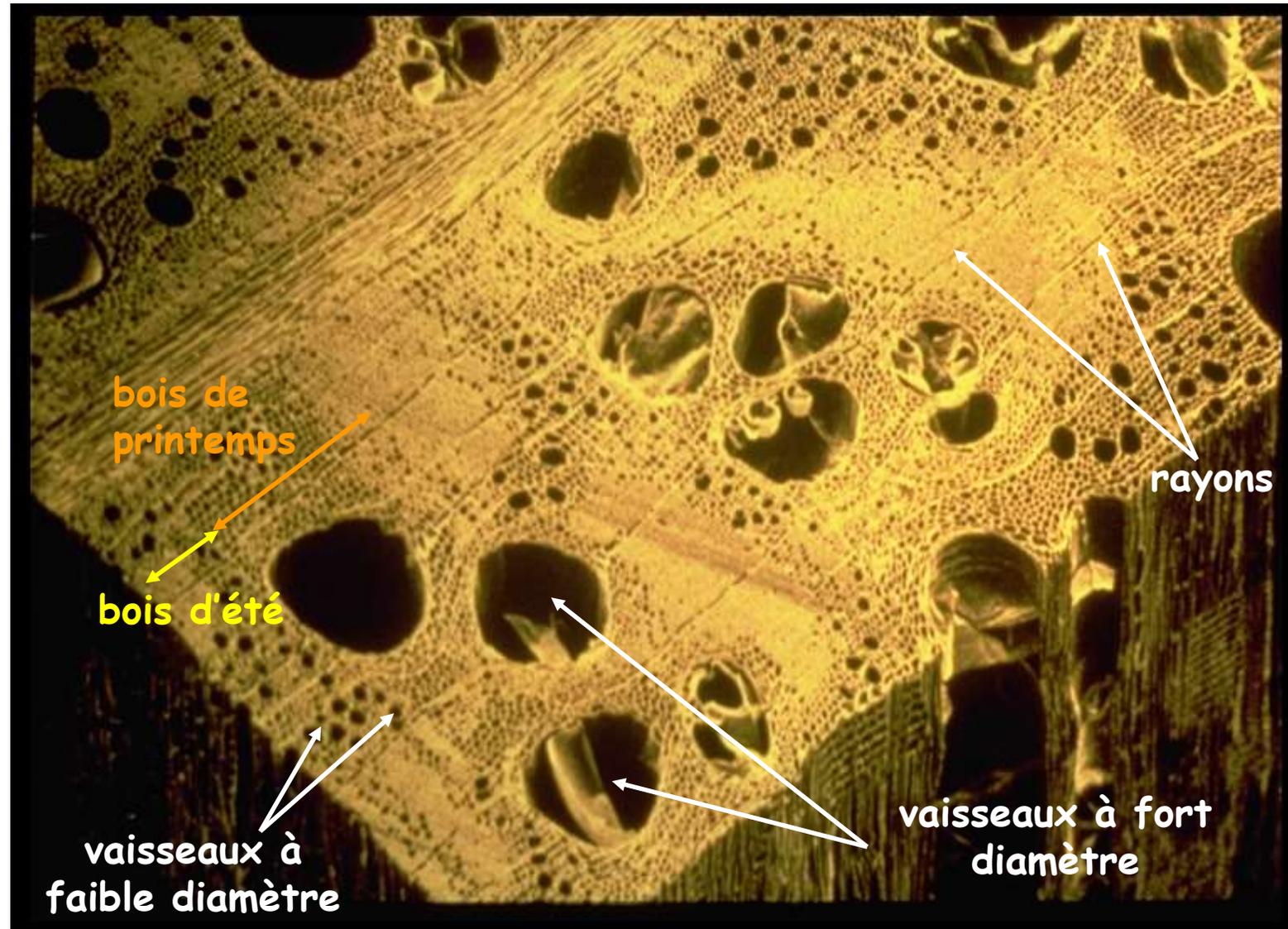
Constitution du bois

Plan ligneux des feuillus



Constitution du bois

Coupe transversale de **chêne**



Les feuillus, plus complexes, sont apparus bien après les conifères.

Constitution du bois

Composition chimique élémentaire :

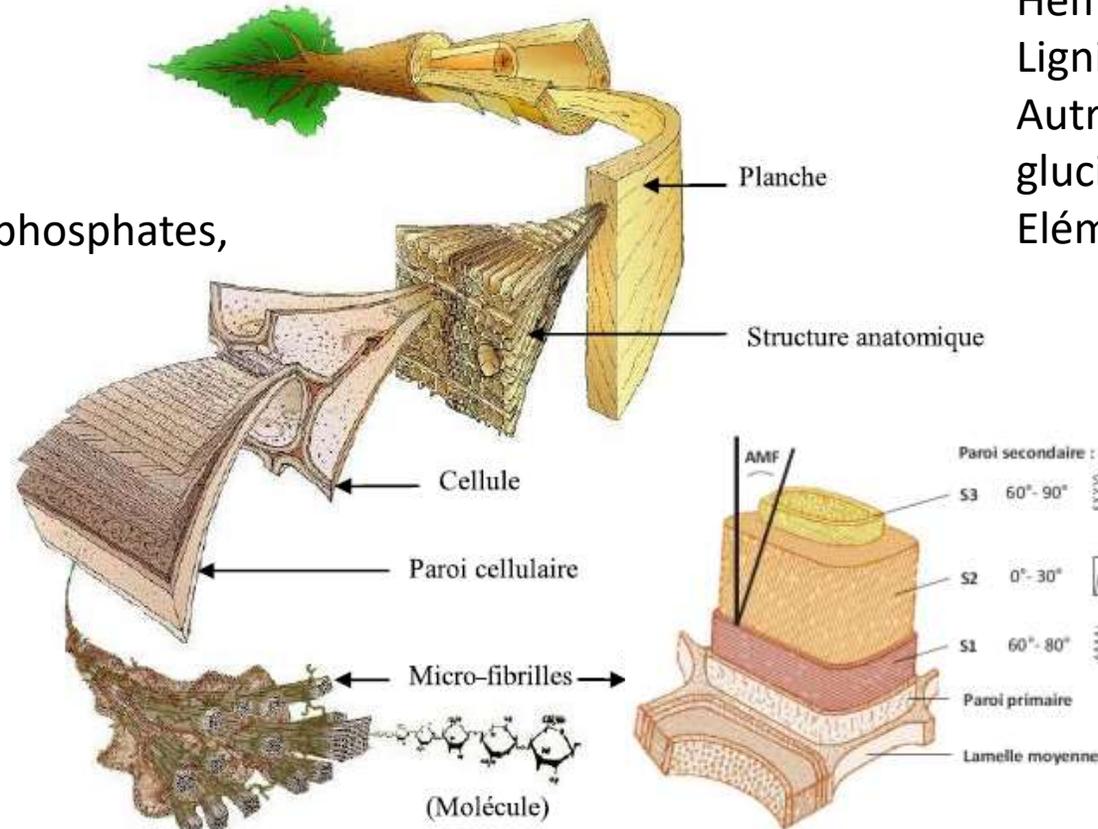
50 % de carbone

43 % d'oxygène

6 % d'hydrogène

0.5 % d'azote

0.5-1.5 % de cendres (silice, phosphates, potassium, calcium)



Structure multi-échelle du bois, d'après Harrington (1999)

Composition des parois cellulaires :

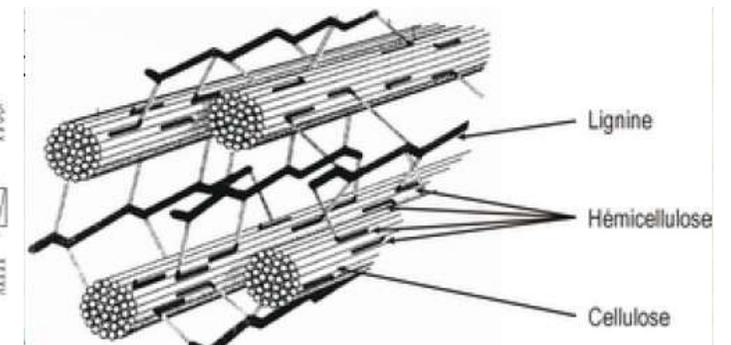
Cellulose : 40-50% (fibre)

Hémicellulose : 25-40% (interface)

Lignine : 20-35% (matrice)

Autres substances organiques (extractibles: glucides, résines, tannins,...)

Éléments minéraux





Singularités du bois

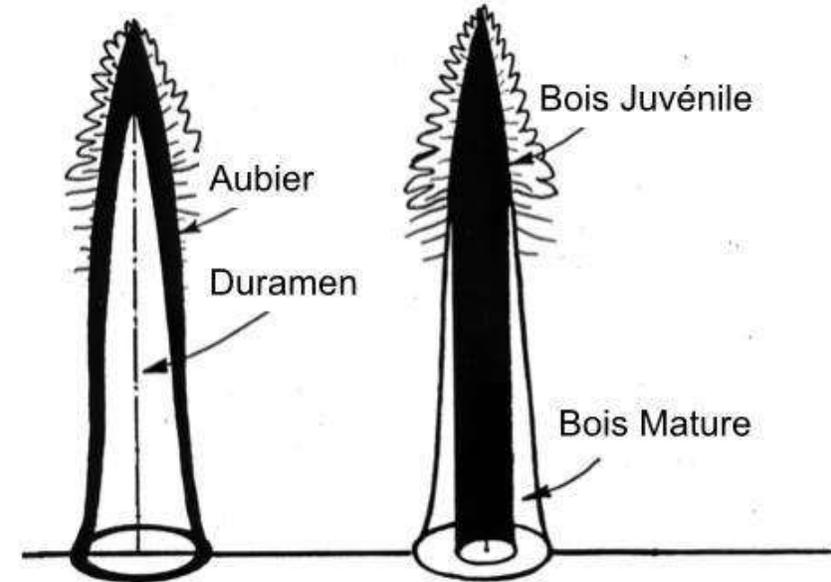
Singularités du bois

Bois juvénile :

Bois formé au cours des premières années d'existence du cambium= premiers cernes d'accroissement (~ 5 à 20) en partant de la moelle.

Caractéristiques différentes du bois mature :

- Parois cellulaires relativement minces
- Masse volumique, résistance et rigidité plus faibles
- Retrait longitudinal plus important

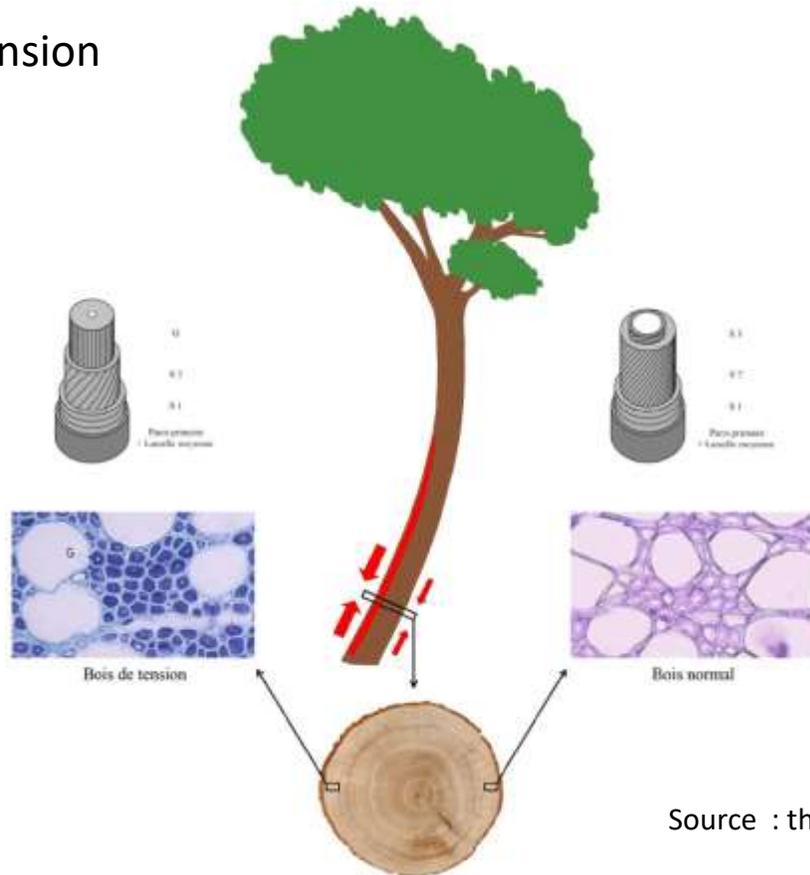


Singularités du bois

Bois de réaction : « Anomalie » de croissance liée à la réaction de l'arbre soumis à des efforts extérieurs (vent, gravité) pour maîtriser sa posture

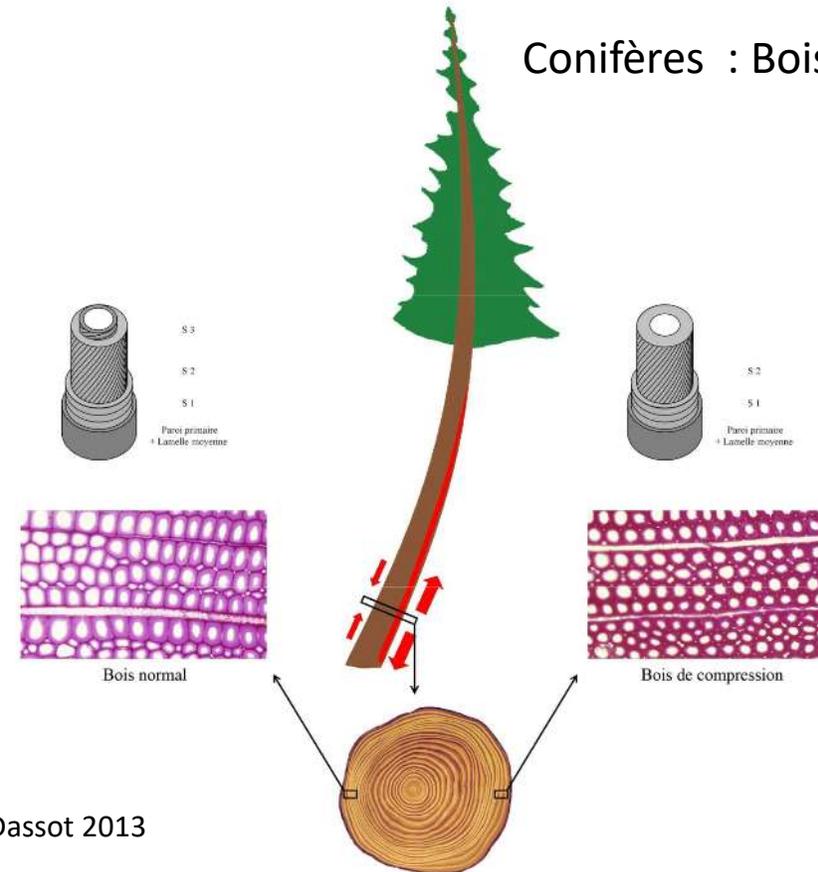
feuillus : Bois de tension

- Couche gélatineuse (G) non lignifiée
- Inclinaison des fibrilles
- Retrait longitudinal important



Conifères : Bois de compression

- Cernes d'accroissement plus larges et proportion plus élevée de bois final
- Densité plus élevée
- Inclinaison des fibrilles
- Retrait longitudinal important



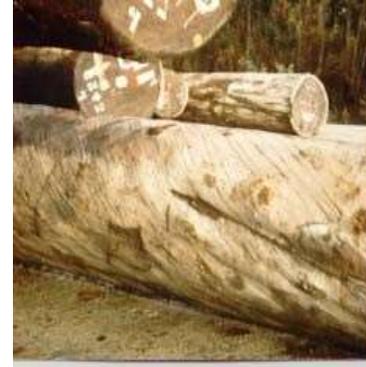
Source : thèse Dassot 2013

Singularités du bois

Singularités du fil :

Fil du bois = orientation des fibres longitudinales

- **Fil tors:** les fibres ont la même inclinaison, en torsade autour de l'axe longitudinal
- **Contrefil :** alternance dans l'orientation des fibres d'un cerne à l'autre
- **Fil ondulé :** légère sinuosité des fibres qui restent parallèles entre elles
- **Fil enchevêtré :** contrefil et ondulation des fibres (bois moiré)
- **Bois madré :** fibres sinueuses et enchevêtrées



Singularités du bois

Nœuds = parties de branche englobées dans le bois

- hétérogénéité de matériaux
- déviations de fil
- gradients locaux de propriétés physiques et mécaniques



Nœud adhérent / Nœud non adhérent
Source : Raven (2010)



Nœud moustache

Nœuds groupés

Nœud à entre écorce

Nœud sautant

Nœud ovale

Nœud pourri



Propriétés physiques

Propriétés physiques

Masse volumique (ou densité associée)

Constitue la caractéristique du bois la plus importante, corrélée aux propriétés mécaniques.

Varie en fonction de l'essence de bois, des conditions de croissance et de la teneur en eau.

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}, \quad \rho_H = \frac{m_H}{V_H} = \rho_0 \frac{1 + 0,01H}{1 + 0,01\beta_v H}$$

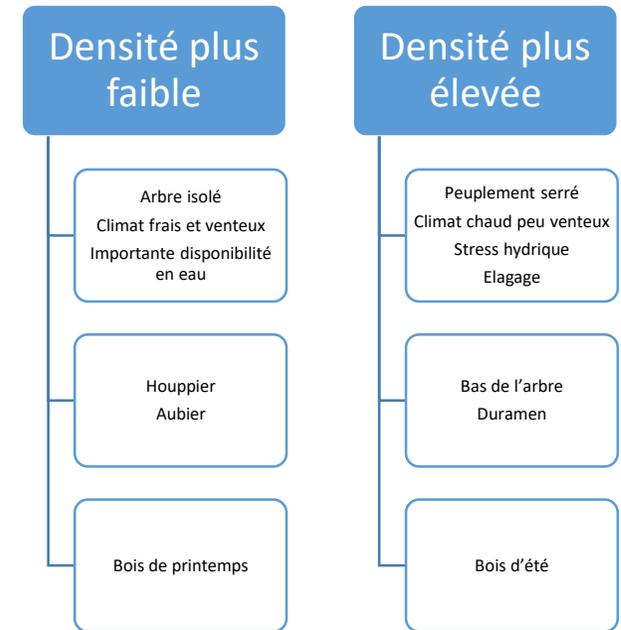
H : taux d'humidité du bois

β_v , coefficient de retrait/gonflement volumique du bois

$$\text{Porosité : } C(\%) = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_C}\right) \times 100$$

ρ_0 , Masse volumique du bois à l'état anhydre (H=0%)

ρ_C , Masse volumique de la matière ligneuse $\rho_C \approx 1530 \text{ kg/m}^3$



Propriétés physiques

Taux d'humidité dans le bois : $H\% = \frac{M_h - M_0}{M_0}$

M_h : Masse humide

M_0 : Masse anhydre (H=0%)

$M_h - M_0$: Masse d'eau contenue dans le bois

L'eau dans le bois :

Eau libre : eau dans les vides cellulaires

Eau de saturation = eau liée : eau imprégnée dans les parois cellulaires fixée par les hydroxyles (OH-), libérée par évaporation

Eau de constitution: eau contenue dans la matière ligneuse, libérée par destruction de la cellulose (par modification chimique biologique ou thermique)

Taux d'humidité des bois sur pieds : Peuplier : 250 à 200 %,
Chêne : 90 à 100 %, Sapin : 160 à 140 %, Hêtre : 90 à 100 %

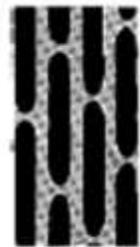
L'humidité du bois diminue rapidement à l'abattage : 25% à 35%

Bois « commercialement sec » : 20%

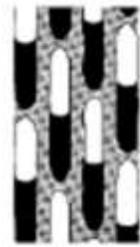
Etats caractéristiques :

Point de Saturation des Fibres PSF (H~30%) : Parois des cellules saturées d'eau

Etat anhydre (H=0%) : ni eau libre, ni eau de saturation, obtenu par dessiccation à 103°C



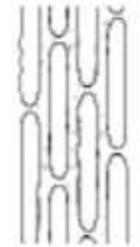
saturation
complète



W > 30%



saturation des
fibres



0 < W < 30%



W = 0%

Propriétés physiques

Variations dimensionnelles

Liées aux variations hygroscopiques (sorption/désorption des fibres)

Le gonflement des parois des cellules correspond au volume d'eau absorbé jusqu'au PSF.

La variation de volume est proportionnelle à la variation d'humidité : $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\beta_v}{100} \Delta H$

Pour une direction considérée : $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\beta}{100} \Delta H$

l : dimension de l'élément selon la direction considérée

β , coefficient de retrait/gonflement selon la direction considérée

ΔH : variation d'humidité entre 0% et PSF

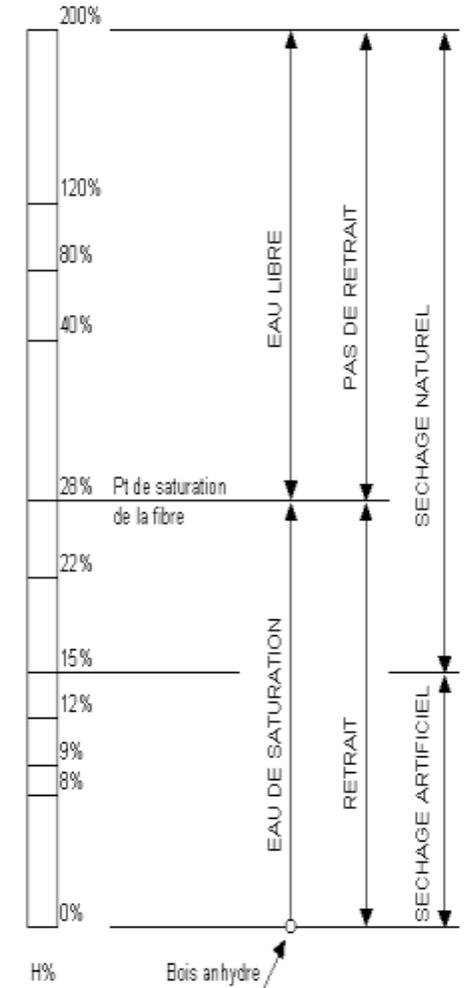
Compte tenu de l'anisotropie du matériau, les coefficients de retrait/gonflement diffèrent très fortement suivant les 3 directions principales (longitudinale, radiale, tangentielle) :

$$\beta_t > \beta_r \gg \beta_l$$

$$\beta_v \sim \beta_t + \beta_r + \beta_l$$

| Essence | β_t | β_r | β_l | MV anhydre |
|--------------|-----------|-----------|-------------|-----------------------|
| Epicéa | 0,31 | 0,17 | 0,01 à 0,02 | 420 kg/m ³ |
| Mélèze | 0,32 | 0,16 | 0,01 à 0,02 | 490 kg/m ³ |
| Pin maritime | 0,30 | 0,15 | 0,01 à 0,02 | 500 kg/m ³ |
| Chêne | 0,20 | 0,32 | 0,01 à 0,02 | 650 kg/m ³ |
| Hêtre | 0,41 | 0,21 | 0,01 à 0,02 | 680 kg/m ³ |
| Robinier | 0,33 | 0,24 | 0,01 à 0,02 | 720 kg/m ³ |
| Azobé | 0,40 | 0,31 | 0,01 à 0,02 | 990 kg/m ³ |
| Doussié | 0,20 | 0,12 | 0,01 à 0,02 | 770 kg/m ³ |
| Sipo | 0,24 | 0,20 | 0,01 à 0,02 | 570 kg/m ³ |

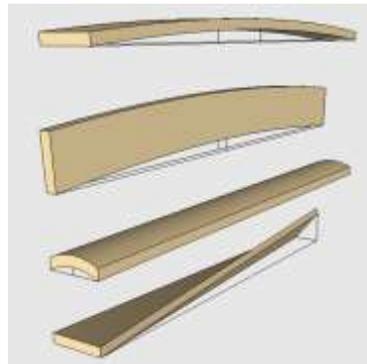
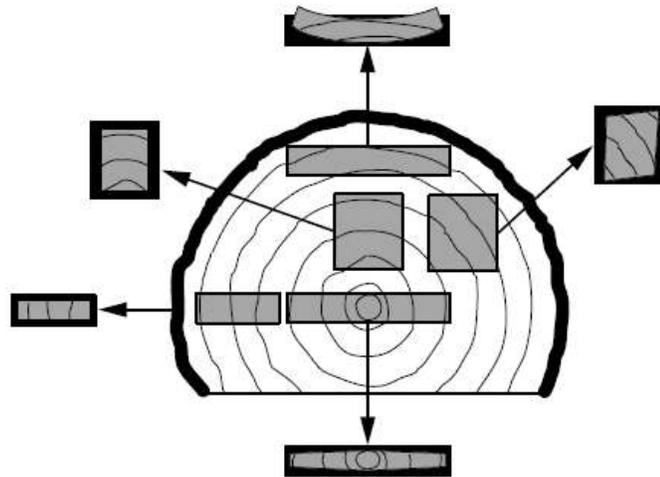
HUMIDITE ET RETRAIT



Propriétés physiques

Variations dimensionnelles et déformations

Les déformations des pièces de bois varient selon l'endroit de la grume dont elles proviennent.



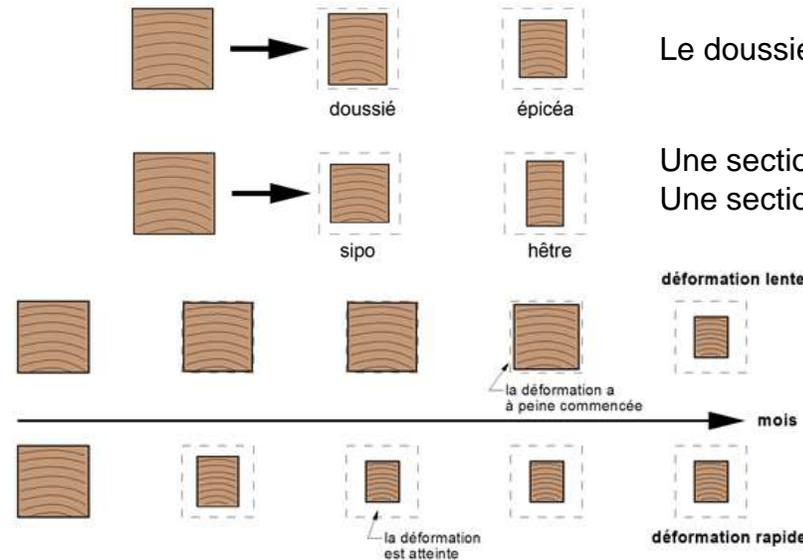
Flèche de face

Flèche de rive / de chant

Tuilage

Gauchissement

Les essences de bois ne se déforment pas tous de la même manière, ni à la même vitesse.



Le doussié se rétracte moins que l'épicéa.

Une section carrée de sipo reste sensiblement carrée.
Une section carrée de hêtre devient rectangulaire.

Ex : l'azobé est peu stable (coef. de retrait élevés) mais a un séchage très lent

Le retrait tangentiel > Retrait radial → les cernes périphériques se contractent beaucoup plus que la partie centrale, ce qui provoque des contraintes internes élevées pouvant générer l'apparition des fentes.

Les transferts d'humidité sont plus rapides dans le sens longitudinal que dans le sens transversal. Les contraintes internes de séchage sont donc maximales aux extrémités des pièces.



Propriétés physiques

Equilibre hygroscopique

Le bois tend toujours à se mettre en équilibre avec l'ambiance dans laquelle il se trouve, jusqu'à se stabiliser à un taux d'humidité appelé "humidité d'équilibre" ou "équilibre hygroscopique du bois".

Cet équilibre ne dépend que de l'ambiance où est placé le bois, et sera donc le même pour tous les bois placés dans cette même ambiance.

L'équilibre hygroscopique est déterminée par deux critères :

- l'humidité relative de l'air
- la température ambiante

$$EH = \frac{18}{W} \left[\frac{k_1 k_2 HR}{1 + k_1 k_2 HR} + \frac{k_2 HR}{1 - k_2 HR} \right] \quad \text{suivant Simpson (1973)}$$

EH, équilibre hygroscopique du bois ;

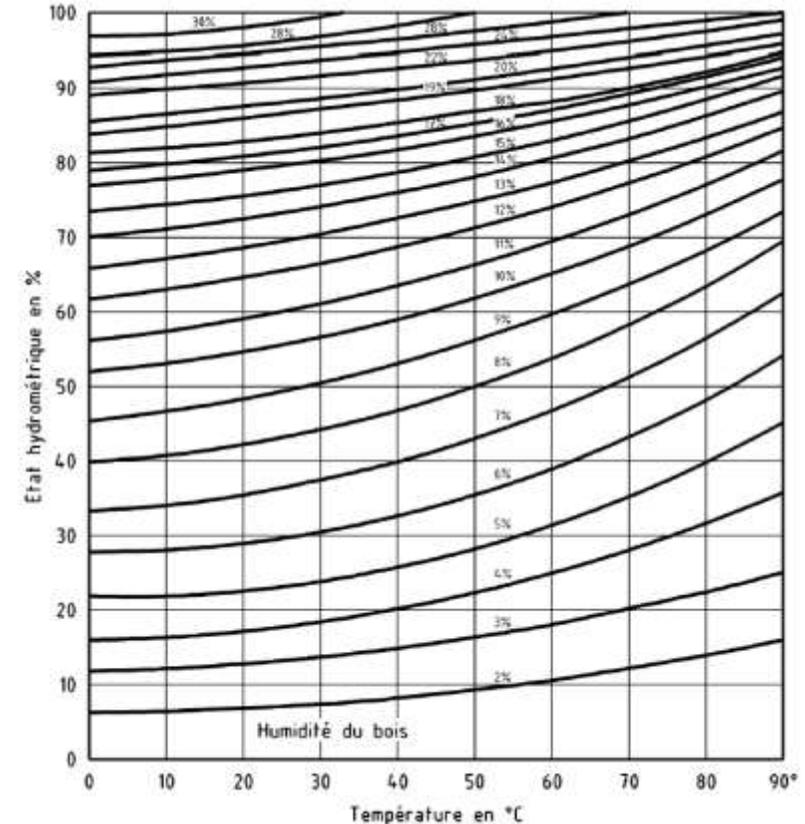
HR, humidité relative de l'air ;

k_1 , k_2 , W, coefficients de calage en fonction de la température sèche T, exprimée en degrés Celsius :

$$k_1 = 4,737 + 0,04773 T - 0,00050012 T^2$$

$$k_2 = 0,7059 + 0,001659 T - 0,000005638 T^2$$

$$W = 223,4 + 0,6942 T + 0,01853 T^2$$



Courbe d'équilibre hygroscopique des bois mis en œuvre (extrait Annexe Nationale EC5)

Propriétés physiques

Equilibre hygroscopique

Humidité conseillée à la mise en œuvre, aussi proche que possible de l'humidité d'équilibre en œuvre

| | |
|------------------|-----------|
| Fermettes | 18 à 22 % |
| Emploi extérieur | 14 à 18 % |
| Lamellé-collé | 12 % |
| Emploi intérieur | 10 à 12% |

Le retrait / gonflement (Ordre de grandeur pour du résineux)

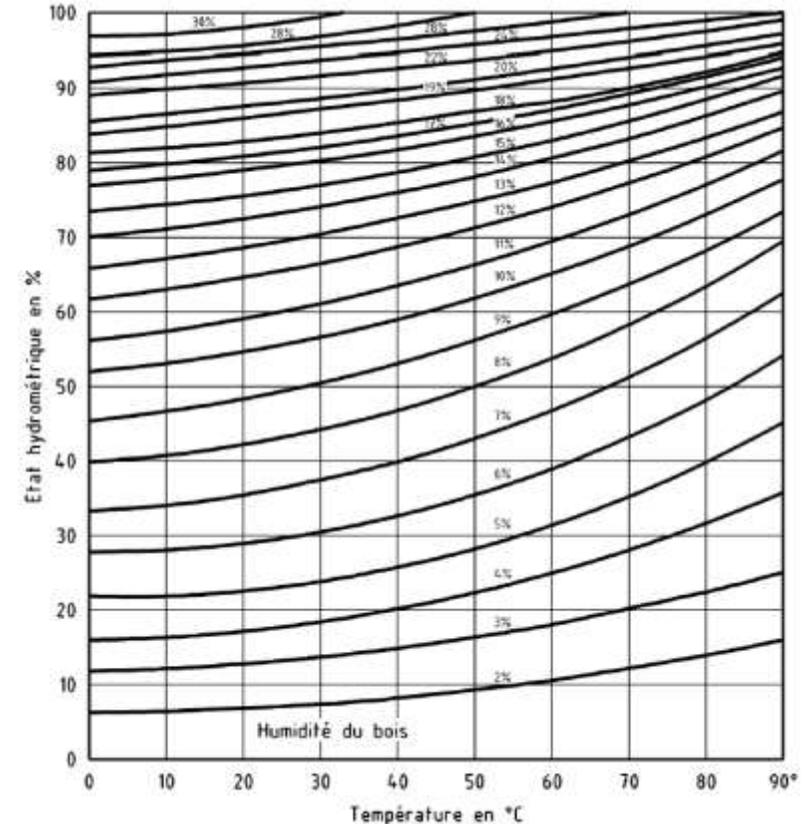
- Longitudinal : 0,02 % / HR% (négligé)
- Perpendiculaire : 0,25 % / HR%



Application numérique

Bois massif, 220x80 mm², dHR=20% : dh = 11 mm

Lamellé collé, 1000x140 mm², dHR=5% : dh = 12,5 mm



Courbe d'équilibre hygroscopique des bois mis en œuvre (extrait Annexe Nationale EC5)

Propriétés physiques

Propriétés thermiques

| Essences | ρ_n kg/m ³ | λ W/m.°K | C_p J/Kg.°K | μ | |
|----------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|--------|-----|
| | | | | humide | sec |
| Feuillus très lourds | >1000 | 0,29 | 1600 | 50 | 200 |
| Feuillus lourds | >865 ≤1000 | 0,23 | 1600 | 50 | 200 |
| Feuillus mi-lourds | >650 ≤865 | 0,18 | 1600 | 50 | 200 |
| Feuillus légers | >500 ≤650 | 0,15 | 1600 | 50 | 200 |
| Feuillus très légers | >230 ≤500 | 0,13 | 1600 | 20 | 50 |
| Résineux très lourd | >700 | 0,23 | 1600 | 20 | 50 |
| Résineux lourds | >600 ≤700 | 0,18 | 1600 | 20 | 50 |
| Résineux mi-lourds | >500 ≤600 | 0,15 | 1600 | 20 | 50 |
| Résineux légers | ≤500 | 0,13 | 1600 | 20 | 50 |

Masse volumique moyenne : ρ_n (kg/m³)

Conductivité thermique : λ (W/m.°K)

Capacité thermique massique : C_p (J/Kg.°K)

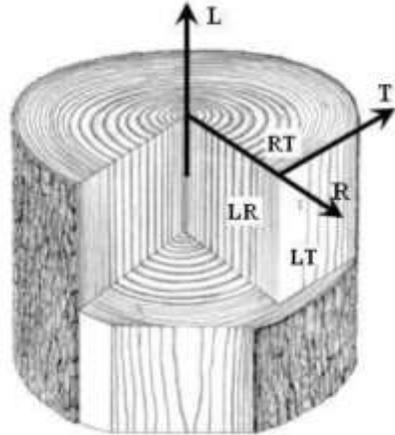
Coefficient de résistance à la vapeur d'eau : μ (humide et sec)



Propriétés mécaniques

Propriétés mécaniques

Matériau orthotrope : 3 directions principales, 3 plans de symétrie



Modules d'élasticité : $E_L \gg E_R > E_T$
 Modules de cisaillement : $G_{LR} \gg G_{LT} > G_{RT}$

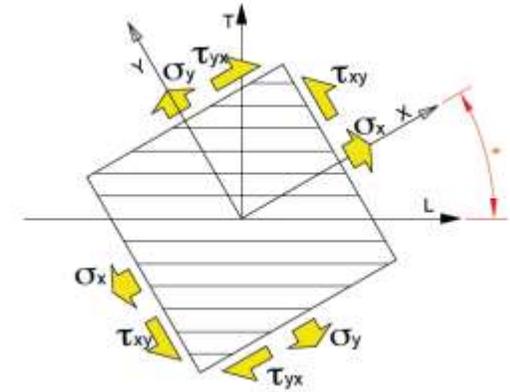
$$\begin{bmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_R \\ \varepsilon_T \\ \gamma_{RT} \\ \gamma_{LT} \\ \gamma_{LR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_L} & -\frac{\nu_{RL}}{E_R} & -\frac{\nu_{TL}}{E_T} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\nu_{LR}}{E_L} & \frac{1}{E_R} & -\frac{\nu_{TR}}{E_T} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{LT}}{E_L} & -\frac{\nu_{RT}}{E_R} & \frac{1}{E_T} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{RT}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{LT}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{LR}} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sigma_L \\ \sigma_R \\ \sigma_T \\ \tau_{RT} \\ \tau_{LT} \\ \tau_{LR} \end{bmatrix}$$

| | | « Résineux standard » | « Feuillu standard » |
|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| $\rho_{12\%}$ | kg/m ³ | 450 | 650 |
| El | MPa | 13100 | 14400 |
| Er | MPa | 1000 | 1810 |
| Et | MPa | 636 | 1030 |
| G _{lr} | MPa | 861 | 1260 |
| G _{lt} | MPa | 745 | 971 |
| G _{rt} | MPa | 83,6 | 366 |
| v _{rt} | | 0,51 | 0,67 |
| v _{tl} | | 0,02 | 0,033 |
| v _{lr} | | 0,39 | 0,39 |
| v _{lt} | | 0,43 | 0,46 |
| v _{tr} | | 0,31 | 0,38 |
| v _{rl} | | 0,03 | 0,048 |

d'après Guitard (1987)

Orientation des contraintes

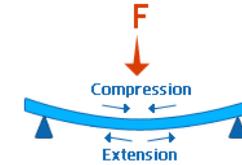
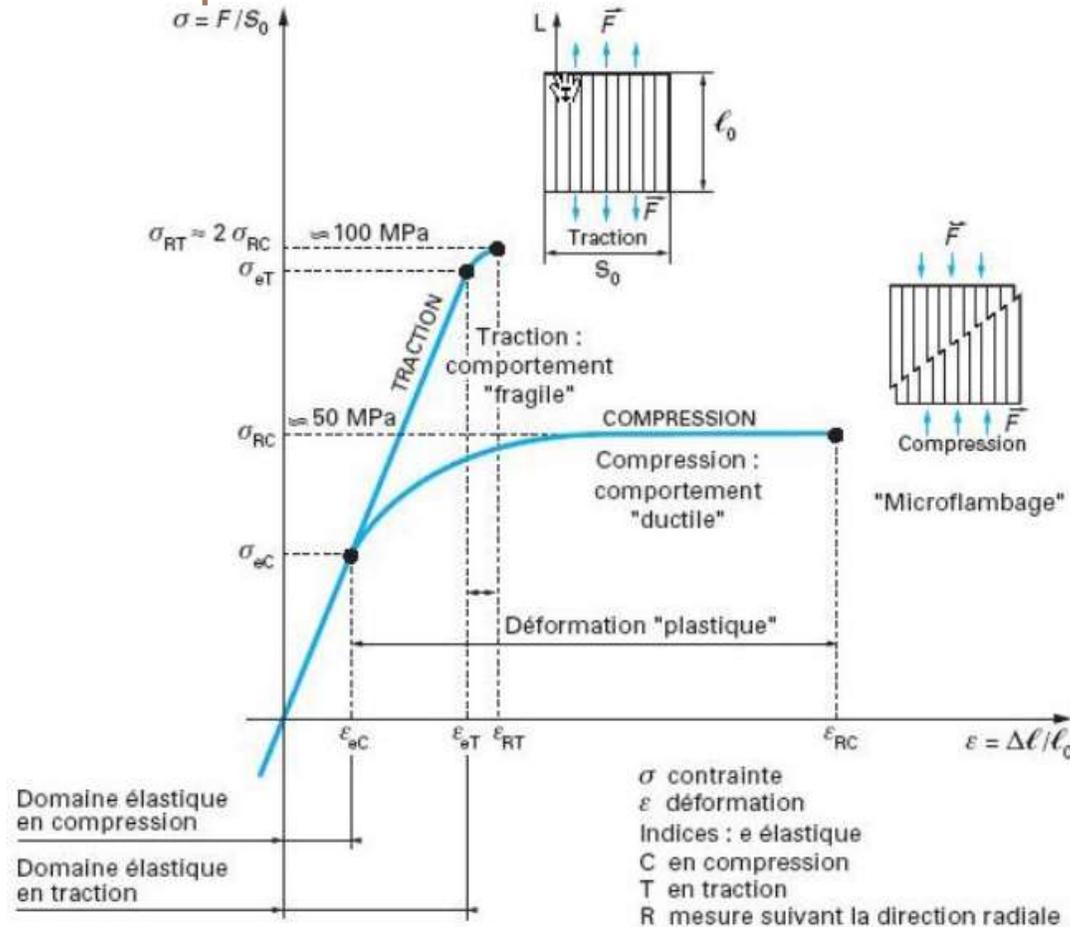
$$\begin{bmatrix} \sigma_l \\ \sigma_t \\ \tau_{lt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & -2.c.s \\ s^2 & c^2 & 2.c.s \\ c.s & -c.s & c^2 - s^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sigma_x \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x \cdot \cos^2 \alpha \\ \sigma_x \cdot \sin^2 \alpha \\ \sigma_x \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \end{bmatrix}$$



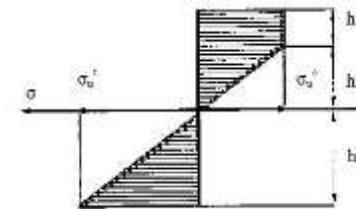
Propriétés mécaniques

Comportement à la rupture

- Fragile en traction
- Ductile en compression



En flexion, l'association des comportements spécifiques en traction et en compression conduit à une distribution dissymétrique des contraintes. La rupture s'amorcera sur la fibre externe en traction, la déformation ultime en traction étant plus faible que la déformation ultime en compression.



Modèle de distribution de contraintes trapézoïdales



Modèle de distribution de contraintes paraboliques

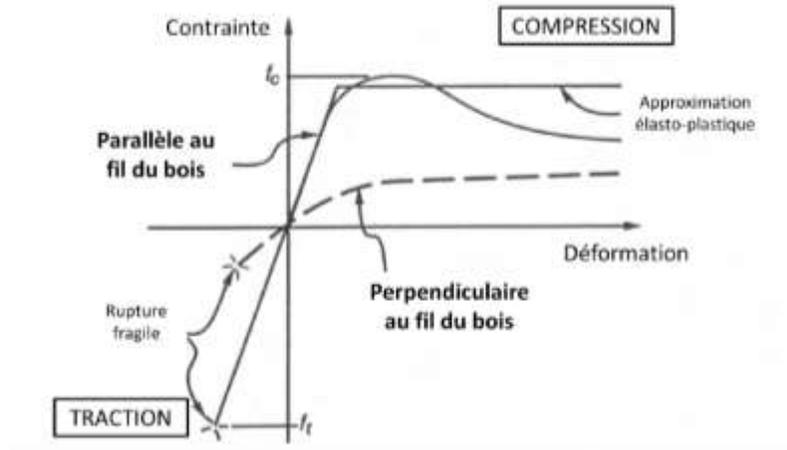


Création d'une contrainte de flexion « fictive équivalente » de flexion avec hypothèse de symétrie

Propriétés mécaniques

Comportement à la rupture

Influence de l'orientation des contraintes



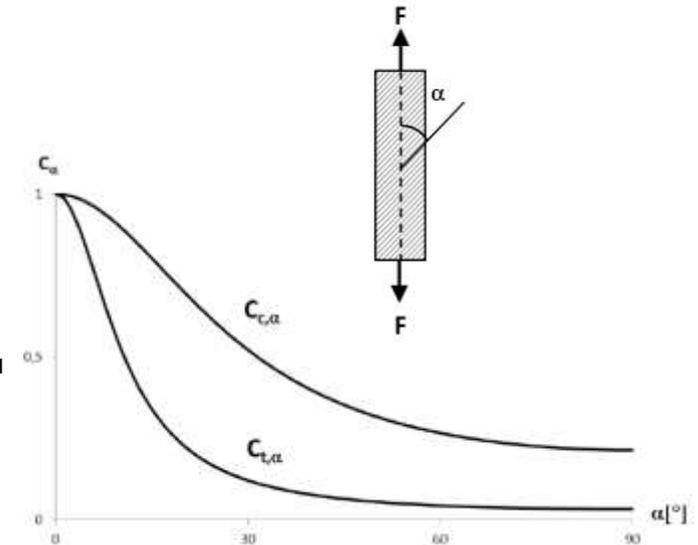
Les propriétés de rigidité et de résistance sont beaucoup plus élevées suivant l'axe longitudinal que suivant ses composantes orthogonales.

$$R_\alpha = \frac{R_0 R_{90}}{R_0 \sin^2 \alpha + R_{90} \cos^2 \alpha}$$

R_α : propriété de résistance à un angle α par rapport au fil du bois

R_0 : propriété de résistance dans la direction du fil du bois

R_{90} : propriété de résistance dans la direction perpendiculaire au fil du bois



Critère d'endommagement

$$\left(\frac{\sigma_l}{f_l}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_t}{f_t}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{lt}}{f_v}\right)^2 \leq 1 \quad \text{Norris (1962)}$$

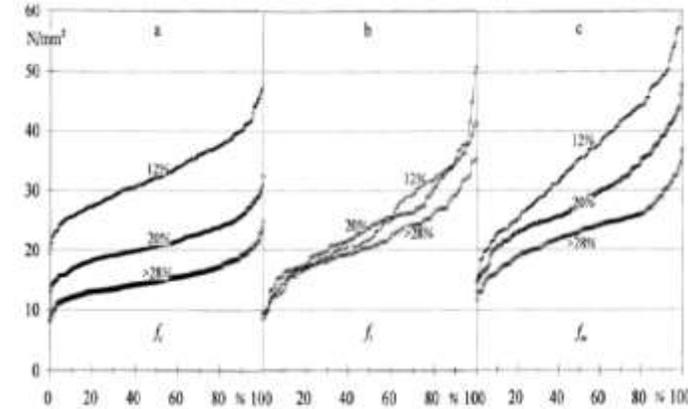
Propriétés mécaniques

Influence de l'humidité

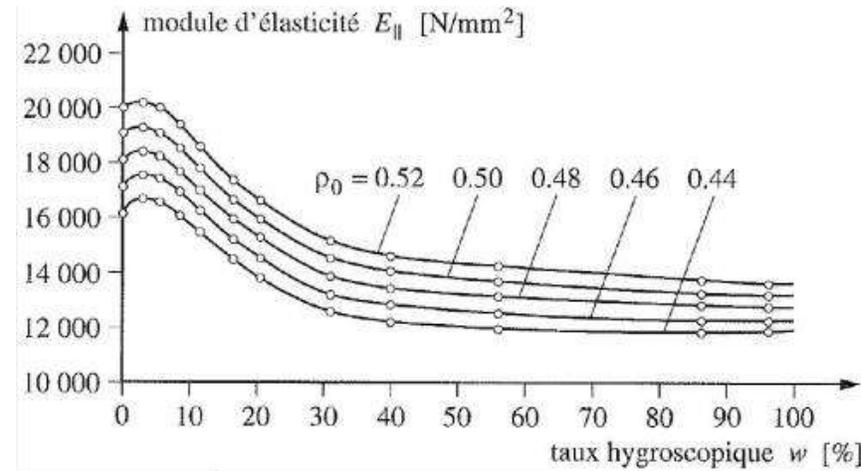
Les propriétés mécaniques du bois dépendent de son taux d'humidité

Une relation linéaire peut être considérée entre les variations du taux d'humidité et des propriétés mécaniques pour $8\% < H < 20\%$

| Propriété mécanique | Variation (%) pour $\Delta H = 1\%$ |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Compression parallèle au fil | 5 |
| Compression perpendiculaire au fil | 5 |
| Flexion parallèle au fil | 4 |
| Traction parallèle au fil | 2,5 |
| Traction perpendiculaire au fil | 2 |
| Module d'élasticité parallèle au fil | 1,5 |



Evolution des résistances en fonction de l'humidité
Source : STEP d'après Hoffmeyer (1978)



Evolution du module d'élasticité longitudinal en fonction de l'humidité
d'après Komllman et Côté (1984)

Propriétés mécaniques

Effets différés

Influence de la durée de chargement sur les propriétés de résistance.

Sous un chargement de longue durée (~10 ans), la rupture intervient à un niveau de contrainte correspondant à 60% de sa résistance initiale.

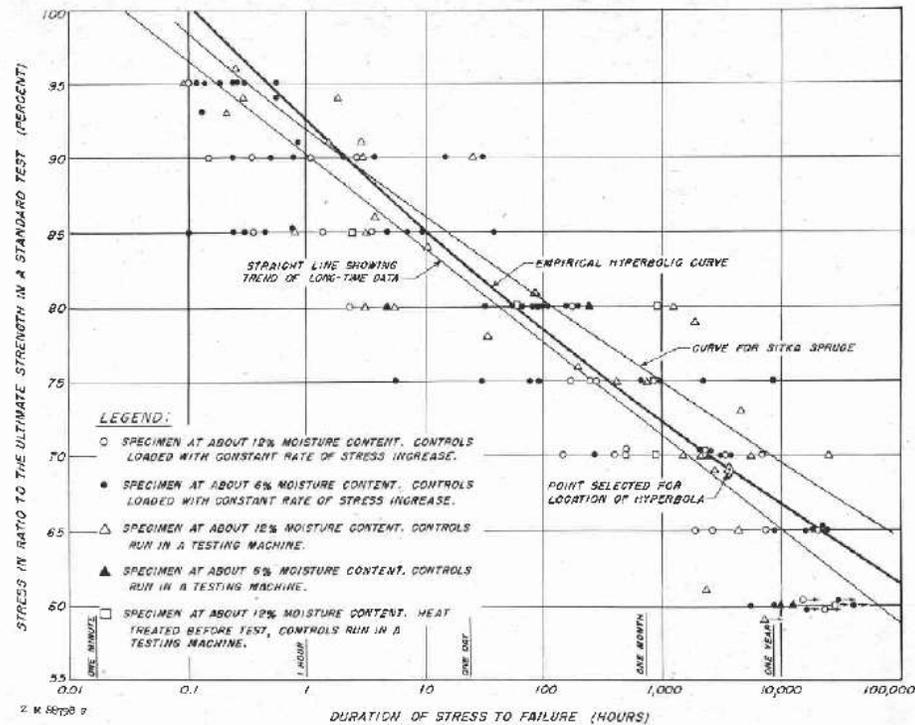
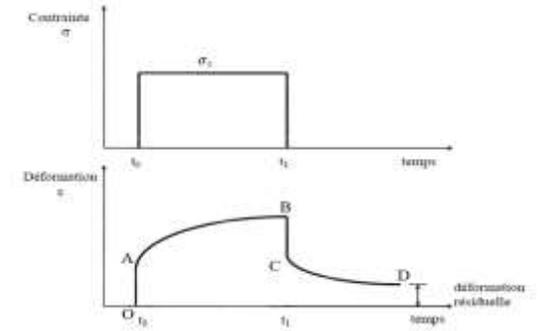


Figure 1.—Relation of duration of constant stress to level of stress in long-time loading of Douglas-fir bending specimens.

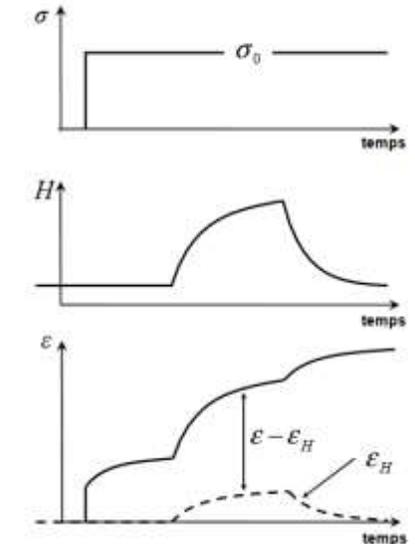
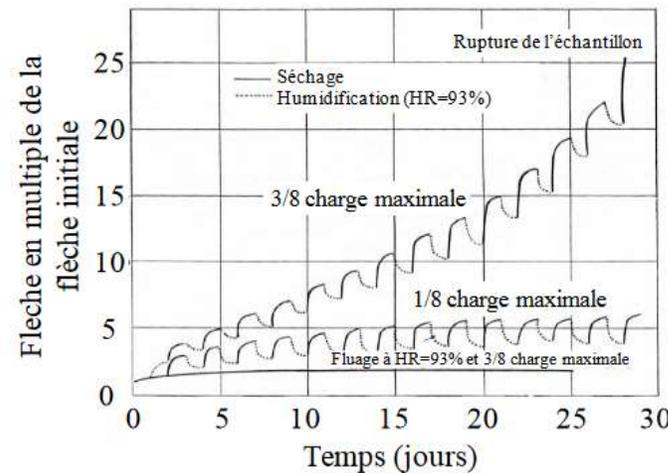
Evolution du niveau de résistance en fonction du temps « courbe de Madison » (1951)

Augmentation de la déformation dans le temps sous une contrainte constante (fluage)



Influence du taux d'humidité sur les effets de durée de chargement :

- Diminution de la résistance
- Augmentation du fluage



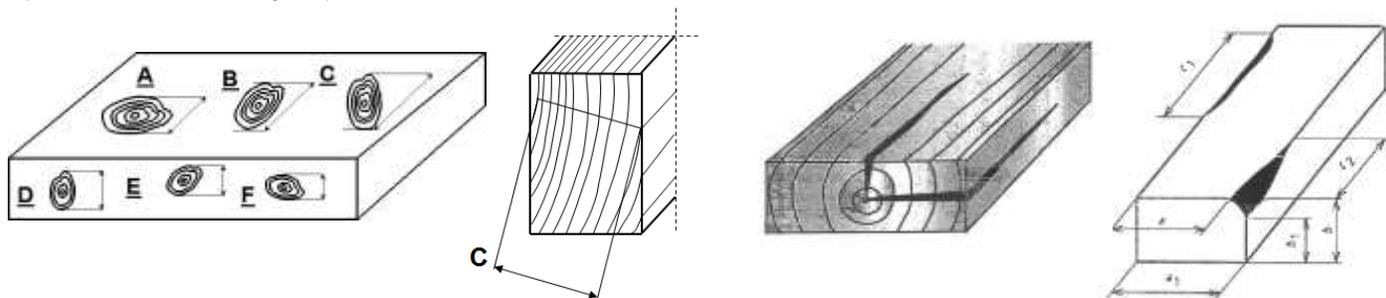
Propriétés mécaniques

Classement structural : trier le bois en lots homogènes de même classe de résistance en vue d'optimiser leur utilisation en construction et permettre le dimensionnement des ouvrages

Pour réaliser ce classement, deux méthodes existent :

Classement visuel

Détermination de la classe visuelle par la mesure des singularités (suivant la norme NF B 52-001 pour les bois français)



Chaque pays possède ses propres normes de classement structural définies en fonction des caractéristiques de sa ressource forestière.

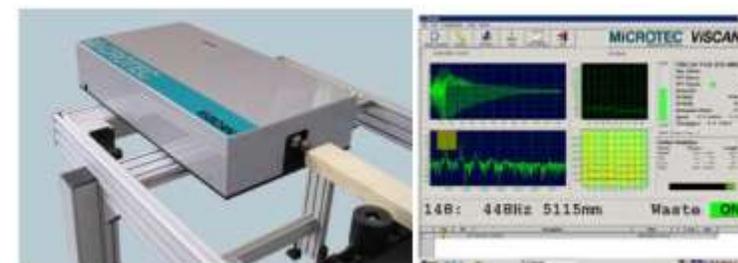
Les correspondances entre les classes visuelles les classes mécaniques de la EN 338 et sont indiquées dans la norme EN 1912

| Essence | Classe visuelle | | | Classe mécanique |
|---------------------|-----------------|----------|-----------|------------------|
| | NF B 52-001 | DIN 4074 | INSTA 142 | |
| Sapin /Epicéa | ST-I | S13 | T3 | C 30 |
| Pins | ST-II | S10 | T2 | C 24 |
| Douglas Peuplier | ST-III | | T1 | C18 |
| Chêne | 1 | | | D35 |
| | 2 | | | D30 |

Classement par machine

Différentes technologies :

- machine de flexion.
- propagation d'ondes (vibration, ultra-son)
- visée optique
- radiation (rayons X, micro-ondes, ...).



Propriétés mécaniques

Classes de résistance selon la norme EN 338

| | Classe | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | D18 | D24 | D27 | D30 | D35 | D40 | D45 | D50 | D55 | D60 | D65 | D70 | D75 | D80 | |
|--|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Propriétés de résistance en N/mm² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Flexion | $f_{m,0,k}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 18 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | |
| Traction axiale | $f_{t,0,k}$ | 7,2 | 8,5 | 10 | 11,5 | 13 | 14,5 | 16,5 | 19 | 22,5 | 26 | 30 | 33,5 | 11 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | |
| Traction transversale | $f_{t,90,k}$ | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | |
| Compression axiale | $f_{c,0,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 27 | 29 | 30 | 18 | 21 | 22 | 24 | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 33 | 35 | 36 | 37 | 38 | |
| Compression transversale | $f_{c,90,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 4,8 | 4,9 | 5,1 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,8 | 6,2 | 6,6 | 10,5 | 11,3 | 12,0 | 12,8 | 13,5 | |
| Cisaillement | $f_{v,k}$ | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,5 | 3,7 | 3,8 | 3,9 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Propriétés de rigidité en kN/mm² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Module d'élasticité moyen en flexion axiale | $E_{m,0,mean}$ | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 9,5 | 10,0 | 11,0 | 11,5 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0 | 16,0 | 9,5 | 10,0 | 10,5 | 11,0 | 12,0 | 13,0 | 13,5 | 14,0 | 15,5 | 17,0 | 18,5 | 20,0 | 22,0 | 24,0 | |
| Module d'élasticité caractéristique à 5% d'exclusion en flexion axiale | $E_{m,0,k}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,1 | 10,7 | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,2 | 10,1 | 10,9 | 11,3 | 11,8 | 13,0 | 14,3 | 15,5 | 16,8 | 18,5 | 20,2 | |
| Module d'élasticité transversal moyen | $E_{m,90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | 0,64 | 0,67 | 0,70 | 0,73 | 0,80 | 0,87 | 0,90 | 0,93 | 1,03 | 1,13 | 1,23 | 1,33 | 1,47 | 1,60 | |
| Module de cisaillement moyen | G_{mean} | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | 0,59 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,75 | 0,81 | 0,84 | 0,88 | 0,97 | 1,06 | 1,16 | 1,25 | 1,38 | 1,50 | |
| Masse volumique en kg/m³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masse volumique caractéristique à 5% d'exclusion | ρ_k | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 360 | 390 | 400 | 410 | 430 | 475 | 485 | 510 | 530 | 540 | 550 | 580 | 620 | 660 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | |
| Masse volumique moyenne | ρ_{mean} | 350 | 370 | 380 | 400 | 410 | 420 | 430 | 460 | 470 | 480 | 490 | 520 | 570 | 580 | 610 | 640 | 650 | 660 | 700 | 740 | 790 | 840 | 900 | 960 | 1020 | 1080 | |

Résineux (Conifères)

Feuillus (Deciduous)

Valeurs caractéristiques suivant EN 384 : valeur représentative d'une propriété de matériau employée pour la conception, qui est basée sur des valeurs à 5 % d'exclusion (propriétés de résistance et masse volumique, par exemple) ou des valeurs moyennes (module d'élasticité, par exemple)



Durabilité du bois

Durabilité du bois

Agents de dégradation - les insectes à larves xylophages

Capricorne des maisons

Insecte parfait L = 10 à 20 mm

Larve L = 20 à 25 mm

Cycle Biologique : 3 à 5 ans

Bois attaqués : aubier des essences résineuses



Petite vrillette

Insecte parfait L = 2,5 à 5 mm

Larve L = 5 à 7 mm

Cycle Biologique : 1 à 4 ans

Bois attaqués : aubier des essences résineuses et feuillues, cœur si dégradé par les champignons



Grosse vrillette

Insecte parfait L = 6 à 11 mm

Larve L = 5 à 7 mm

Cycle Biologique : 3 à 10 ans

Bois attaqués : surtout feuillus dégradés par les champignons



Lyctus

Insecte parfait L = 2 à 7 mm

Larve L = 5 mm

Cycle Biologique : 1 à 2 ans

Bois attaqués : aubier des essences feuillues



Durabilité du bois

Agents de dégradation - les termites

- Les termites sont des insectes sociaux : ils vivent au sein de sociétés hiérarchisées et organisées en castes. *ouvriers, larves, nymphes, soldats, reproducteurs primaires et secondaires...*
Le fonctionnement des termitières ressemble un peu à celui des fourmilières ou des ruches
- Les termites mangent du bois :
 - Les ouvriers consomment le bois, dont la cellulose est dégradée par des symbiotes ou des bactéries présents dans l'intestin du termite
 - Les autres castes sont nourries par les ouvriers qui régurgitent leur nourriture (trophallaxie buccale)
 - La plupart des matériaux contenant de la cellulose peuvent être mangés : bois, papier, carton, tissu...
 - Tous les matériaux tendres peuvent être dégradés : isolants, polystyrène, PVC, placoplâtre, ...



Durabilité du bois

Agents de dégradation - les champignons



Pourriture cubique

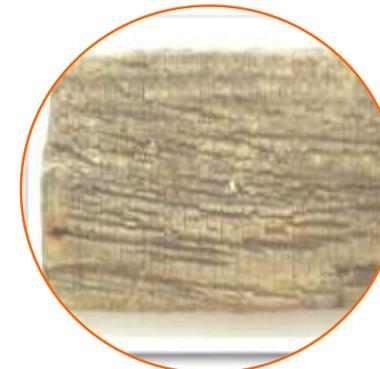
- Attaque les **résineux** en priorité
- Dégradation de la **cellulose**
- Humidité requise de l'ordre de **25 à 50%**

exemple : La méréule



Pourriture fibreuse

- Souvent sur les **feuillus**
- Dégradation simultanée de la **lignine** et de la **cellulose**
- Humidité requise **> 40%**



Pourriture molle

- Attaque **feuillus et résineux**
- Dégradation de la **cellulose**
 - souvent **petits cubes réguliers** superficiels
 - humidité requise très élevée, de l'ordre de **60%**

Durabilité du bois

Durabilité naturelle : définie par la norme EN 350 en fonction des différents type d'agents de dégradation pour les principales essences de bois

Durabilité naturelle vis-à-vis des insectes à larves xylophages :

- D = durable
- S = sensible



Durabilité naturelle vis-à-vis des termites :

- D = durable
- M = moyennement durable
- S = sensible



Durabilité naturelle vis-à-vis des champignons lignivores :

- 1 = très durable
- 2 = durable
- 3 = moyennement durable
- 4 = faiblement durable
- 5 = non durable



| Essence | Durabilité naturelle du cœur du bois | | | |
|---------------|--------------------------------------|------------|-----------|---------|
| | champignon | capricorne | vrillette | termite |
| sapin | 4 | S | S | S |
| épicéa | 4 (4-5) | S | S | S |
| pin sylvestre | 3-4 | D | D | S |
| mélèze eu | 3-4 | D | D | S |
| douglas eu | 3-4 (3-5) | D | D | S |
| chêne rouvre | 2-4 (1-2) | | D | M |
| châtaignier | 2 (1) | | D | M |
| robinier | 1-2 | | D | D |

| Classe de durabilité (DC) vis-à-vis des champignons | | Quelques bois courants |
|---|----------------------------------|--|
| 1 | Très durable | bilinga, doussié, ipé, maçaranduba, moabi, padouk, teck (1-3) |
| 1-2 | Très durable à durable | iroko, merbau, robinier |
| 2 | Durable | azobé (2v), yellow balau (bangkirai), bossé, châtaignier, chêne rouvre, red cedar, wengé |
| 2-3 | Durable à moyennement durable | sipo |
| 3 | Moyennement durable | kotibé (3v), movingui, niangon, noyer, sapelli |
| 3-4 | Moyennement à faiblement durable | douglas européen, mélèze européen, pin maritime, pin sylvestre |
| 4 | Faiblement durable | épicéa, limba, okoumé, orme, sapin |
| 5 | Non durable | aulne, bouleau, charme, hêtre, lenga, obéché (samba), peuplier, white méranti |

Attention : Les critères de durabilité concernent le bois parfait. **L'aubier n'est jamais durable.**

Durabilité du bois

Classes d'emploi : définies par la norme EN 335

CLASSE D'EMPLOI 1

Bois en intérieur, protégé des intempéries et non exposé à l'humidification.
En général l'humidité d'équilibre des bois est comprise entre 6 et 12%.



Bois toujours en intérieur sec
(lambris, porte intérieure, parquet, charpente dans le volume chauffé,...)

CLASSE D'EMPLOI 2

Bois en intérieur ou sous abri, protégé des intempéries, avec une humidité ambiante élevée occasionnelle pouvant conduire à une humidification non persistante (type condensation).
Le séchage des bois est très rapide. En général, l'humidité d'équilibre moyenne des bois est comprise entre 12 et 20 %.



Bois en intérieur ou sous abri avec humidification très ponctuelle (charpente, ossature, bardage ou menuiserie abrités sous auvent)

CLASSE D'EMPLOI 3.1 (parfois encore appelée « 3a »)

Bois en extérieur mais sans contact avec le sol, soumis à une humidification fréquente sur des périodes courtes (quelques jours).
Le séchage des bois est complet avant une nouvelle période d'humidification.



Bois sans contact avec sol extérieur.
Bois soumis à humidification fréquente sur périodes courtes (quelques jours).
Séchage des bois complet avant nouvelle période d'humidification.
Bois exposé aux intempéries directes, conception permettant évacuation eau rapide (bardages s'ils sont en climat modéré et en conditions peu exposées et relativement drainantes*, fenêtres et portes extérieures si elles sont en climat sec ou modéré).

Durabilité du bois

Classes d'emploi : définies par la norme EN 335

CLASSE D'EMPLOI 3.2 (parfois encore appelée « 3b »)

Bois sans contact avec le sol en extérieur mais soumis à une humidification très fréquente sur des périodes longues (quelques semaines).

Le séchage des bois est complet avant une nouvelle période d'humidification.



Bois sans contact avec le sol extérieur.
Bois soumis à humidification très fréquente sur périodes significatives. (quelques semaines)

Séchage des bois complet avant nouvelle période d'humidification.

Bois exposé aux intempéries directes, conception ne permettant pas une évacuation d'eau rapide (*bardages, menuiseries extérieures, éléments structurels... en conditions relativement exposées et moyennement drainantes, fenêtres et portes extérieures si elles sont en climat humide*)

CLASSE D'EMPLOI 4

Bois est soit en contact avec le sol ou un support sujet à humidification récurrente (remontées capillaires, supports sujets à stagnations d'eau,...).

Soit en contact avec l'eau douce en immersion partielle (lac, rivière, bassins...).

Soit exposé aux intempéries avec une conception induisant une stagnation importante (face supérieure horizontale) ou un piégeage de l'eau (assemblages).

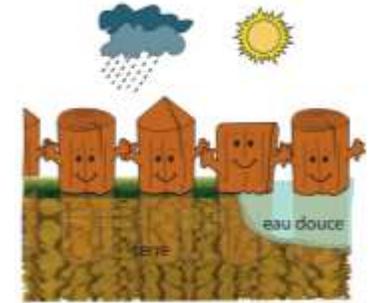


Hors sol

ou

en contact direct avec l'eau ou le sol

Bois en extérieur en contact récurrent avec le sol et/ou l'eau, voire immergé en eau douce (*Piquets ou poteaux plantés en terre, solivage de terrasse, revêtements de berges...*)



CLASSE D'EMPLOI 5

Bois immergé ou partiellement immergé dans l'eau salée (milieu marin et eau saumâtre naturelle) et soumis à attaques d'organismes marins invertébrés.



Bois en immersion dans l'eau de mer (présence possible de mollusques et crustacés agents de dégradation : térébrants marins)

Durabilité du bois

Durabilité conférée : traitement des bois par produit de préservation

Le procédé de traitement vise à conférer au bois une durabilité adaptée à la classe d'emploi visée en faisant pénétrer dans le bois un produit de préservation.

Les solutions de traitement du bois (type / classe d'emploi) dépendent de son imprégnabilité.

Parmi les bois les plus courants :

- Les bois parfaits durables (robinier, chêne, châtaignier, et dans une moindre mesure mélèze, douglas,...) ne sont jamais imprégnables
- Sapin, épicéa : non imprégnables
- Aubier de tous les pins : bien imprégnables

| Essences de bois utilisables | Classe d'emploi | Type de traitement | Pénétration |
|---------------------------------|-----------------|---|---|
| Toutes essences de bois | 1 - 2 | Badigeonnage Pulvérisation / aspersion Trempage | Superficiel (0 à 3 mm) |
| Toutes essences de bois | 3.1 | Trempage Autoclave | Superficiel (1 à 3 mm) |
| Bois imprégnables de préférence | 3.2 | Autoclave | Semi-profond (6 mm et plus autour des coupes) |
| Bois imprégnables uniquement | 4 - 5 | Autoclave | En profondeur (toute la masse du bois imprégnable et/ou tout l'aubier) |

| Essence | Imprégnabilité | | Largeur aubier |
|---------------|----------------|--------|----------------|
| | bois parfait | aubier | |
| sapin | 2-3 | 2v | x |
| épicéa | 3-4 | 3v | x |
| pin sylvestre | 3-4 | 1 | s-m |
| mélèze eu | 4 | 2v | s |
| douglas eu | 4 | 2-3 | s |
| chêne rouvre | 4 | 1 | s |
| châtaignier | 4 | 2 | s |
| robinier | 4 | 1 | vs |

Imprégnabilité définie par la norme EN 350

Imprégnabilité :

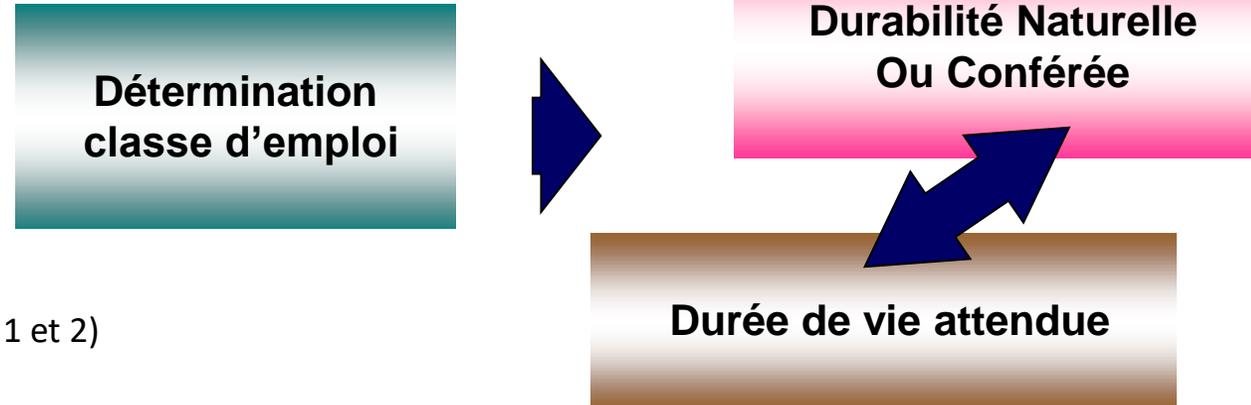
- 1 = Imprégnable.
- 2 = Moyennement imprégnable
- 3 = Faiblement imprégnable
- 4 = Non imprégnable
- v = variable

Largeur d'aubier :

- vs = très faible
- s = faible
- m = moyen
- b = large
- x = pas de différenciation nette

Durabilité du bois

Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois : Fascicule de documentation FD P-20 651



Détermination de la classe d'emploi :

Ouvrages intérieurs ou protégés (classes d'emploi 1 et 2)

→ pas de difficultés

Ouvrages en semi ou pleine exposition (à partir de la classe 3.1)

→ 3 paramètres influant :

- **Conception**
- **Climat** (pluviosité)
- **Massivité** de la pièce de bois

| Massivité | Conception | Exposition partielle | | | Pleine Exposition | | |
|-----------|------------|------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|
| | | Conditions climatiques | | | Conditions climatiques | | |
| | | Sec | Modéré | Humide | Sec | Modéré | Humide |
| Faible | Drainante | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |
| | Moyenne | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 3.2 | 3.2 |
| | Piégeante | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4 | 4 |
| Moyenne | Drainante | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 3.1 | 3.2 |
| | Moyenne | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| | Piégeante | 3.1 | 3.2 | 4 | 3.1 | 4 | 4 |
| Forte | Drainante | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 3.2 | 3.2 |
| | Moyenne | 3.1 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4 |
| | Drainante | 3.2 | 3.2 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Durabilité du bois

Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois : FD P-20 651

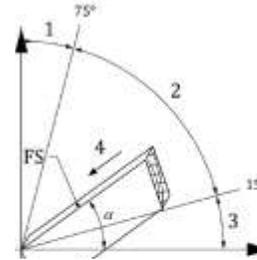
Détermination de la classe d'emploi :

Paramètre 1 : Conception

- Objectif : Analyse, pièce de bois par pièce de bois, des possibilités d'évacuation de l'eau
 - Parties courantes
 - Points singuliers
- 3 Niveaux de conception :
 - **Drainante** : éléments verticaux sans piégeage d'eau (parties courantes et points singuliers)
 - **Moyenne** : éléments horizontaux sans piégeage d'eau (parties courantes et points singuliers)
 - **Piégeante** : rétention d'eau potentielles au niveau de points singuliers (assemblages, bois de bout exposés...)

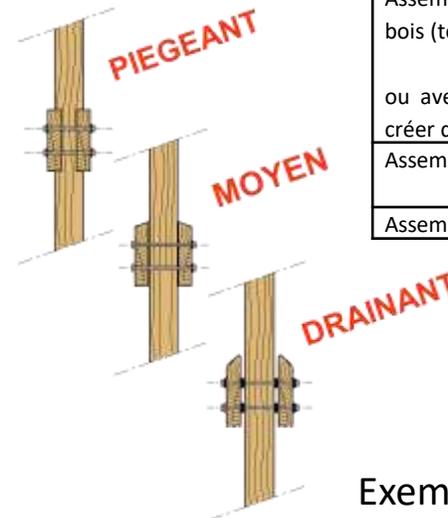
Les DTU doivent établir le lien entre les pratiques courantes et ces 3 types de conceptions.

Ecoulement de l'eau sur les faces supérieure et latérale



| Inclinaison axe longitudinal / horizontale | Face Supérieure | | Face Latérale | |
|--|---|------------|--------------------|------------|
| | Pente face supérieure /axe longitudinal | Conception | Hauteur (retombée) | Conception |
| $\alpha > 75^\circ$ | | Drainante | | Drainante |
| $75^\circ \leq \alpha < 15^\circ$ | $\beta \geq 15^\circ$ | Drainante | x < 22 cm | Drainante |
| | $\beta < 15^\circ$ | Moyenne | | |
| $\alpha \leq 15^\circ$ | $\beta \geq 15^\circ$ | Drainante | x > 22 cm | Moyenne |
| | $\beta < 15^\circ$ | Piégeante | | |

Assemblages exposés



| Type d'assemblage | Conception |
|--|------------|
| Assemblage comportant des encastremets de parties bois (tenon/mortaise, entaille...) ou avec des formes d'usinage (ex : chapelle) pouvant créer des piégeages d'eau | Piégeante |
| Assemblages avec contacts surfaciques entre éléments | Moyenne |
| Assemblages avec désolidarisation des éléments | Drainante |

Exemple DTU 31.1 charpente

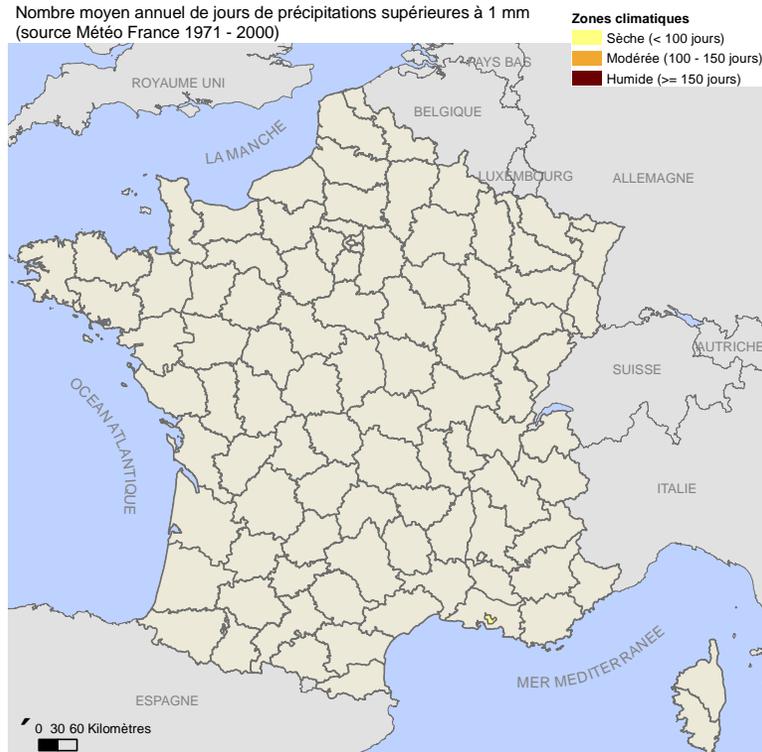
Durabilité du bois

Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois : FD P-20 651

Détermination de la classe d'emploi :

Paramètre 2 : Climat

Influence de la pluviosité



Paramètre 3 : Massivité de la pièce de bois

Plus la pièce de bois est fine, plus elle désorbe rapidement. Ce paramètre comprend également la limitation d'apparition de fentes (pièges à eau) dans le temps.

| Massivité | Bois massif, BMA | BLC avec lamelles > 35 mm BMR | BLC avec lamelles 35 mm maxi |
|-----------|--|-------------------------------|------------------------------|
| Faible | $e \leq 28 \text{ mm}$ | Sans objet | $e \leq 28 \text{ mm}$ |
| Moyenne | $28 \text{ mm} < e \leq 75 \text{ mm}$ | $28 < e \leq 150$ | $28 < e \leq 210$ |
| Forte | $e > 75 \text{ mm}$ | $e > 150 \text{ mm}$ | $e > 210 \text{ mm}$ |

Durabilité du bois

Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois : FD P-20 651

Détermination de solutions de durabilité en fonction de la durée de vie:

N : longévité incertaine et dans tous les cas inférieurs à 10 ans (solutions à ne pas prescrire)
 L1 : Longévité comprise environ entre 10 et 50 ans dans l'utilisation initialement prévue
 L2 : Longévité comprise environ entre 50 et 100 ans dans l'utilisation initialement prévue ;
 L3 : Longévité supérieure à 100 ans.

Durabilité naturelle

| Essences de bois purgées d'aubier (2) | | | Durabilité fongique et classe d'emploi | | | | | Résistance aux insectes à larves xylophages | Résistance aux termites (3) |
|---------------------------------------|----------------------------------|------|--|----|-----|-----|-------|---|-----------------------------|
| Nom standard | Espèce botanique | Code | 1 | 2 | 3.1 | 3.2 | 4 | | |
| Châtaignier | Castanea sativa | CTST | L3 | L3 | L3 | L2 | L1(1) | Oui | Non |
| Chêne (rouvre et/ou pédonculé) | Quercus petraea Quercus robur | QCXE | L3 | L3 | L3 | L2 | L1(1) | Oui | Non |
| Hêtre(*) | Fagus sylvatica | FASY | L3 | L2 | N | N | N | Non | Non |
| Peuplier blanc(*) | Populus alba L | POAL | L3 | L2 | L1 | N | N | Non | Non |
| Robinier (faux Acacia) | Robinia pseudoacacia L | ROPS | L3 | L3 | L3 | L2 | L1 | Oui | Oui |
| Douglas | Pseudotsuga menziesii | PSMN | L3 | L3 | L2 | L1 | N | Oui | Non |
| Epicéa (*) | Picea abies | PCAB | L3 | L2 | L1 | N | N | Non | Non |
| Mélèze d'Europe | Larix decidua | LADC | L3 | L3 | L2 | L1 | N | Oui | Non |
| Pin maritime | Pinus pinaster | PNPN | L3 | L3 | L2 | L1 | N | Oui | Non |
| Pin sylvestre | Pinus sylvestris | PNSY | L3 | L3 | L1 | L1 | N | Oui | Non |
| Western Red Cedar | Thuja plicata | THPL | L3 | L3 | L2 | L1 | N | Oui | Non |
| Sapin blanc(*) | Abies alba | ABAL | L3 | L2 | L1 | N | N | Non | Non |

Durabilité conférée

| Classe d'emploi Essences de bois avec aubier | 1 | 2 | 3a | 3b | 4 | Résistance aux insectes à larves xylophages -2 |
|---|---------------------|----|-------|----|----|--|
| | Durabilité fongique | | | | | |
| Essences traitées pour utilisation en classe 2 (3) | | L1 | | | | Oui |
| Essences traitées pour utilisation en classe 3a (3) | | | L1(1) | | | Oui |
| Pin sylvestre traité classe 4 | | | | | L1 | Oui |
| Pin sylvestre traité classe 3b | | | | L1 | | Oui |
| Pin maritime traité classe 4 | | | | | L1 | Oui |
| Pin maritime traité classe 3b | | | | L1 | | Oui |
| Mélèze traité classe 3b | | | | L1 | | Oui |
| Douglas traité classe 3b | | | | L1 | | Oui |
| Pin noir d'Autriche et Laricio traité classe 4 | | | | | L1 | Oui |
| Chêne (rouvre- pédonculé) traité classe 4 | | | | | L1 | Oui |
| Hêtre traité classe 4 | | | | | L1 | Oui |



2^{ème} partie: Construction bois



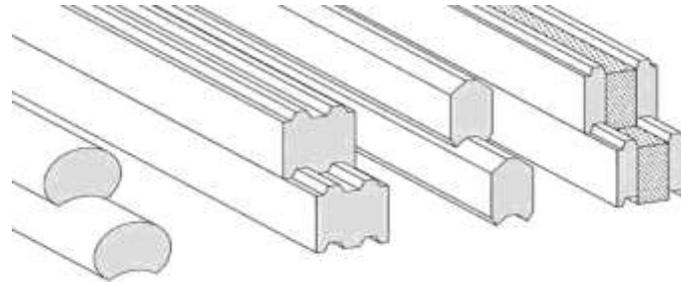
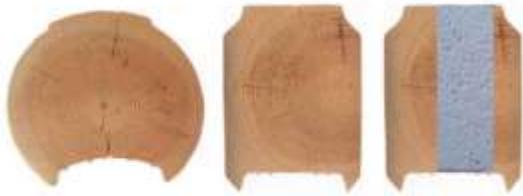
Systemes constructifs bois

Systemes constructifs bois

Bois empilé

Pièces de bois de grande longueur (fuste, rondins ou madriers, massifs ou reconstitués, calibrés ou non) empilées horizontalement les unes sur les autres pour former des parois verticales assurant les fonctions portante, séparative, isolante.

Référentiel : Règles Professionnelles Afcobois 1998
(non validées par la C2P)



- Assemblage à mi-bois
- Insertion de tiges et connecteurs métalliques



Tassements verticaux significatifs
(précautions nécessaires)

Systemes constructifs bois

Poteaux-poutres

Référentiel : DTU 31.1 (Produits / MO)

Systeme compose d'elements lineaire en bois massif ou recompose (BMA, BMR, BLC, LVL) de forte section espaces de plusieurs metres, formant la structure (squelette) de la construction.



Systemes constructifs bois

Poutres treillis, portiques et arcs

Pour les constructions necessitant de grande portee



Référentiel : DTU 31.1 (Produits / MO)



Systemes constructifs bois

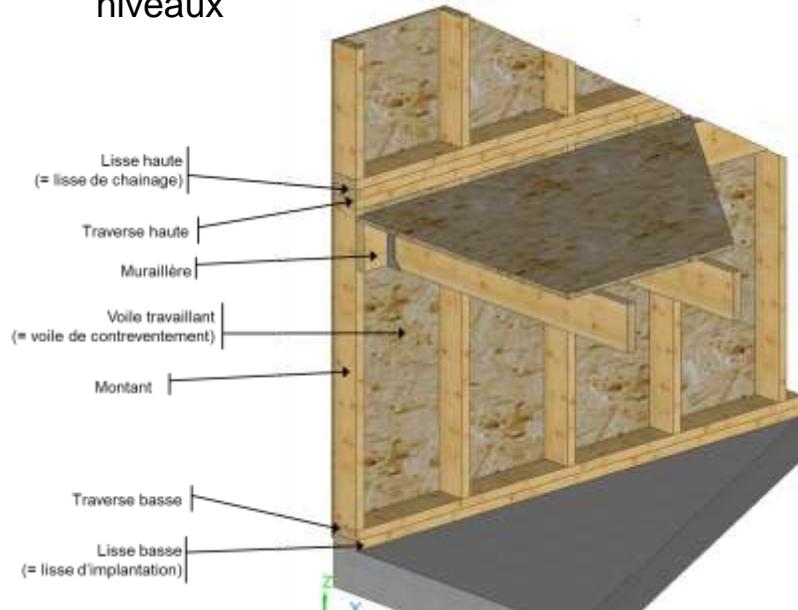
Ossature bois

Référentiel : DTU 31.2 (Produits / MO)

Parois composées d'une ossature constituée de montants verticaux, faiblement espacés (60 cm), de traverses horizontales basse et haute assemblées à chaque extrémité de montants et de voile travaillant, fixé sur l'ossature, d'un seul côté ou des deux, pour rigidifier les parois dans leur plan.

On distingue deux techniques constructives d'ossature :

1. la technique plate-forme où les montants d'ossature ont une hauteur limitée à la hauteur du niveau et le plancher haut sert de support au niveau suivant,
2. la technique balloon-frame où les parois sont filantes sur au moins deux niveaux



Systemes constructifs bois

Ossature bois

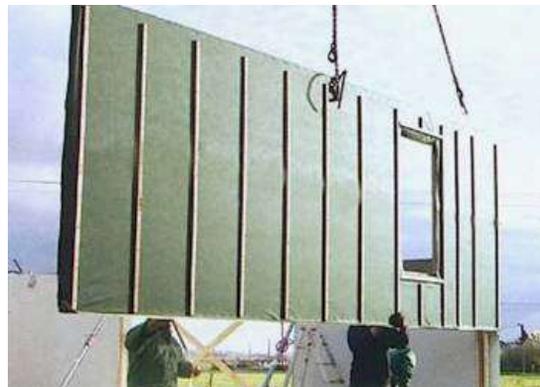
Les cavités de la paroi formées par l'ossature principales et secondaires sont remplies de matériaux isolants.

Côté extérieur, un écran rigide ou film pare-pluie protège contre le passage de l'eau liquide mais est perméable à la vapeur d'eau.

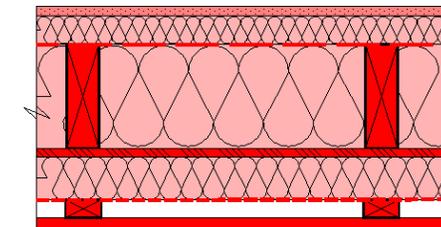
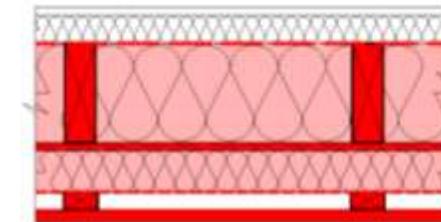
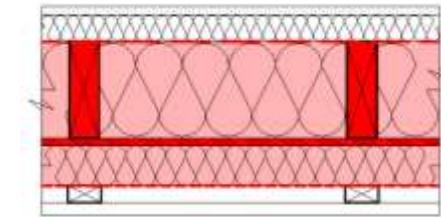
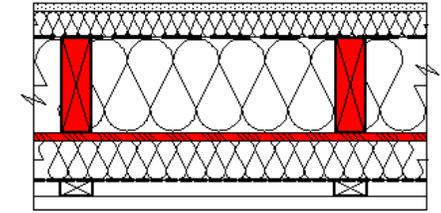
Côté intérieur, le pare-vapeur assure également la fonction étanchéité à l'air.

Niveaux de préfabrication:

- Sur site (= pas de préfabrication)
- Petit panneau ouvert : **1,2 m x 2,5 m (Manu portables)**
- Grand panneau ouvert ou fermé : **Jusqu'à 12 m (voir plus : longueur de façade) => Engin de levage nécessaire**
 - **Intégration du pare-pluie**
 - **Intégration de l'isolant et pare-vapeur**
 - **Intégration des menuiseries extérieures**
 - **Intégration du revêtement extérieur**
 - **Intégration du revêtement intérieur**



Référentiel : DTU 31.2 (Produits / MO)



Systemes constructifs bois

Panneaux massifs lamellé-croisé (CLT)

Référentiel : Atec/DTA

Parois de murs, planchers et toitures.



Systemes constructifs bois

Planchers traditionnels

Référentiel : DTU 31.1 (Produits / MO)

Plancher intermédiaire



Plancher bas sur vide sanitaire



Systemes constructifs bois

Planchers caissons prefabriques

Referentiel : DTU 31.2 (Produits / MO) ou ATEC



Source : Guillet Production



source Metsäwood

Systemes constructifs bois

Planchers mixtes bois/beton

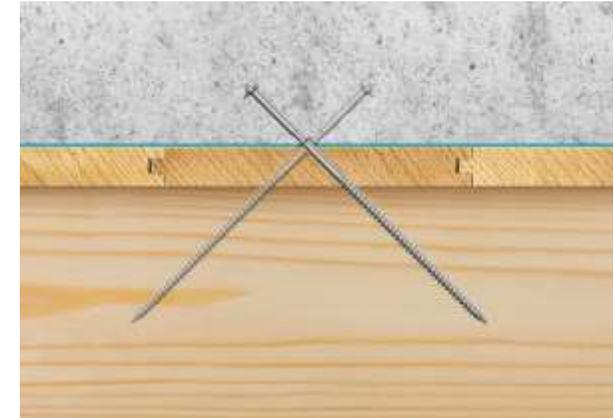
Référentiel : ATEC



Source : Cosylva



Source : CBS/CBT



Source : SFS INTEC



Systemes constructifs bois

Charpentes traditionnelles

Référentiel : DTU 31.1 (Produits / MO)

Fermes / pannes / chevrons



Chevrons porteurs



Systemes constructifs bois

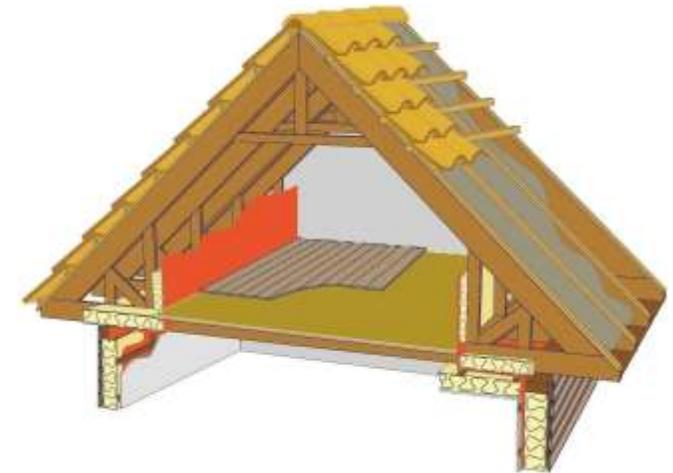
Charpentes industrialisees assemblees par connecteurs

Refe-rentiel : DTU 31.3 (Produits / MO)

Combles perdus

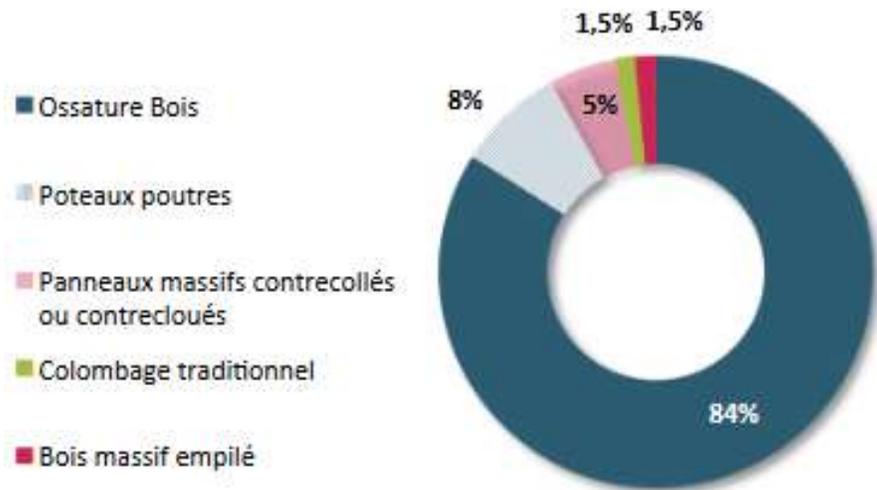


Combles aménageables

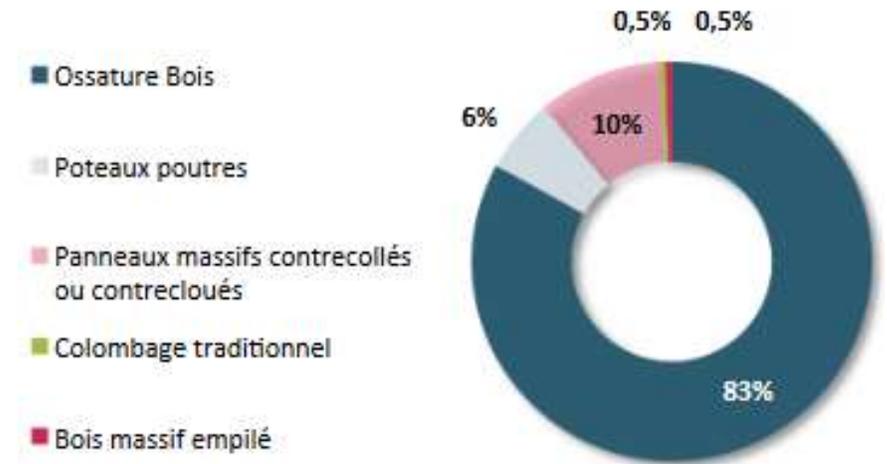


Quelques chiffres de la construction bois en France

Répartition des systèmes constructifs



Maison individuelle



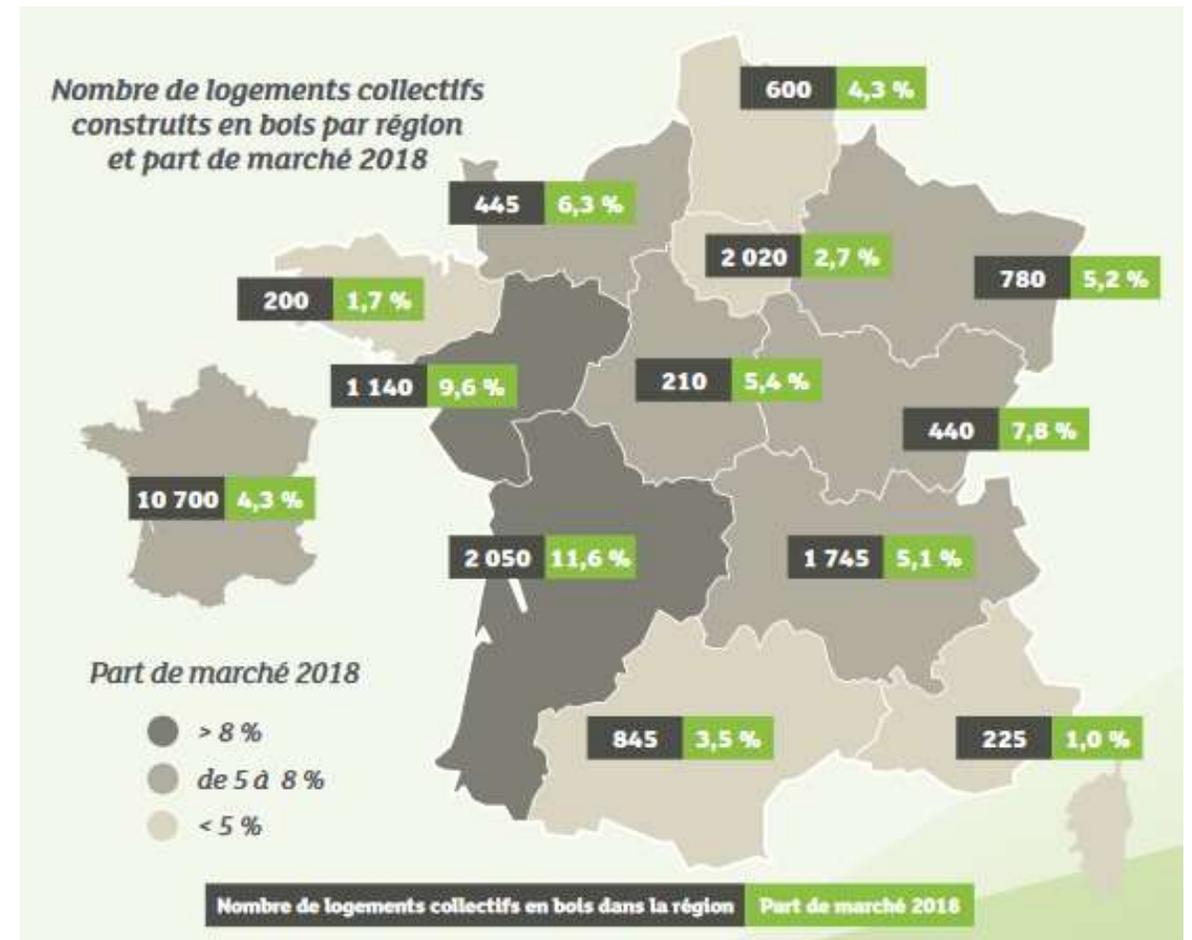
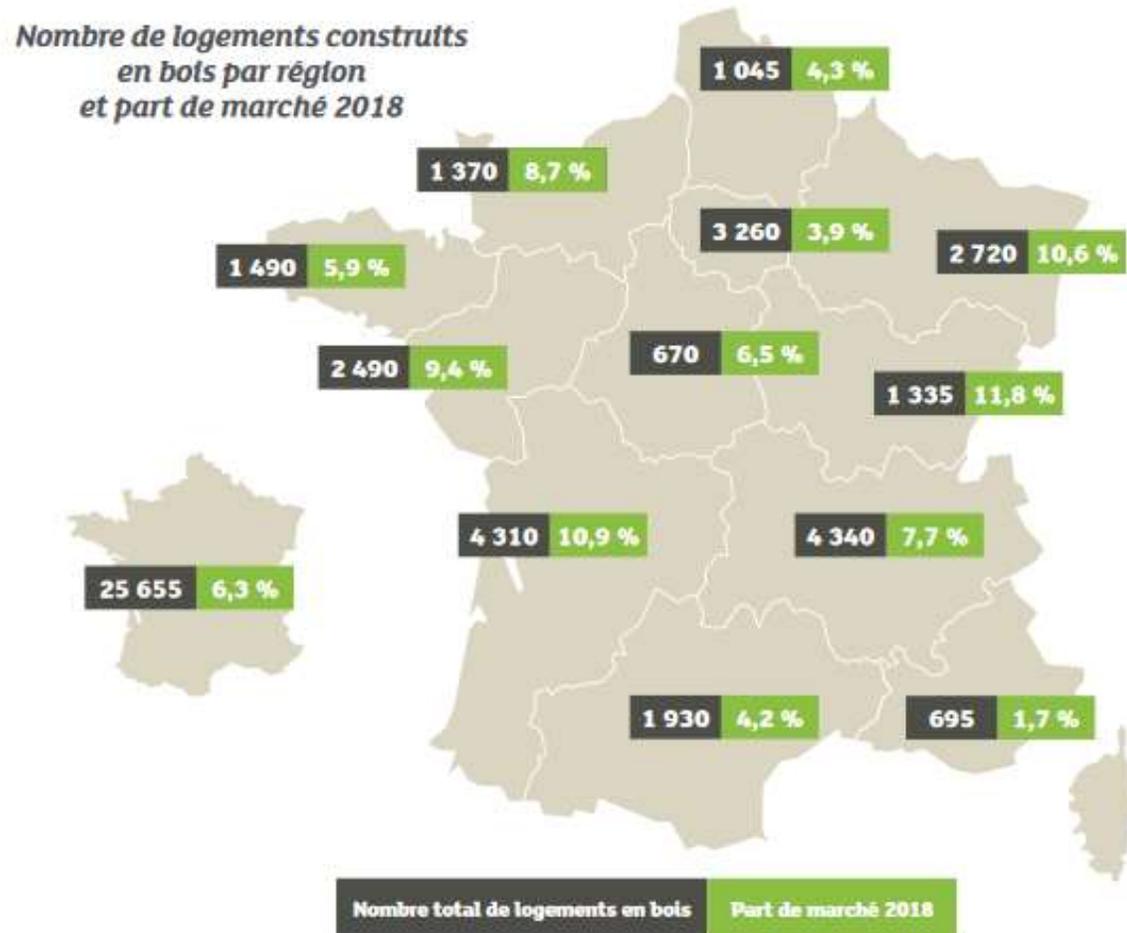
Bâtiments collectifs



Bâtiments tertiaires

Quelques chiffres de la construction bois en France

Part de la construction bois dans le marché des logements



Source : Enquête nationale de la construction bois – Juin 2019

Quelques chiffres de la construction bois en France

Part de la construction bois dans le marché de la construction neuve

| MARCHÉ DU LOGEMENT | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|---|------------------------------------|
| FRANCE | 2016 | | 2018 | | EVOLUTION DES RÉALISATIONS ENTRE 2016 ET 2018 | PRÉVISIONS 2019 (SOLDE D'OPINIONS) |
| | NOMBRE DE RÉALISATIONS EN BOIS | PART DE MARCHÉ | NOMBRE DE RÉALISATIONS EN BOIS | PART DE MARCHÉ | | |
| Maison individuelle totale | 12 435 | 8,7 % | 14 955 | 9,4 % | ↗ ↗ | ↗ |
| <i>dont secteur diffus</i> | 9 680 | 9,1 % | 10 855 | 9,2 % | ↗ ↗ | ↗ |
| <i>dont secteur groupé</i> | 2 755 | 7,6 % | 4 100 | 10,3 % | ↗ ↗ | ↗ |
| Logement collectif | 8 960* | 4,0 % | 10 700* | 4,3 % | ↗ ↗ | ↗ ↗ |
| TOTAL LOGEMENT | 21 395 | 5,9 % | 25 655 | 6,3 % | ↗ ↗ | ↗ |
| Extension-surélévation | 9 930 | 27,8 % | 10 840 | 27,5 % | ↗ | ↗ ↗ |

* Ce nombre peut intégrer du logement intermédiaire ou collectif horizontal. Le nombre de réalisations mixte bois-béton ou bois-métal est prépondérant.

| MARCHÉ DES BÂTIMENTS NON RÉSIDENTIELS | | | | | | |
|---|--|----------------|--|----------------|---|------------------------------------|
| FRANCE | 2016 | | 2018 | | EVOLUTION DES SURFACES CONSTRUITES ENTRE 2016 ET 2018 | PRÉVISIONS 2019 (SOLDE D'OPINIONS) |
| | SURFACES RÉALISÉES EN STRUCTURE BOIS (M ²) | PART DE MARCHÉ | SURFACES RÉALISÉES EN STRUCTURE BOIS (M ²) | PART DE MARCHÉ | | |
| Bâtiments tertiaires privés et publics ⁽¹⁾ | 1 048 500 | 10,7 % | 1 145 000 | 10,5 % | ↗ | ↗ |
| Bâtiments agricoles | 1 600 000 | 25,8 % | 1 561 500 | 25,2 % | ↘ | ↗ |
| Bâtiments industriels et artisanaux | 545 000 | 17,0 % | 717 000 | 18,8 % | ↗ ↗ | ↗ |
| TOTAL NON RÉSIDENTIELS | 3 193 500 | 16,7 % | 3 423 500 | 16,3 % | ↗ ↗ | ↗ |

(1) Les bâtiments tertiaires privés et publics regroupent les commerces et les bureaux d'une part, et les bâtiments publics (mairie, école, salle polyvalente...) d'autre part.

Source : Enquête nationale de la construction bois – Juin 2019

Bâtiments de grande hauteur



Temple Tōdai-ji Nara, Japon : 48 m
750 (dernière reconstruction en 1692)

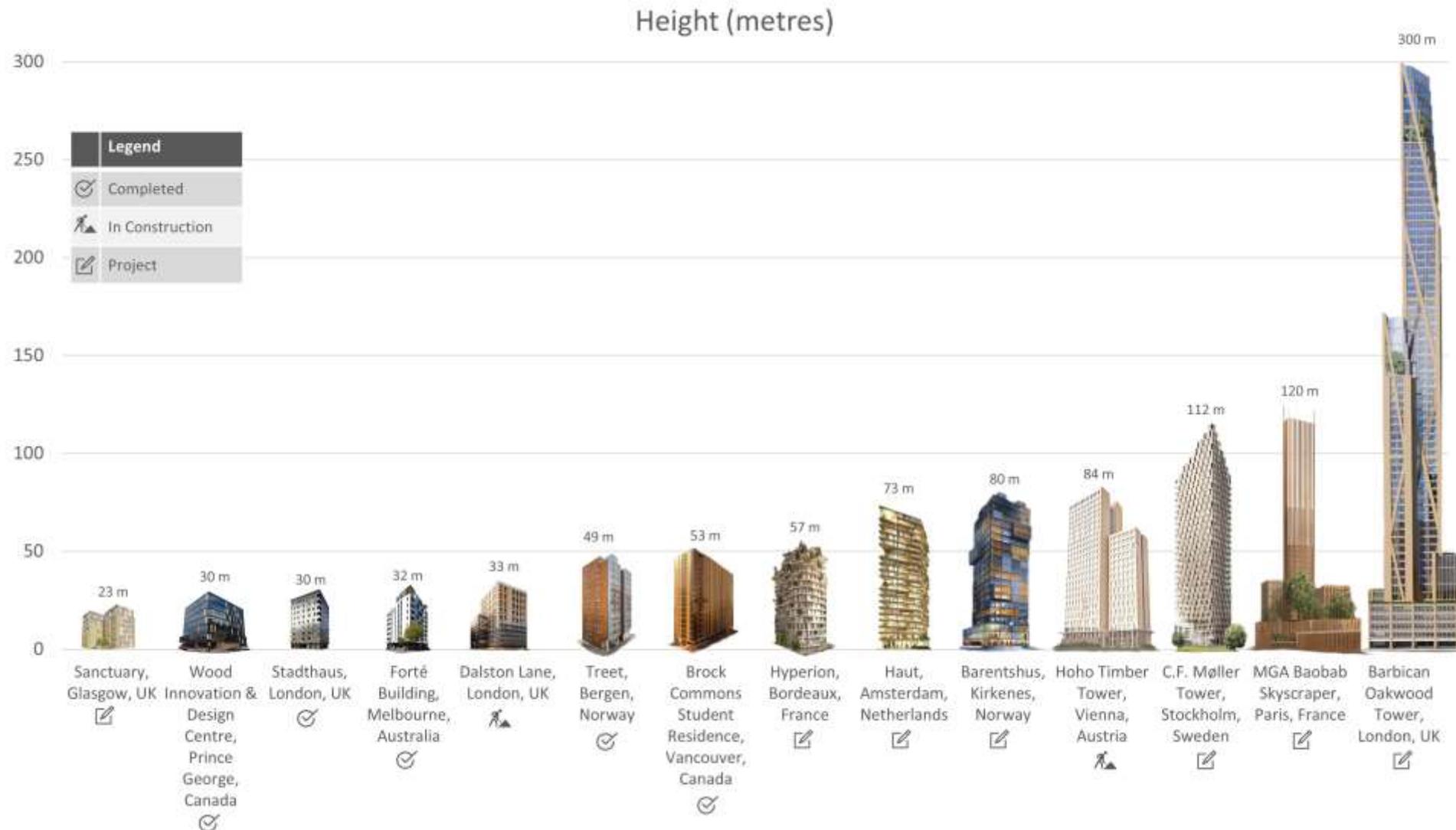


Stavkirke de Heddal : 26 m
1250



Monastère Sapanta-Peri, Roumanie : 78 m
1390 (reconstruit au 20^{ème} siècle)

Bâtiments de grande hauteur



source : <http://cti-timber.org/content/glimpse-future-mass-timber-projects>

Bâtiments de grande hauteur



Stadthaus/Murray Grove:

Lieu: Londres, Angleterre

Hauteur: R+8

Système constructif: CLT
(escalier et ascenseur
inclus)

Livraison: 2009



UBC Brock Commons

Lieu: Vancouver, Canada

Hauteur: R+17 (53 m)

Système constructif: Noyau béton
et structure bois en CLT et
poteau-poutre

Livraison: 2017



Treet

Lieu: Bergen, Norvège

Hauteur: R+14 (49 m)

Système constructif: CLT, poteau-
poutre, modules 3D

Livraison: 2017

<https://www.youtube.com/watch?v=3jl0U36x3D4>



Mjøstårnet

Lieu: Brumunddal, Norvège

Hauteur: R+17 (85 m)

Système constructif: poteau-
poutre, CLT , béton

Livraison: 2019

Bâtiments de grande hauteur



Sensations

Lieu: Strasbourg, France

Hauteur: R+11

Système constructif: CLT
(escalier et ascenseur inclus)

Livraison: 2019



Hoho:

Lieu: Vienne, Autriche

Hauteur: R+23 (84 m)

Système constructif:
Noyau béton et structure
bois en CLT et poteau-
poutre

Livraison: 2019



Tours Hyperion:

Lieu: Bordeaux, France

Hauteur: R+16 (55 m) – R+9

Système constructif:
Noyau béton et structure
bois en CLT et poteau-
poutre

Livraison : prévue 2021



Projet Tour Oakwood

Lieu: Londres, Angleterre

Hauteur: R+30 (300 m)

20??



Contexte normatif et réglementaire en construction

Contexte normatif et réglementaire en construction

STATUT NORMATIF

- ❖ Application non strictement obligatoire
- ❖ Incidences financières (voire pénales si problème grave) en cas de défaillances et de non application constatée
- ❖ Exigé dans certains marchés de travaux

STATUT REGLEMENTAIRE

- ❖ D'application obligatoire
- ❖ Pénal si non respect constaté

Contexte normatif et réglementaire en construction

REGLE GENERALE

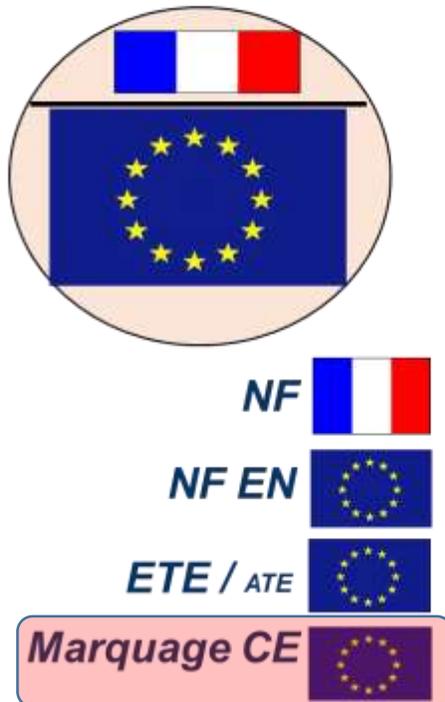
⇒ La prescription d'un produit ou d'un composant n'est envisageable que si une réponse existe dans chacun des 3 référentiels suivant :



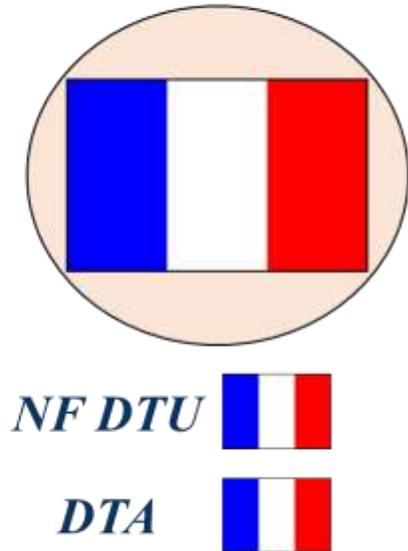
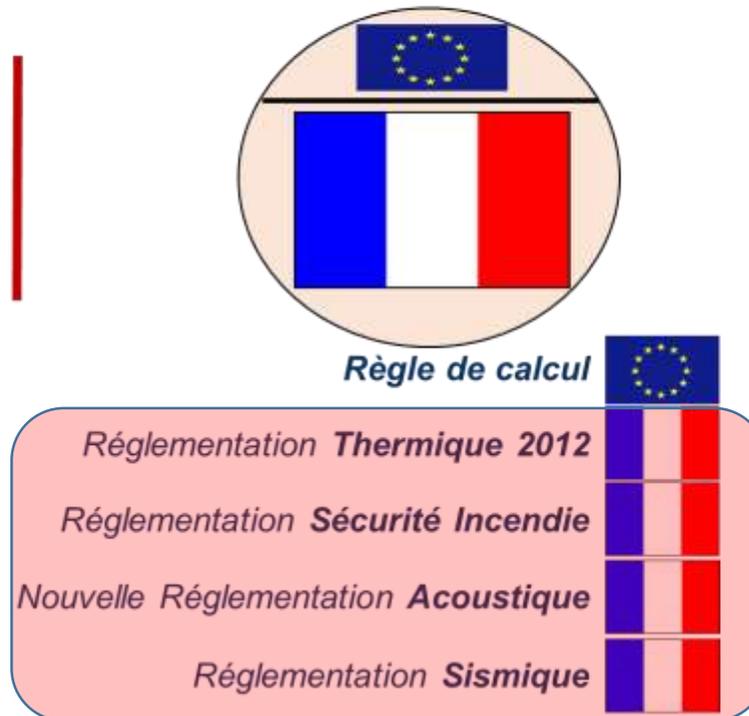
Contexte normatif et réglementaire en construction



Spécification et évaluation des produits



Codes de construction



Contexte normatif et réglementaire en construction

Marquage CE des produits de construction

Rendu obligatoire par le Règlement Produit de Construction (RPC) de juillet 2013 pour tout produit de construction conforme à une **norme harmonisée** ou à une **Evaluation Technique Européenne**.



Exigences fondamentales :

1. Résistance mécanique et stabilité
2. Sécurité en cas d'incendie
3. Hygiène, santé et environnement
 - Prise en compte de la santé des travailleurs
4. Sécurité et accessibilité
 - Prise en compte de l'accessibilité handicapé.
5. Protection contre le bruit
6. Économie d'énergie
 - Prise en compte de la consommation dans la vie de l'ouvrage
 - Minimiser énergie pour montage / démontage
7. Utilisation durable des ressources naturelles
 - Prise en compte de réutilisation et recyclabilité
 - Introduction de la durée de vie des ouvrages

RESPONSABILITE du « FABRICANT » d'attester de la conformité à la norme ou ETE :

- Détenir les **preuves des performances** annoncées
- Disposer d'un **Contrôle de Production Usine**
- Respecter le **système de déclaration de performance (DOP)** imposé pour le produit et son usage
- **Marquer CE ses produits**

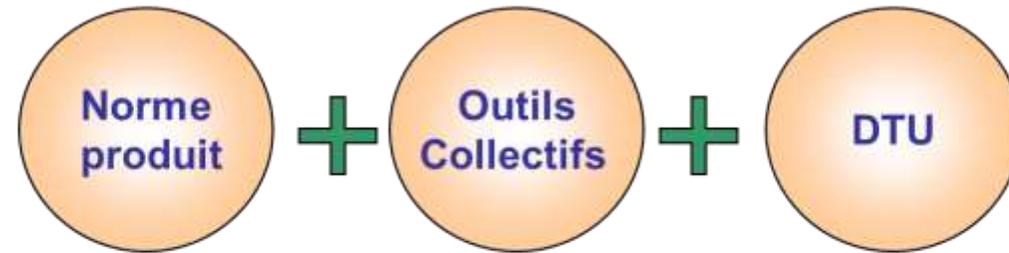
Dérogation au marquage si :

- fabrication individuelle ou sur mesure pour un ouvrage identifié, si pas fabriqué selon le procédé industriel
- fabrication sur site
- fabrication pour conservation d'un ouvrage existant ou sauvegarde du patrimoine et procédé non industriel

Contexte normatif et réglementaire en construction

Produits traditionnels : maîtrisés avec recul et retour d'expérience ayant fait l'objet de référentiels collectifs génériques

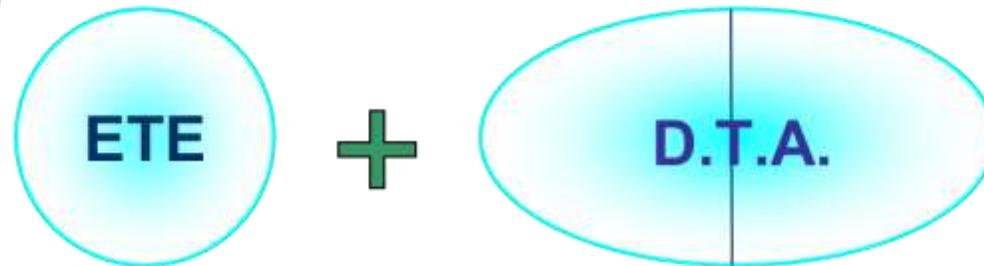
Produits traditionnels



OU



OU



Produits non traditionnels : souvent nouveaux nécessitant un cadrage spécifique

Produits non traditionnels

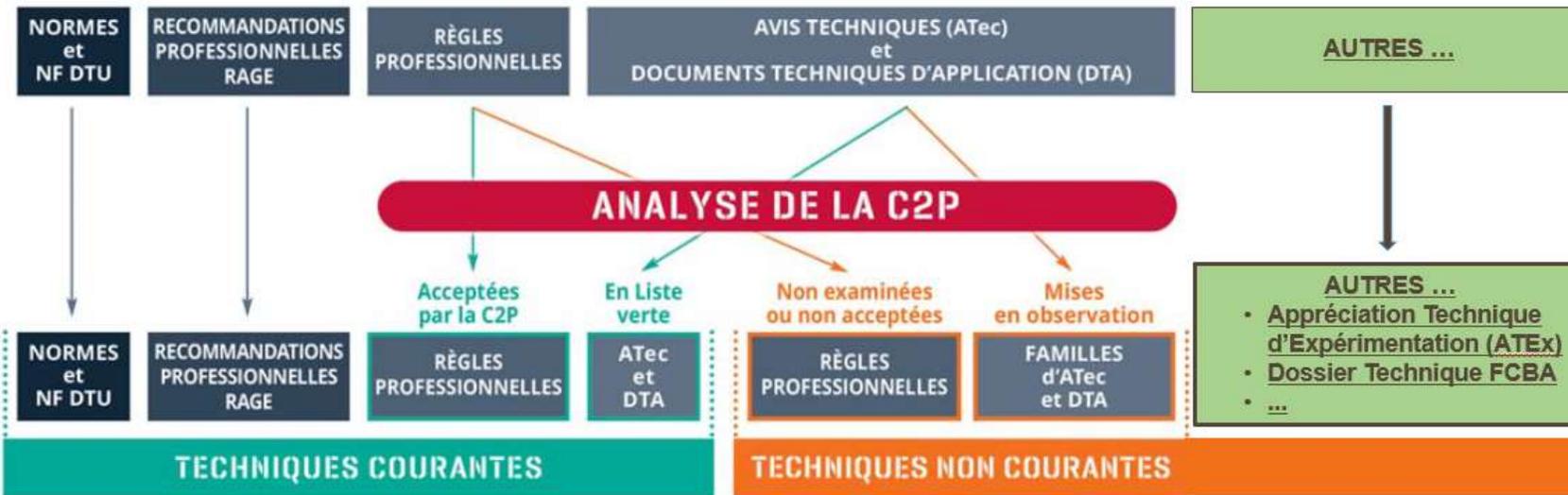
Reconnaissance technique du produit

Contexte normatif et réglementaire en construction

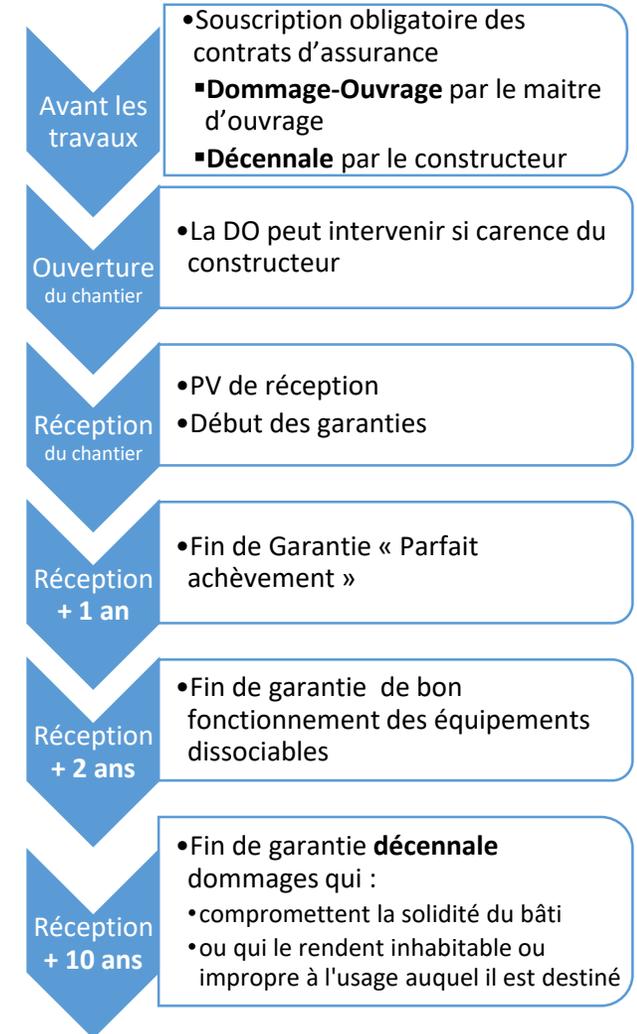
Approche assurancielle :

Commission Prévention Produits mis en œuvre (Agence Qualité Construction)

DOMAINE D'ANALYSE DE LA C2P



www.qualiteconstruction.com/



Contexte normatif et réglementaire en construction

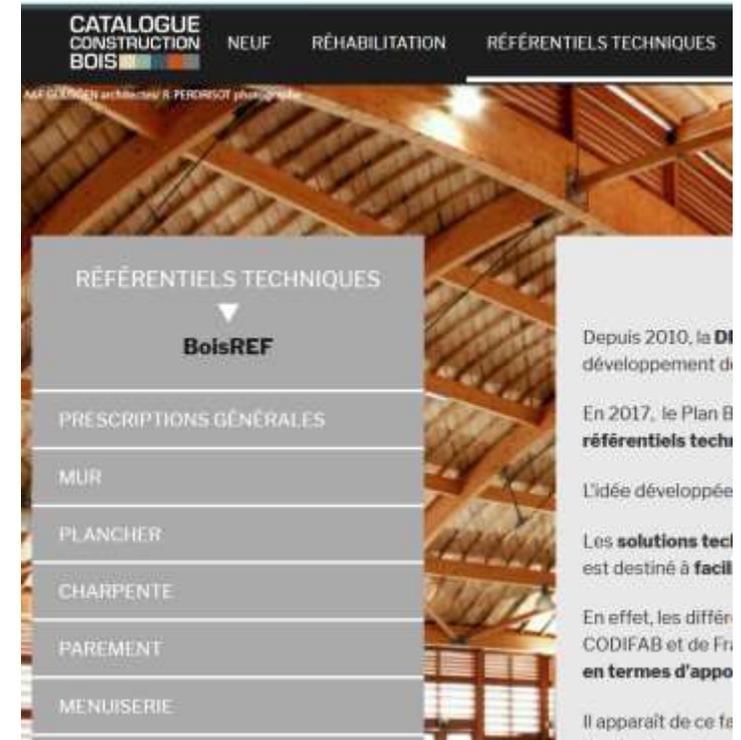
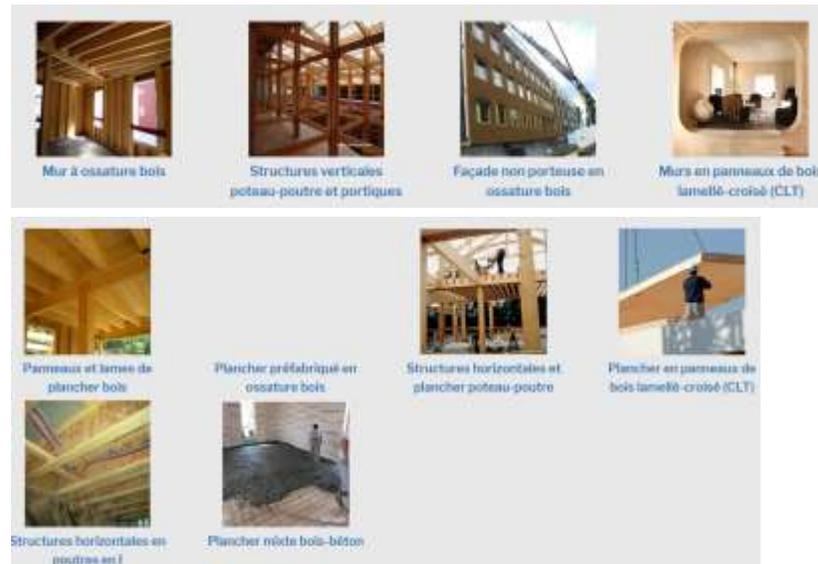
Guide des référentiels techniques de la filière bois construction : BoisREF

Outil dédié à l'ingénierie (BET, Maitrise d'œuvre, Contrôle technique...), «**BoisREF**» indique les référentiels techniques de toutes les parties d'ouvrage bois.

Il est constitué:

- d'un chapitre d'informations générales permettant notamment d'accéder à des synthèses d'exigences réglementaires;
- de 27 fiches développant chacune d'elles une partie d'ouvrage bois réparties en 5 fiches familles.

- Mur (4)
- Plancher (6)
- Charpente (5)
- Parement (7)
- Menuiserie (5)



<https://catalogue-construction-bois.fr/referentiels-techniques/boisref/>

Contexte normatif et réglementaire en construction

Guide des référentiels techniques de la filière bois construction : BoisREF

Exemple : Fiche « Structures horizontales et plancher poteau-poutre »

STRUCTURES HORIZONTALES ET PLANCHER « POTEAU-POUTRE »

Informations principales

CGM du NF DTU 31.1

NF DTU 31.1 Juin 2013

Thèmes d'application du NF DTU 31.1

Structure de plancher (lamage et autres perles) intérieure et extérieure et structures primaires de toiture terrasses, quelle que soient les parties.

Matériaux de construction : bois massif, BMA, BM4, B6C, LV1, panneaux de contreventement, acroscories quaternaire de liaison.

Valeurs caractéristiques pour bois exposés aux intempéries (classes d'emploi 3.1, 3.2, 4)

Introduction Eurocode 5 et alternative maintenue sur CS 71 selon DPM privés.

Humidité des bois à la mise en œuvre différenciée selon la classe de service + Annexe Bois forte humilité.

Évaluation des tolérances d'ouvrage.

Revoir avec l'architecte sur les OCL (interface avec maçonnerie et béton notamment).

Suppression de la partie escalier pour intégration dans NF DTU 30.3.

Voir les DROM.

Annexe spécifique pour maîtrise commande des bois.

Plancher (lame et lambeaux) en bois positionné au-dessus d'un niveau au-dessus du sol ou toute autre surface sous-jacente.

Supports de lames de platelage lorsque la position des lames est à moins d'un mètre au-dessus du sol ou toute autre surface sous-jacente et que la portée (L) de ces supports est supérieure à 70 cm sur trois appuis ou supérieure à 60 cm sur deux appuis.

Concordance avec d'autres documents de référence

Complémentaire avec le NF DTU 31.4 pour platelage en décalé de 1 m et portée des supports de lames de platelage supérieure à 70 cm sur trois appuis ou 60 cm sur deux appuis.

Les planchers en bois ou en panneaux à base de bois sont du ressort du NF DTU 31.1.

Les panneaux forant diaphragme de plancher ne se trouvent pas réalisés par éléments séparés (et non en caissons préfabriqués) sont du ressort du NF DTU 31.1.

Les toitures terrasses sont du ressort du NF DTU 40.4, les planchers en caissons préfabriqués du ressort du NF DTU 31.2, les charpentes assemblées par connecteurs du ressort du NF DTU 31.3 et les escaliers en bois du ressort du NF DTU 30.3.

Complémentaire avec le référentiel NF P 21-305 pour la fabrication des « Nls de fourniture de charpente taillée ».

Exigences principales et outils disponibles

| Exigences de performances et réglementation | Technique existante | Documents d'accompagnement technique et pédagogique * | Techniques non existantes |
|---|---------------------|---|---|
| Reconnaissance par des tiers 1 | | | Guides, études, règles professionnelles hors bois verte C2P, normes étrangères... |

Textes généraux sur partie d'ouvrage

- Recommandations Professionnelles charpe et dalle sur plancher bois – [Nacif](#) et [Héroux/Ange](#)
- Manuel handbook – Le manuel du bois lamellé [\[Doc\]](#)

Textes référentiels produit

- CGM du NF DTU 31.1
- NF EN 14081-1 (bois massif)
- NF EN 15497 (bois abouité)
- NF EN 14080 (lamelle-collé et BMA)
- NF EN 14274 (LVL)
- NF EN 13666 (panneaux à usage de structure)
- NF P 21-305 (charpente taillée)
- Fiches FDS bois massif structuraux [\[Doc\]](#), bois massif abouité [\[Doc\]](#), bois massif reconstruit [\[Doc\]](#), bois lamellé-collé [\[Doc\]](#)
- Fiches FMS bois raboté sec [\[Doc\]](#), bois brut sec [\[Doc\]](#), bois massif abouité [\[Doc\]](#), bois massif reconstruit [\[Doc\]](#), bois lamellé-collé [\[Doc\]](#)

Textes référentiels conception

- Solide à froid** NF EN 1995-2-2 + A1 + A2 + Annexe Nationale [\[Doc\]](#)
- Manuel simplifié Eurocode 5 [\[Doc\]](#)
- Plateforme Eurocode 5 [\[Doc\]](#)
- Guide initiation à la charpente [\[Doc\]](#)
- Guide dimensionnement à froid des assemblages traditionnels bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement simplifié à froid des assemblages bois par Tiges [\[Doc\]](#)
- Assemblages de charpentes par goussiers en bois [\[Doc\]](#)
- Note technique SNB1 + Structures en bois lamellé-collé soumises à des conditions sévères d'exploitation ou à des environnements agressifs + [\[Doc\]](#)
- Étude MOOPAN : performances des panneaux bois sous charge contrôlée [\[Doc\]](#)
- Étude PLANOSA : justification fonction diaphragme horizontale des planchers bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement des assemblages par lames métalliques [\[Doc\]](#)
- Chartes vibratoires pour planchers bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement des assemblages par fermures métalliques [\[Doc\]](#)
- Chartes vibratoires pour planchers bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement des assemblages par fermures métalliques [\[Doc\]](#)
- Chartes vibratoires pour planchers bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement des assemblages par fermures métalliques [\[Doc\]](#)
- Chartes vibratoires pour planchers bois [\[Doc\]](#)

Sécurité incendie

- Résistance au feu NF EN 1365-1-2 + Annexe Nationale [\[Doc\]](#)
- Règles de la sécurité incendie à l'usage du charpenteur constructeur bois [\[Doc\]](#)
- Guide dimensionnement au feu des assemblages traditionnels bois [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement des assemblages par fermures métalliques [\[Doc\]](#)
- Dimensionnement au feu des assemblages de structure bois par Tige [\[Doc\]](#)
- Guide justification bâtiments en bois lamellé en situation de pointe [\[Doc\]](#)
- Étude Comportement au feu des structures primaires bois [\[Doc\]](#)
- Guide CPM (ventilation) (selon Guide PSM : lam à vent)
- Étude ACCUBOS : performance acoustique des constructions à ossature bois [\[Doc\]](#)
- Étude ACCUBOS : acroscories planchers [\[Doc\]](#)
- Catalogue Constructeur Bois [\[Doc\]](#)
- Guide Scénario de Solutions Acoustiques (ESA) sur ossatures bois [\[Doc\]](#)
- Mécanisme de certification au feu : Fiche + Certification, labels... + [\[Doc\]](#)

Vibro-acoustique NF EN 1995-1-1 + Annexe Nationale [\[Doc\]](#)

Durabilité FD P 20 681 [\[Doc\]](#)

Risques fongique (norme)

Risques insectes (réglementation)

Transfert de vapeur

Environnement

Règles de la sécurité incendie à l'usage du charpenteur constructeur bois [\[Doc\]](#)

Guide justification bâtiments en bois lamellé en situation de pointe [\[Doc\]](#)

Étude Comportement au feu des structures primaires bois [\[Doc\]](#)

Guide CPM (ventilation) (selon Guide PSM : lam à vent)

Étude ACCUBOS : performance acoustique des constructions à ossature bois [\[Doc\]](#)

Étude ACCUBOS : acroscories planchers [\[Doc\]](#)

Catalogue Constructeur Bois [\[Doc\]](#)

Guide Scénario de Solutions Acoustiques (ESA) sur ossatures bois [\[Doc\]](#)

Mécanisme de certification au feu : Fiche + Certification, labels... + [\[Doc\]](#)

Rapport RAGE : Évaluation des risques de pathologies liées à l'humidité (autres caractéristiques dans un sur-élément bois par l'élément) [\[Doc\]](#)

La protection des bâtiments, relayés contre les termites et autres insectes xylophages [\[Doc\]](#)

Prévention contre les termites à l'interface bois-béton [\[Doc\]](#)

Guide d'entretien/entretien des ouvrages en bois (Bois à vent) [\[Doc\]](#)

Report RAGE : Évaluation des risques de pathologies liées à l'humidité (autres caractéristiques dans un sur-élément bois par l'élément) [\[Doc\]](#)

Guide RAGE : Tailures fermées en bois isolées intérieurement ou l'élément porteur – Nacif + [\[Doc\]](#)

Textes référentiels mise en œuvre

CGM du NF DTU 31.1

- Catégorie de charpente (Charpente en bois) [\[Doc\]](#)
- Catégorie de charpente (Chapes et dalles sur planchers bois) [\[Doc\]](#)

Certification, labels, ou autres évaluations par tiers partie

le(s) référentiel(s) d'évaluation par tiers partie se rapportant à la présente partie d'ouvrage est/sont accessible(s) dans la fiche + Démarches volontaires : Certifications, et labels évalués par tiers partie(s) + [\[Doc\]](#)

Questions les plus récurrentes

- Prévention d'acier pour constructions bois de durabilité naturelle ?
- Vibrations ?
- Justification au diaphragme ?
- Justification de la résistance au feu ?
- Acoustique et plancher poteau-poutre ?

Prévisions à venir

Révision ou création des documents de référence en cours

- Reviser Eurocode 5 et B en cours
- Création d'une norme lamelle-collé feuilles

Études et guides à venir

- Étude en cours sur maîtrise vibratoire des planchers (VIBOS, Base Fraigant)
- Reviser Guide AFPS bois



Produits de construction bois

Produits de construction bois

Le Bois Massif

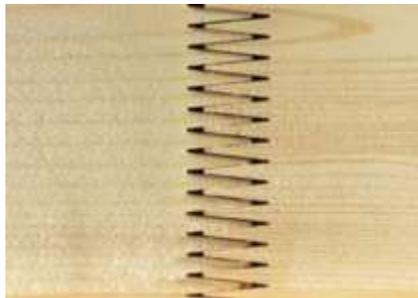
- Dimensions courantes :
 - Largeur : de 15 à 200 mm
 - Hauteur : de 25 à 300 mm
 - Longueur : jusqu'à 6 m
- Références normatives :
 - NF EN 338 (NF P 21-353) : Bois de structure - Classes de résistance
 - NF EN 1912 (NF P 21-395) : Structures en bois - Classes de résistance - Affection des classes visuelles et des essences
 - NF B 52-001 : Règles d'utilisation du bois dans les constructions – Classement visuel pour l'emploi en structure des principales essences résineuses et feuillues
 - NF EN 350 : Durabilité des bois et des matériaux dérivés du bois - Durabilité naturelle du bois massif
 - NF EN 351 : Durabilité des bois et des matériaux dérivés du bois - Bois massif traité avec produit de préservation



- Marquage CE :
 - NF EN 14081-1 : Structures en bois — Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance — Partie 1 : Exigences générales
- Certification :
 - CTB - Sawn Timber

Produits de construction bois

Le Bois Massif Abouté



- Constitution : pièces de section rectangulaire obtenues par le collage bout à bout de pièces aux extrémités desquelles ont été usinées des entures permettant leur emboîtement.
- Dimensions courantes :
 - Largeur : de 45 à 120 mm
 - Hauteur : de 100 à 280 mm
 - Longueur : de 6 à 13 m
- Essences couramment utilisées :
 - Sapin
 - Epicéa
 - Pin Sylvestre
 - Douglas
- Marquage CE :
 - NF EN 15497 : Bois massif de structure à entures multiples – Exigences de performances et exigences minimales de fabrication
- Certification :
 - CTB-AB

Le Bois Massif Reconstitué



- Constitution : pièces de section rectangulaire obtenues par le collage à plat de deux à cinq lames de bois massif d'épaisseur comprise entre 45 mm et 85 mm, qui peuvent être aboutées.
- Dimensions courantes :
 - Largeur : de 100 à 280 mm
 - Hauteur : de 120 à 280 mm
 - Longueur : jusqu'à 13 m
- Essences couramment utilisées :
 - Sapin
 - Epicéa
 - Pin Sylvestre
 - Douglas
- Marquage CE :
 - NF EN 14080 : Structures en bois – Bois lamellé-collé et bois massif reconstitué – Exigences

Produits de construction bois

Le Bois Lamellé Collé

- Constitution :

Pièces de section rectangulaire obtenues par le collage à plat de lames de bois massif d'épaisseur inférieure à 45 mm qui peuvent être aboutées. On distingue :

- *le Bois Lamellé-Collé homogène*, constitué de lamelles de classe mécanique identique : *GLxxh*,
- *le Bois Lamellé-Collé panaché*, constitué de lamelles de bois massif de classes mécaniques différentes : *GLxxc*.

- Essences couramment utilisées :

Sapin, Epicéa, Pin Sylvestre, Douglas

- Dimensions courantes :

- Largeur : de 60 à 240 mm
- Hauteur : de 100 à 2000 mm
- Longueur : jusqu'à 40 m



- Marquage CE :

- NF EN 14080 : Structures en bois – Bois lamellé-collé et bois massif reconstitué – Exigences

- Certification :

- Acerbois Glulam



Produits de construction bois

Le Bois Lamellé Croisé ou CLT (Cross Laminated Timber)

- Constitution :

Panneaux massifs obtenu par collage de couches croisées de lames de bois massif d'épaisseur inférieure à 45 mm qui peuvent être aboutées.

Nombre de couches impair, au minimum de trois.

Epaisseur finie des planches comprise entre 6mm et 45mm, largeur varie entre 40mm et 300mm à 12%.

- Essences couramment utilisées :

Sapin, Epicéa, Pin Sylvestre, Douglas

- Dimensions courantes des panneaux :

- Largeur : généralement de 1,2 m à 4,8 m
- Epaisseur : de 60 mm à 500mm
- Longueur : jusqu'à 18 m

- Références normatives :

- NF EN 16351 : Structures en bois – Bois lamellé croisé – Exigences

- Marquage CE:

- Evaluation Technique Européenne

- Calcul et mise en œuvre :

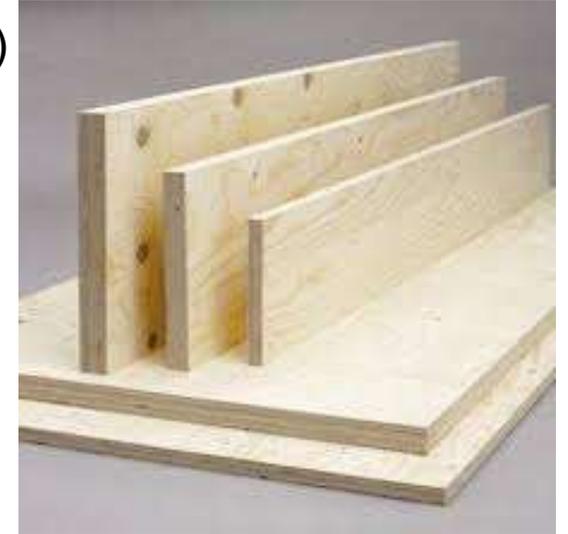
- Avis Technique ou DTA



Produits de construction bois

Le Lamibois ou LVL (Laminated Veneer Lumber)

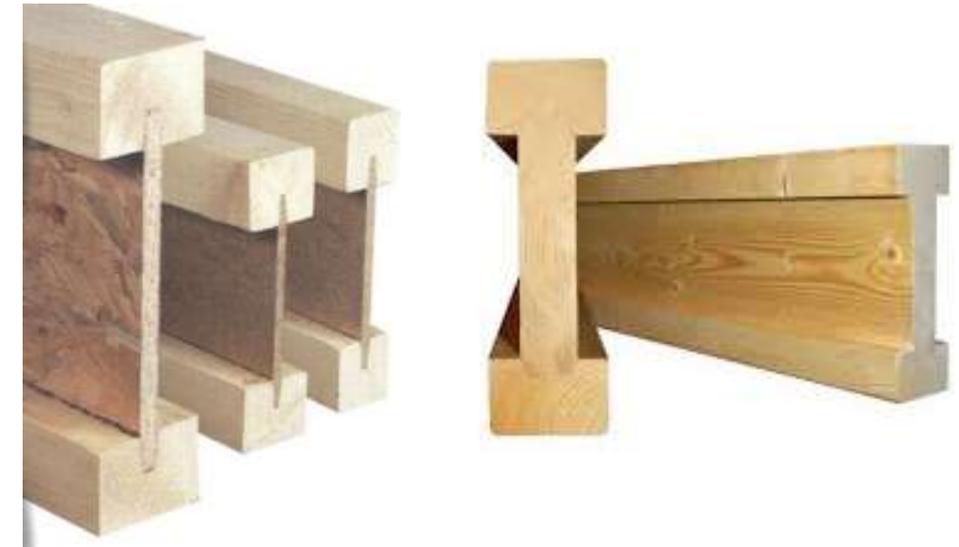
- **Constitution** : couches de placages principalement orientées dans la même direction, liées entre elles par collage pour former des plateaux larges recoupés en panneaux ou éléments linéaires de structure.
- **Dimensions courantes** :
 - Épaisseur : 25 à 75 mm
 - Largeur : 1,80 m ou plus
 - Longueur : 18 m ou plus
- **Marquage CE** :
 - NF EN 14279 : LVL – Spécifications, définitions, classification et exigences (panneaux)
 - NF EN 14374 : Structures en bois – LVL structural – Exigences (poutres, poteaux)



Produits de construction bois

Les poutres composites

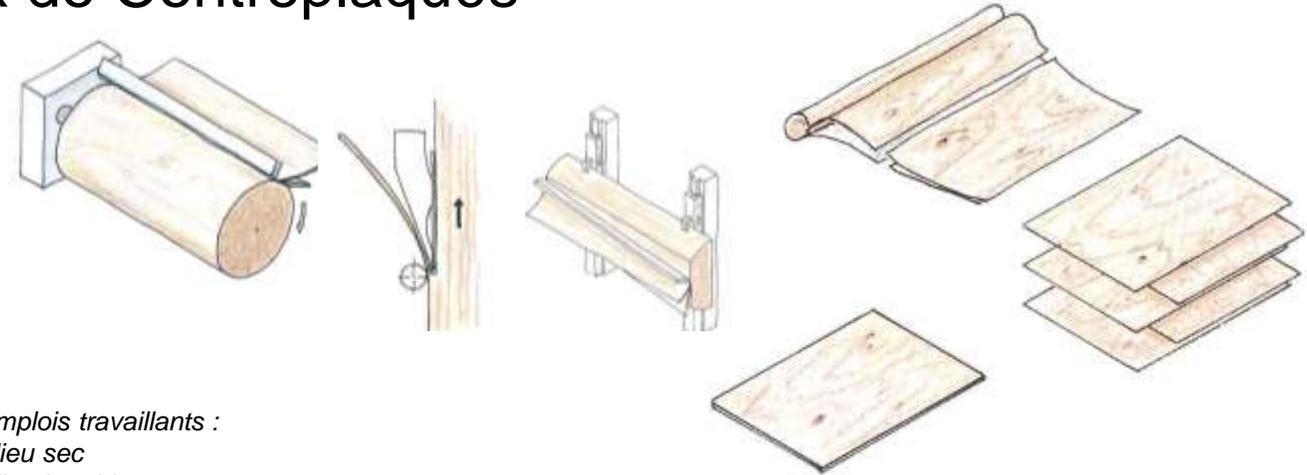
- **Constitution** : membrures en matériau à base de bois de section rectangulaire reliées par une âme pouvant être à base de bois ou métallique.
 - Poutres à âme en bois ou panneau à base de bois, assemblée par collage de l'âme en rainure dans les membrures.
 - Poutres à âme métallique pleine, assemblée mécaniquement par pressage dans les membrures non rainurées.
 - Poutres ajourées, à diagonales métalliques ancrées sur les membrures par des parties saillantes embouties (dents)
- **Dimensions courantes** :
 - Largeur : de 60 à 120 mm
 - Hauteur : de 200 à 500 mm
 - Longueur : de 5 à 12 m
- **Marquage CE** :
 - Evaluation Technique Européenne
- **Certification** :
 - CTB – PI
- **Calcul et mise en œuvre** :
 - Avis Technique ou DTA



Produits de construction bois

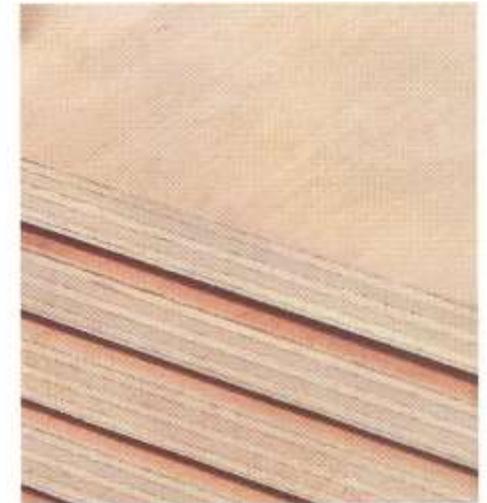
Les Panneaux de Contreplaqués

- **Constitution** : placages de bois de fine épaisseur (0,6 à 4 mm), obtenus par tranchage ou déroulage, et collés les uns sur les autres à fil croisé.
- **Dimensions courantes** :
 - Épaisseur : 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25, 30 mm
 - Largeur : 1,20 m et 1,50 m
 - Longueur : 2,50 m et 3,10 m
- **Références normatives** :
 - NF EN 636 : Contreplaqués – Exigences →
 - NF EN 12369-2 : Panneaux à base de bois – Valeurs caractéristiques pour la conception des structures – Partie 2 : Contreplaqué
- **Marquage CE** :
 - NF EN 13986 : Panneaux à base de bois utilisés dans la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- **Certification** :
 - Panneaux NF-EXTÉRIEUR CTB-X
 - « Contreplaqué marine »



Panneaux destinés aux emplois travaillants :

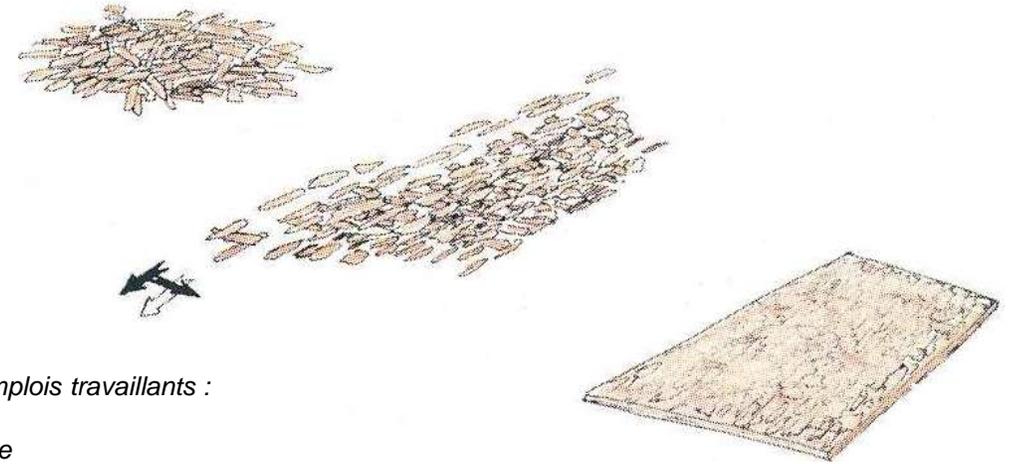
- *type EN 636-1S : milieu sec*
- *type EN 636-2S : milieu humide*
- *type EN 636-3S : milieu extérieur ou milieu humide confiné*



Produits de construction bois

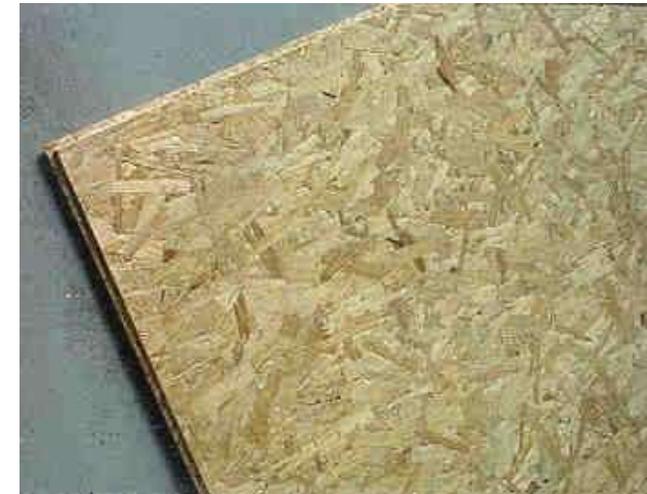
Les Panneaux d'OSB (Oriented Strand Board)

- **Constitution** : grandes particules de bois, obtenues par broyage de divers petits bois (chutes de scierie, bois d'éclaircie, etc...), collées les unes aux autres en 3 couches avec une orientation des lamelles dans le sens de la longueur pour les couches externes.
- **Dimensions courantes** :
 - Épaisseur : 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 22 mm
 - Largeur : 1,20 m et 2,50 m
 - Longueur : 2,50 m et 5 m
- **Références normatives** :
 - NF EN 300 : Panneaux de lamelles minces longues et orientées – Définitions, Classification et exigences
 - NF EN 12369-1 : Panneaux à base de bois – Valeurs caractéristiques pour la conception des structures – Partie 1 : OSB, panneaux de particules et panneaux de fibres
- **Marquage CE** :
 - NF EN 13986 : Panneaux à base de bois utilisés dans la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- **Certification** :
 - CTB-OSB



Panneaux destinés aux emplois travaillants :

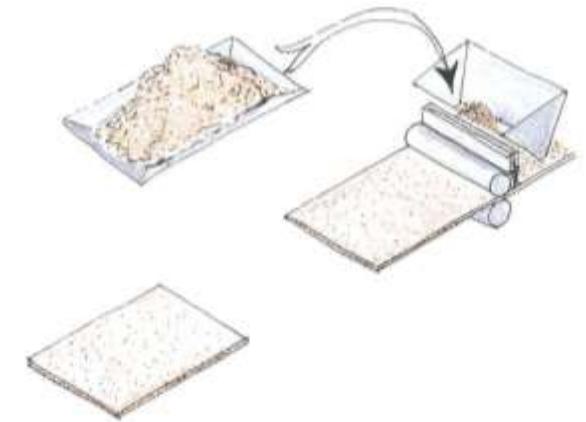
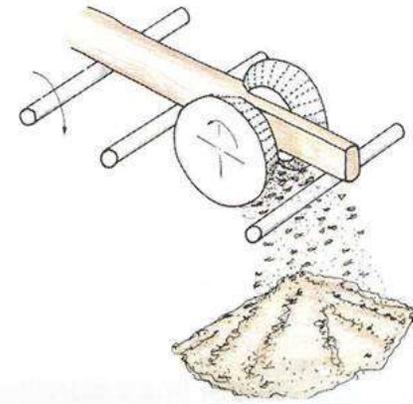
- OSB 2 : milieu sec
- OSB 3 : milieu humide
- OSB 4 : sous contraintes élevées en milieu humide



Produits de construction bois

Les panneaux de particules

- Constitution : particules de bois (copeaux de bois, déchets de rabotage, sciures..) collées les unes aux autres, sous pression et chaleur, en trois couches.
- Dimensions courantes :
 - Épaisseur : 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22 mm
 - Largeur : 1,20 m
 - Longueur : 2,50 m et 3 m
- Références normatives :
 - NF EN 312 : Panneaux de particules – Exigences
 - ⇒ *Panneaux destinés aux emplois travaillants :*
 - P4 : milieu sec
 - P5 : milieu humide
 - P6 : sous contraintes élevées en milieu sec
 - P7 : sous contraintes élevées en milieu humide
 - NF EN 12369-1 : Panneaux à base de bois – Valeurs caractéristiques pour la conception des structures – Partie 1 : OSB, panneaux de particules et panneaux de fibres
- Marquage CE :
 - NF EN 13986 : Panneaux à base de bois utilisés dans la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- Certification :
 - CTB-H (milieu humide)
 - CTB-S (milieu sec)



Produits de construction bois

Les panneaux de fibres

Constitution : fibres obtenues par défilage de bois ronds, collées les unes aux autres.

On distingue :

- les panneaux de fibres obtenus par procédé à sec :
 - MDF (Moyenne densité)
- les panneaux de fibres obtenus par procédé humide :
 - HB (Durs)
 - MBH (semi-durs)
- Dimensions courantes :
 - Épaisseur : 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22 mm
 - Largeur : 1,20 m
 - Longueur : 2,50 m et 3 m
- Références normatives :
 - NF EN 622-2 à 5 : Panneaux de fibres - Exigences
 - NF EN 12369-1 : Panneaux à base de bois – Valeurs caractéristiques pour la conception des structures – Partie 1 : OSB, panneaux de particules et panneaux de fibres
- Marquage CE :
 - NF EN 13986 : Panneaux à base de bois utilisés dans la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- Certification :
 - CTB-RH



Panneaux destinés aux emplois travaillants :

- MDF.LA : milieu sec
- MDF.HLS : milieu humide
- HB.LA : milieu sec
- HB.HLA1 : dur, milieu humide
- HB.HLA2 : dur, sous contraintes élevées en milieu humide
- MBH.LA1 : semi-dur, milieu sec
- MBH.LA2 : semi-dur, milieu sec, sous contraintes élevées
- MBH.HLS1 : semi-dur, milieu humide, seulement pour charges instantanées ou de courte durée
- MBH.HLS2 : semi-dur, milieu humide, seulement pour charges instantanées ou de courte durée, sous contraintes élevées



Principes de calcul des structures bois

Suivant les Eurocodes

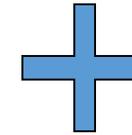
Principes de calcul des structures bois

Eurocodes

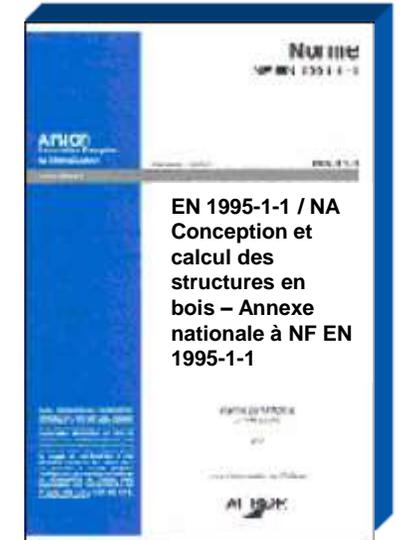


- EN 1990 Eurocode 0 Bases de calcul des structures
- EN 1991 Eurocode 1 Actions sur les structures
- EN 1992 Eurocode 2 Calcul des structures en béton
- EN 1993 Eurocode 3 Calcul des structures en acier
- EN 1994 Eurocode 4 Calcul des structures mixtes acier-béton
- EN 1995 Eurocode 5 Calcul des structures en bois
 - NF EN 1995-1-1 Vérification à froid des structures bois
 - NF EN 1995-1-2 Vérification au feu des structures bois
 - NF EN 1995-2 Vérification des ponts en bois
- EN 1996 Eurocode 6 Calcul des structures en maçonnerie
- EN 1997 Eurocode 7 Calcul géotechnique
- EN 1998 Eurocode 8 Calcul des structures pour leur résistance aux séismes
- EN 1999 Eurocode 9 Calcul des structures en alliage d'aluminium

des textes communs
européens



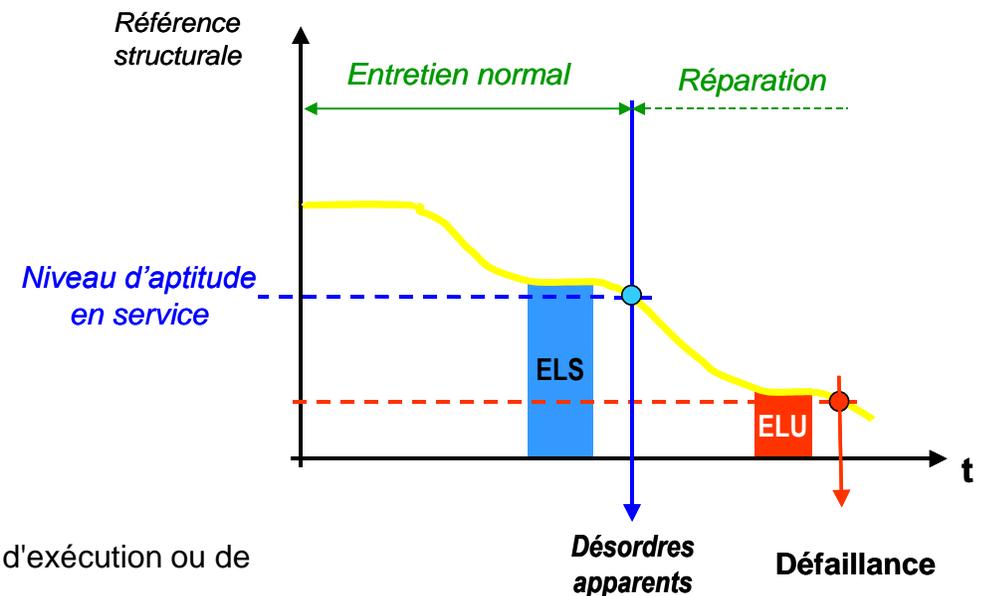
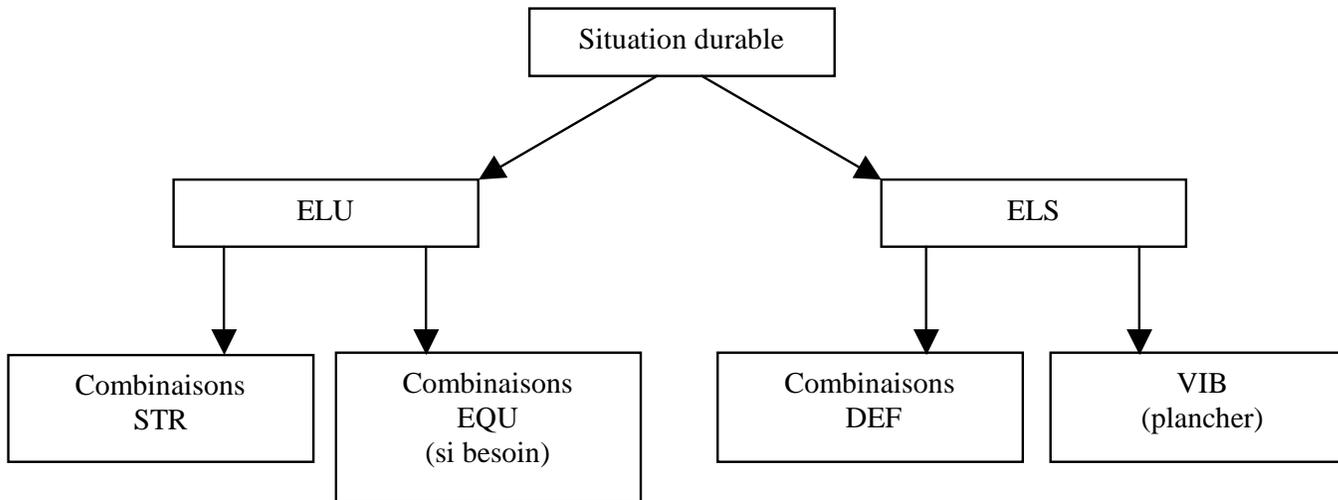
des choix nationaux



Principes de calcul des structures bois

EC0 – Etats Limites

En situation durable, on se doit de vérifier la structure vis-à-vis des Etats Limites Ultimes (ELU) et des Etats Limites de Service (ELS) :



Les justifications doivent considérer les différentes situations de projet :

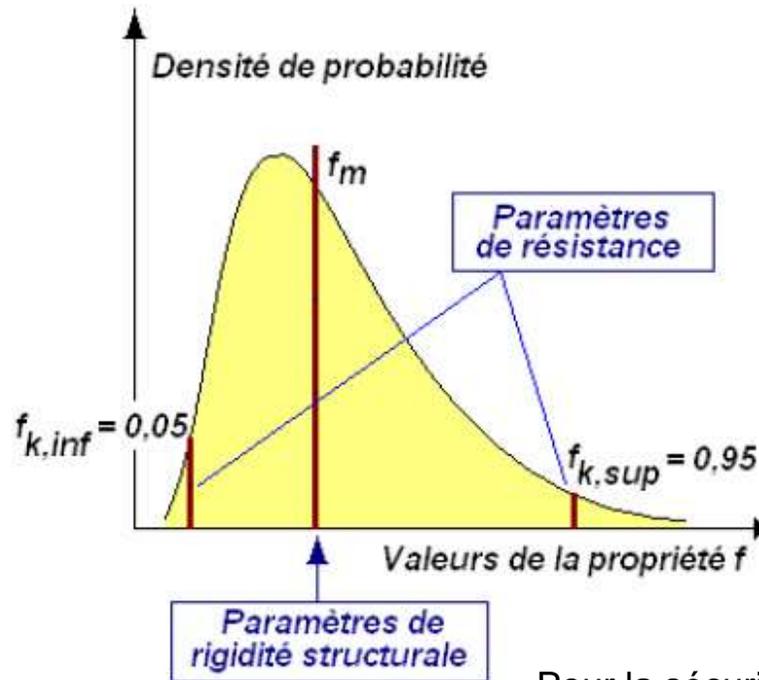
Transitoire : situation faisant référence à des conditions temporaires de la structure en cours d'exécution ou de réparation (situations spécifiquement identifiées dans Eurocode 0 et 1)

Durable : conditions normales d'utilisation

Accidentelle : Incendie, chocs, (sismique) ou toutes conditions accidentelles (neige exceptionnelle par exemple)

Principes de calcul des structures bois

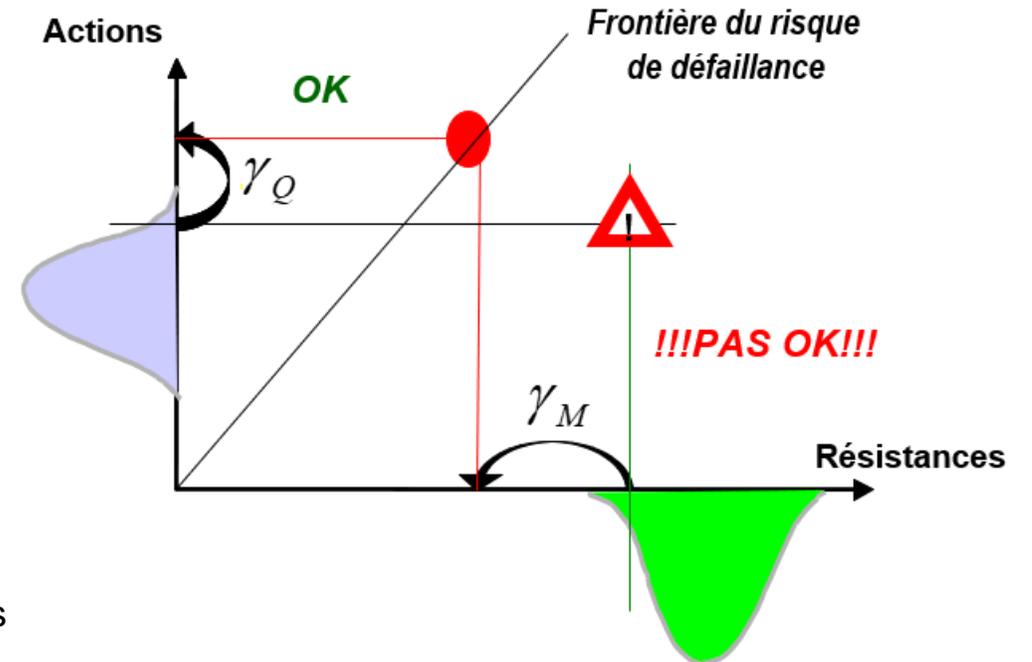
EC0 – Valeurs caractéristiques et coefficients partiels



Pour la sécurité, la valeur de fractile la plus défavorable est considérée, soit :

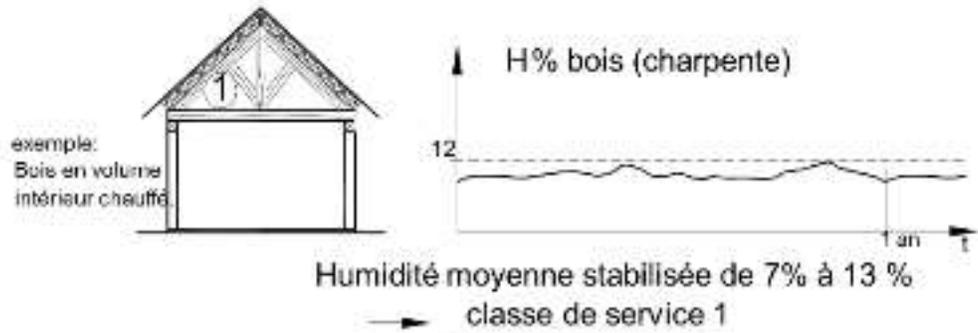
- 5% pour les résistances
- 95% pour les actions

Pour les justifications ELS (Def), la valeur moyenne est considérée pour les propriétés de rigidité



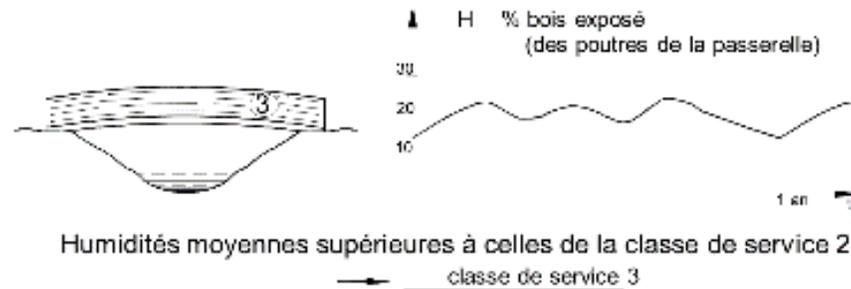
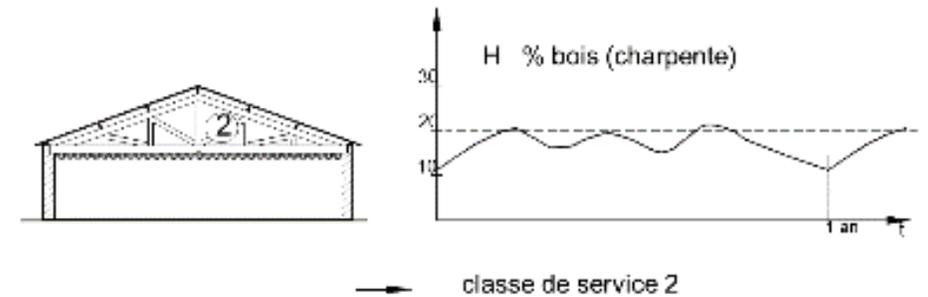
Principes de calcul des structures bois

EC5 - Classes de service



Classe de service 1

Classe de service 2

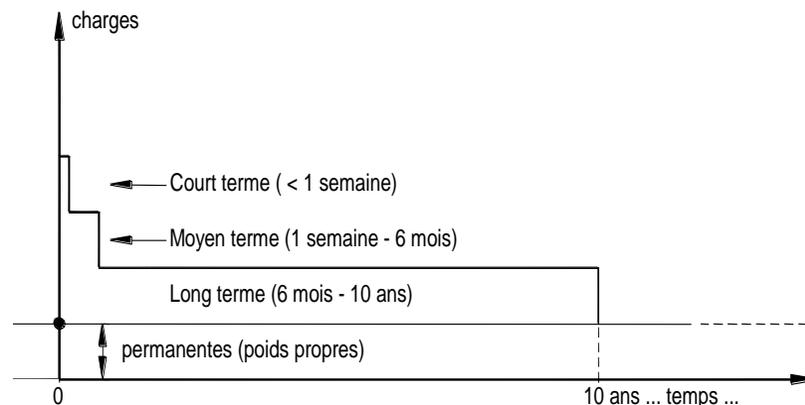


Classe de service 3

Principes de calcul des structures bois

EC5 – Classes de durée de chargement

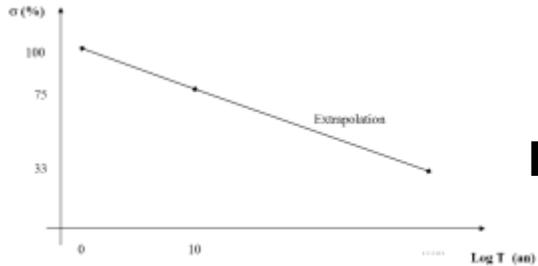
| Classe de durée de chargement | Ordre de grandeur de durée cumulée de chargement | Exemples de chargement |
|-------------------------------|--|--|
| Permanent | plus de 10 ans | poids propre |
| Long terme | de 6 mois à 10 ans | Stockage Équipements fixes |
| Moyen terme | d'une semaine à 6 mois | charge d'occupation Neige $H > 1000$ m |
| Court terme | moins d'une semaine | Neige $H \leq 1000$ m Charge d'entretien |
| Instantané | - | Vent, Neige exceptionnelle, Séisme Action accidentelle |



Principes de calcul des structures bois

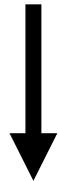
EC5 – Résistance de calcul

$$R_d = k_{\text{mod}} \frac{R_k}{\gamma_M}$$



Facteur de modification
(rupture différée)

k_{mod}



**Modification
de la
Résistance**

| Matériau | Classe de service | Classe de durée de chargement | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | permanente | long terme | moyen terme | court terme | instantanée |
| Bois massif | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| Bois lamellé collé | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| LVL | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| Contreplaqué | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| OSB | 1 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,10 |
| | 1 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,90 | 1,10 |
| | 2 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,90 |

Coefficient partiels sur les matériaux

γ_M

| Etats limites ultimes | γ_M |
|--------------------------------|------------|
| - combinaisons fondamentales : | |
| bois massif | 1,3 |
| bois lamellé collé | 1,25 |
| LVL, contreplaqué, OSB, | 1,2 |
| Panneau de particules, | 1,3 |
| Panneau de fibres, dur | 1,3 |
| Panneau de fibres, mi-dur | 1,3 |
| Panneau de fibres, MDF | 1,3 |
| Panneau de fibres, tendre | 1,3 |
| Assemblages | 1,3 |
| Plaques métalliques embouties | 1,25 |
| - combinaisons accidentelles : | 1,0 |

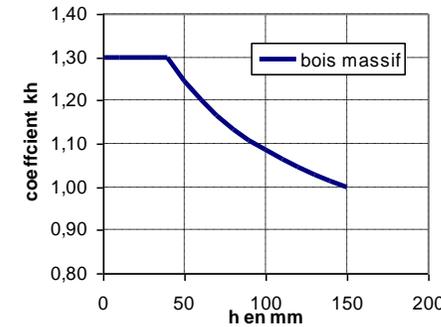
Principes de calcul des structures bois

EC5 – Effets d'échelle

Bois massif, BMA et BMR :

hauteur fléchie ou largeur - plus grande dimension – en traction < 150 mm

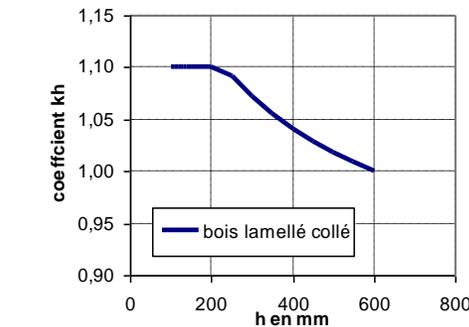
$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$



Bois Lamellé Collé :

hauteur fléchie ou largeur - plus grande dimension - en traction < 600 mm

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right.$$



LVL :

hauteur fléchie ≠ 300 mm

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{300}{h} \right)^s \\ 1,2 \end{array} \right.$$

Longueur en traction ≠ 3000 mm

$$k_l = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{3000}{l} \right)^{s/2} \\ 1,1 \end{array} \right.$$

s : exposant d'effet d'échelle
suivant EN 14374
(fourni par les fabricants)

$$f_{m,d} = k_h \cdot k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t,0,d} = k_h \cdot k_{mod} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,d} = k_h \cdot k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t,0,d} = k_l \cdot k_{mod} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

Principes de calcul des structures bois

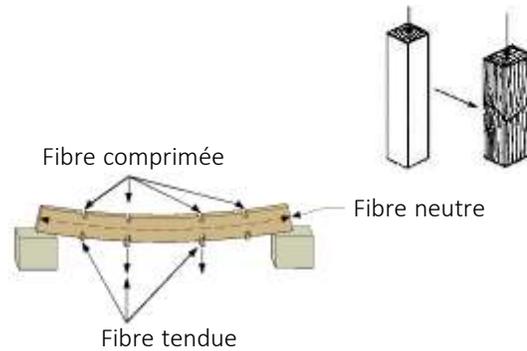
EC5 – Vérifications ELU

- **Contraintes dans une direction principale :**

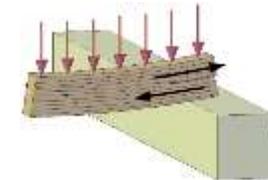
Traction parallèle au fil

Compression parallèle au fil

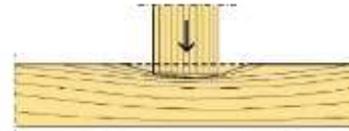
Flexion



Cisaillement



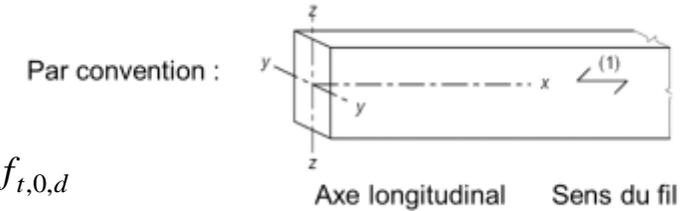
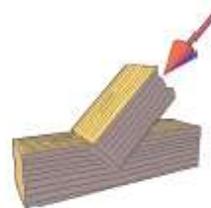
Compression perpendiculaire au fil



Source : Glulam Handbook

- **Combinaisons de contraintes**

Compression inclinée par rapport au fil

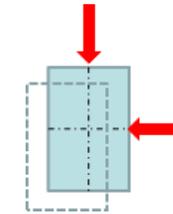


$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

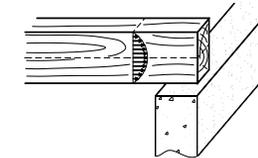
$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

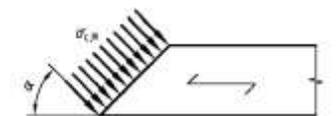


$$\tau_d = \frac{3}{2} \times \frac{V}{b_{ef} \times h}$$

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

$$\sigma_{c,90,d} = F_{c,90,d} / A_{ef}$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$



Principes de calcul des structures bois

EC5 – Vérifications ELU

- **Combinaisons de contraintes**
Flexion et traction axiale ou compression axiale combinées

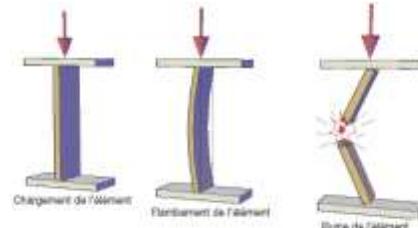
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

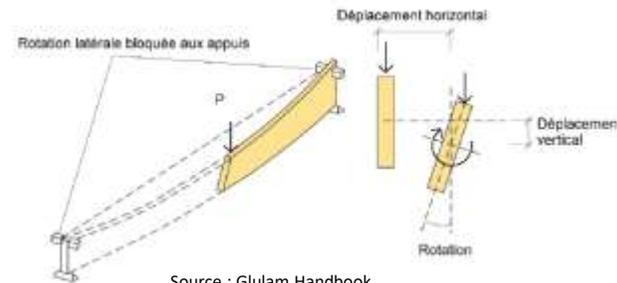
- **Stabilité des éléments**
Flambement



$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

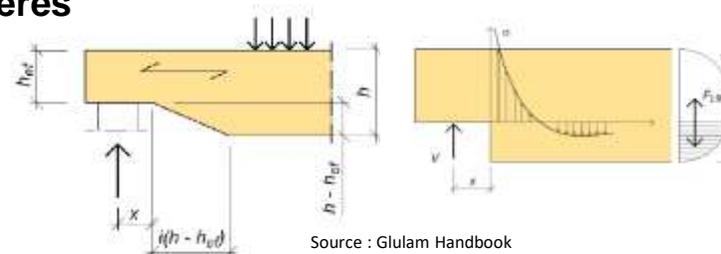
Déversement



$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1$$

- **Vérifications particulières**
Poutre entaillées



$$\tau_d = \frac{1,5V}{b_{ef} h_{ef}} \leq k_v f_{v,d}$$

$$k_v = \min \left\{ \frac{1}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha \cdot (1 - \alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right)}, \frac{k_n}{\sqrt{h}} \right\} \cdot \left(1 + \frac{1,1 \cdot i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)$$

→ Concentration de contraintes au coin de l'entaille, combinaison de traction transversale et cisaillement

Principes de calcul des structures bois

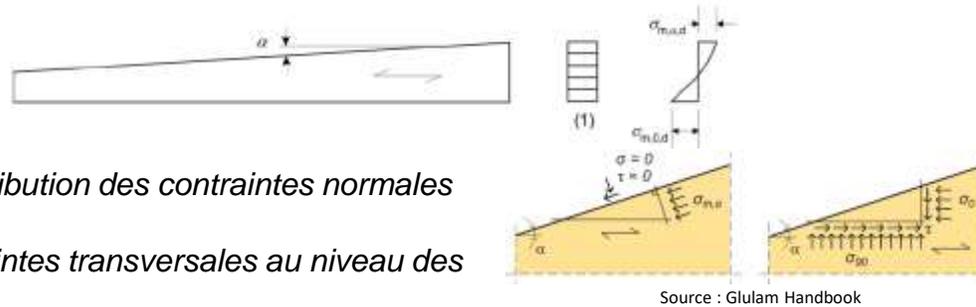
EC5 – Vérifications ELU

• Vérifications particulières

Poutres à inertie variable

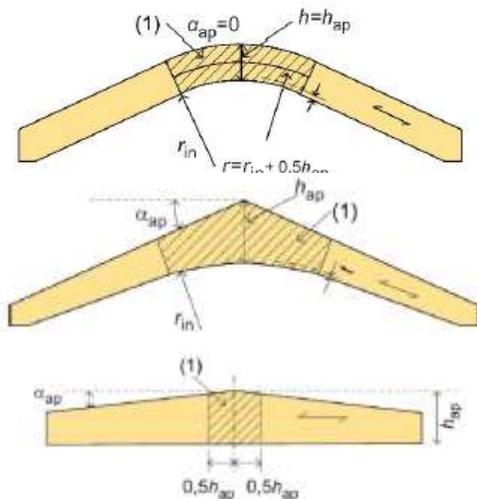
→ Distorsion de la distribution des contraintes normales

→ Apparition de contraintes transversales au niveau des lamelles tranchées



$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} f_{m,d} \quad \sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = \frac{6M_d}{bh^2}$$

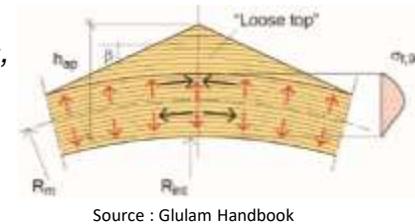
Zone de faitage (Poutres courbes et poutres à inertie variable)



→ Précontrainte due au cintrage des lamelles

→ Apparition de contraintes transversales, maximales au centre de la section

→ Influence du volume contraint sur la résistance



$$\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d} \quad \sigma_{m,d} = k_c \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} \quad \sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1$$

Principes de calcul des structures bois

EC5 – Vérifications ELS

- Déformations

Flèche instantanée, $w_{inst.(Q)}$

Flèche *uniquement* liée aux charges dites variables (charges climatiques, charges d'exploitations) sans prise en compte des effets à long terme.

Déterminée avec la combinaison caractéristique

$$Q_{k,1} + (\psi_{0,2} \cdot Q_{k,2} + \dots) \Rightarrow W_{inst(Q)}$$

Flèche de fluage, w_{creep}

Flèche *supplémentaire* liée aux effets à long terme.

Déterminée avec la combinaison quasi-permanente

$$G_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{2,2} \cdot Q_{k,2} + \dots \Rightarrow W_{creep}$$

En multipliant les déformations par k_{def}

$\times k_{def}$

Flèche finale, w_{fin}

Somme de la flèche instantanée liée aux charges permanente et variables et de la flèche de (fluage).

$$W_{fin} = W_{inst(G)} + W_{inst(Q)} + W_{creep}$$

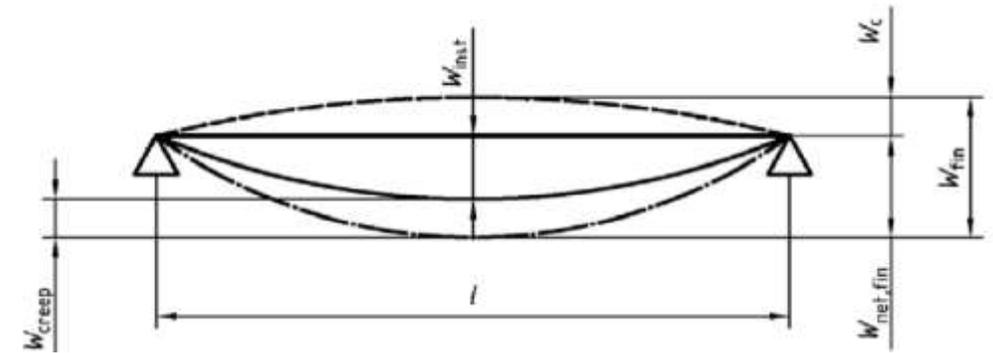
Contreflèche, w_c

Dans cas particulier où une contreflèche est mise en œuvre sur l'élément fléchi

Flèche nette finale, $w_{net,fin}$

Flèche nette finale déduite de la flèche finale après déduction de la contreflèche éventuelle

$$W_{net,fin} = W_{fin} - W_c$$

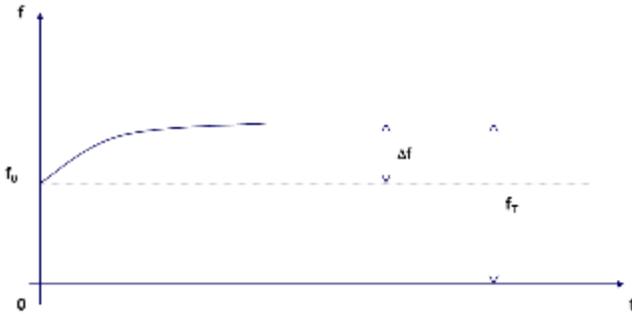
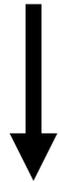


Principes de calcul des structures bois

EC5 – Vérifications ELS

- Déformations : coefficients

k_{def}



Prise en compte du fluage dans les déformations

| Matériau | Classe de service | | |
|--------------------|-------------------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Bois massif | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| Bois lamellé collé | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| LVL | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| Contreplaqué int. | 0,80 | - | - |
| Contreplaqué ext. | 0,80 | 1,00 | - |
| Contreplaqué ext. | 0,80 | 1,00 | 2,50 |
| OSB 2 | 2,25 | - | - |
| OSB 3 et 4 | 1,50 | 2,25 | - |

Coefficients de combinaison pour les actions variables (EC0 Annexe A1)

| Type d'action | Catégorie d'ouvrage | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|---|---|----------|----------|----------|
| Exploitation sur planchers de bâtiments (EN 1991-1.1) | A : habitation, résidences | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| | B : bureaux | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| | C : lieux de réunion | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| | D : commerces | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| | E : stockage | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| | F : zone de trafic, $p_{veh} \leq 30$ kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| | G : zone de trafic, $30 \leq p_{veh} \leq 160$ kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| | H : toits | 0 | 0 | 0 |
| Neige (EN 1991-1-3) | Altitude > 1 000 m a.n.m. | 0,70 | 0,50 | 0,20 |
| | Altitude \leq 1 000 m a.n.m. | 0,50 | 0,20 | 0 |
| Vent (EN 1991-1-4) | Bâtiments | 0,6 | 0,2 | 0 |
| Thermique (EN 1991-1-5) (hors incendie) | Bâtiments | 0,6 | 0,5 | 0 |

Principes de calcul des structures bois

EC5 – Vérifications ELS

- Déformations : Valeurs limites

| | Bâtiments courants | | | Bâtiments agricoles et similaires | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| | Flèche instantanée $W_{inst(Q)}$ | Flèche nette finale $W_{net,fin}$ | Flèche finale W_{fin} | Flèche instantanée $W_{inst(Q)}$ | Flèche nette finale $W_{net,fin}$ | Flèche finale W_{fin} |
| Chevrons | - | L/150 | L/125 | - | L/150 | L/100 |
| Éléments structuraux | L/300 | L/200 | L/125 | L/200 | L/150 | L/100 |

Les valeurs limites pour les flèches définies dans ce tableau s'appliquent également pour les déplacements horizontaux

Ces valeurs limites de flèches (w_{lim1}) sont destinées à assurer le bon comportement de la structure sur la durée de service attendue.

Elles peuvent s'avérer insuffisantes vis-à-vis des interactions éventuelles avec les divers éléments de second œuvre ou autres composants de la construction.

Des valeurs limites supplémentaires peuvent être spécifiées :



w_{lim2} : valeur limite de déformation des ouvrages de second œuvre ($w_{fin} - w_{inst,G1}$),
 $w_{inst,G1}$ calculée avec les charges permanentes G_1 antérieures à la mise en œuvre des éléments de second œuvre à protéger

w_{lim3} : valeur limite particulière

Principes de calcul des structures bois

EC5 – Vérifications ELS

- Vibrations

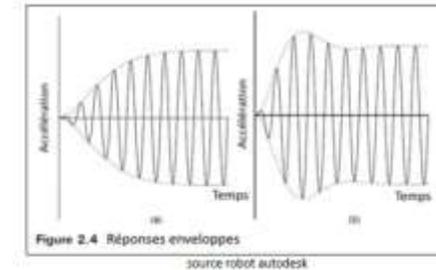
Planchers résidentiels : outil EC5

3 exigences sont à satisfaire :

- Fréquence fondamentale

$$f_1 = \frac{\pi}{2\ell^2} \sqrt{\frac{(EI)_\ell}{m}}$$

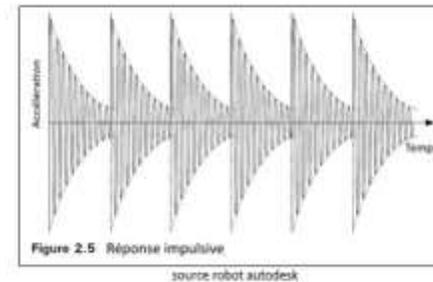
- » $f_1 > 8$ Hz (outil applicable uniquement aux planchers « haute fréquence »)
 - » Eviter le risque de mise en résonance



- Vitesse impulsionnelle limitée

- » Amortissement du plancher

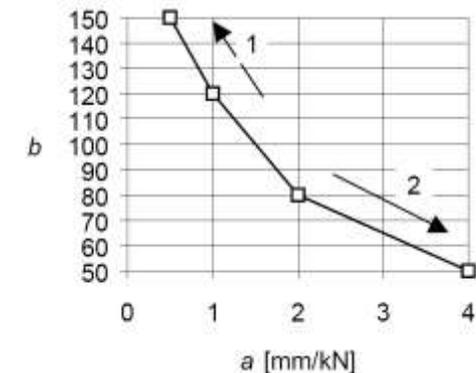
$$v \leq b^{(f_1 \zeta^{-1})} \quad m/(Ns^2)$$



- Souplesse

- » Perception « psychosensorielle » (confort)

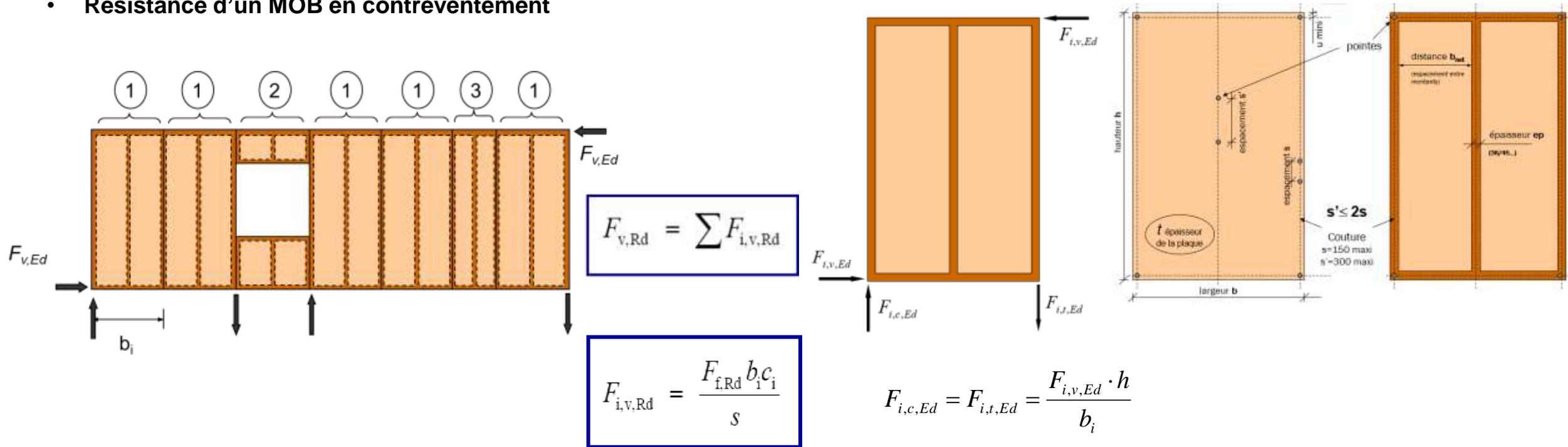
$$\frac{w}{F} \leq a \quad \text{mm/kN}$$



Principes de calcul des structures bois

EC5 – Diaphragmes de murs

- Résistance d'un MOB en contreventement



avec :

- $F_{f,Rd}$ valeur de calcul de la capacité résistance au cisaillement d'un organe de fixation
- b_i la largeur du voile
- s l'espacement des organes en périphérie de pann
- c_i un coefficient dimensionnel de la plaque

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{pour } b_i \geq b_0 \\ \frac{b_i}{b_0} & \text{pour } b_i < b_0 \end{cases} \quad b_0 = h/2$$

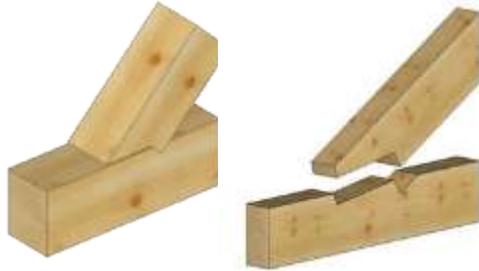


Assemblages des structures bois

Assemblages des structures bois

Assemblages « traditionnels » : Efforts transmis directement par contact bois/bois au droit d'entaille

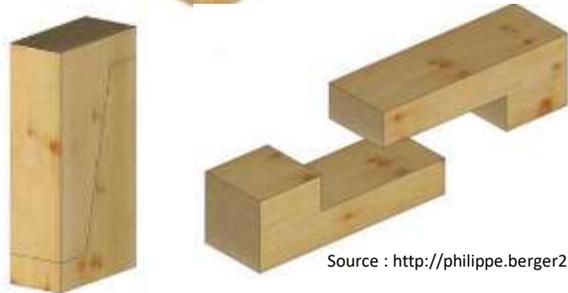
- Embrèvements



- Tenon-mortaise



- Entures



Source : <http://philippe.berger2.free.fr>

- Queue d'aronde

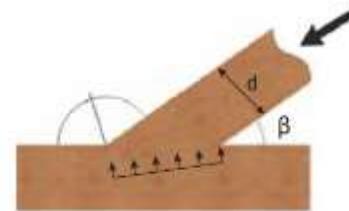


→ Permettent :

- soit de relier les pièces qui se croisent selon un angle quelconque
- soit de rallonger les pièces dans la direction parallèle au fil

→ Transmettent :

- compression parallèle, perpendiculaire ou oblique



- cisaillement



Source : Cecobois

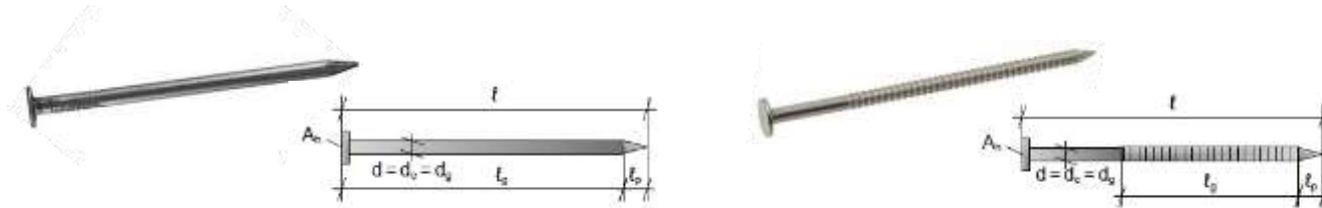


Assemblages des structures bois

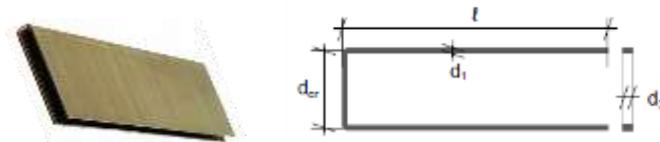
Assemblages « mécaniques » par organes métalliques

- Organes de type tige

- Pointes



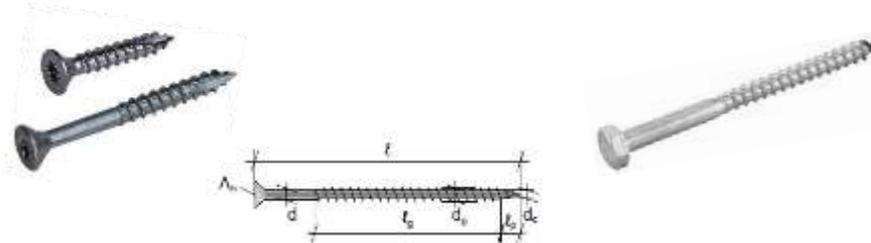
- Agrafes



- Boulons et broches



- Vis et tire-fond



Marquage CE suivant EN 14592 ou ETE

Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

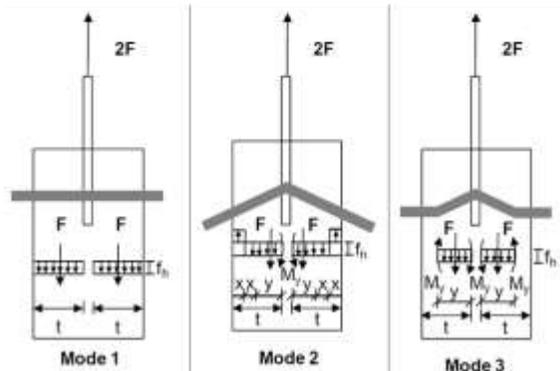
• Organes de type tige : résistance en cisaillement (suivant EC5)

2 types d'endommagement :

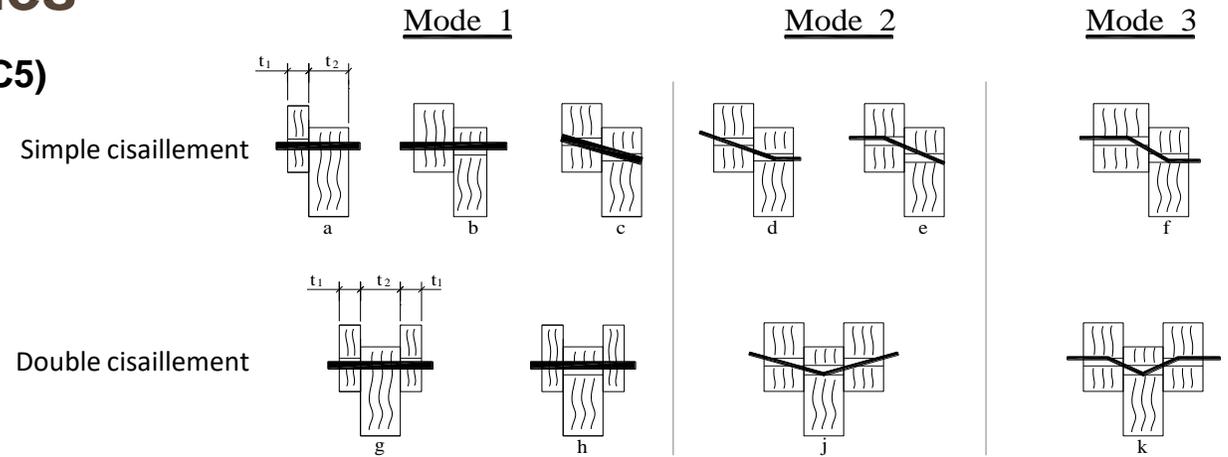
- portance locale (bois) : enfoncement de la tige
- rotule plastique (métal) : flexion de la tige

3 modes de rupture possibles :

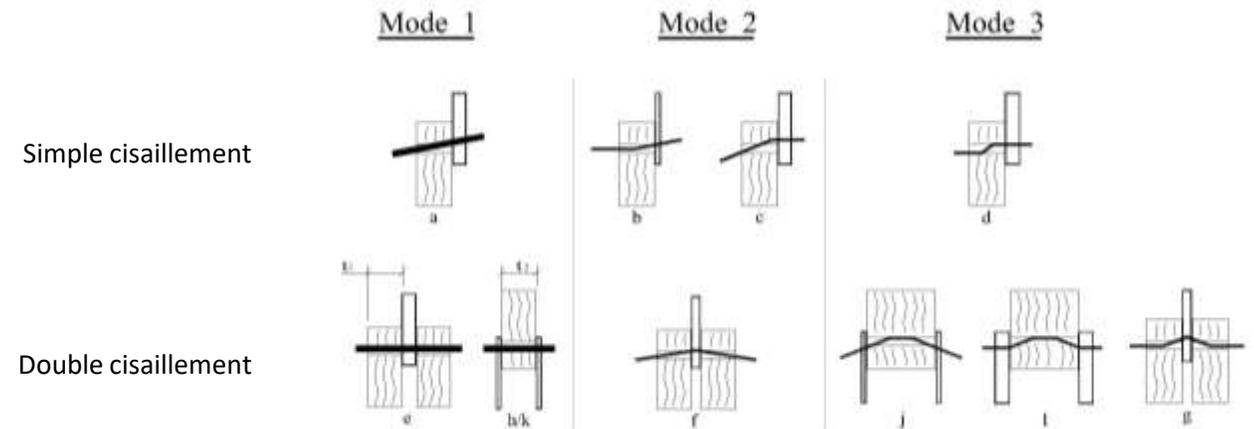
- défaut de portance locale (bois)
- défaut de portance locale + 1 rotule plastique (acier)
- défaut de portance locale + 2 ou 3 rotules plastiques



Assemblages Bois / Bois et Bois / Panneau



Assemblages Bois / Métal



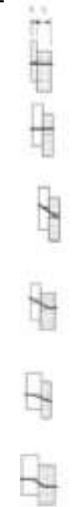
Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

- Organes de type tige : résistance en cisaillement (suivant EC5)

Assemblages Bois / Bois et Bois / Panneau en simple cisaillement

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d \quad (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$



Assemblages Bois / Métal en simple cisaillement

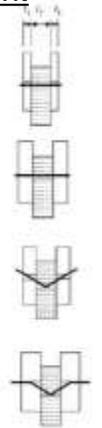
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \quad (a) \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (b) \\ f_{hk} t_1 d \quad (c) \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{hk} t_1^2 d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \end{array} \right.$$



Assemblages Bois / Bois et Bois / Panneau en double cisaillement

- Cas de chargement en double cisaillement :

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$$



Assemblages Bois / Métal en double cisaillement

Plaque métallique en élément central

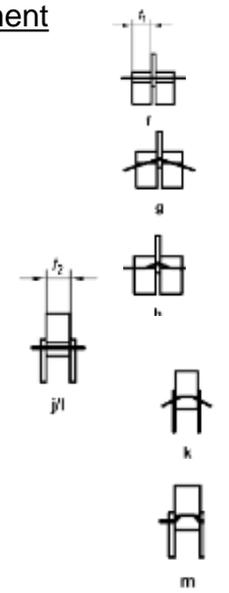
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right.$$

Plaques métalliques minces en éléments externes

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (j) \\ 1,15 \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right.$$

Plaques métalliques épaisses en éléments externes

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (l) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (m) \end{array} \right.$$



Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

- Organes de type tige : résistance en cisaillement (suivant EC5)

$f_{h,1,k}$: Portance locale dans l'élément 1, côté tête (en N/mm²)

$f_{h,2,k}$: Portance locale dans l'élément 2, côté pointe (en N/mm²)

$$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

| organes de diamètre $d \leq 8\text{mm}$ | | $f_{h,k}$ (N/mm ²) |
|---|------------------|--------------------------------|
| Bois, LVL | sans pré-perçage | $0,082 \rho_k d^{-0,3}$ |
| | avec pré-perçage | $0,082 (1-0,01d) \rho_k$ |
| Contreplaqué | | $0,11 \rho_k d^{-0,3}$ |
| OSB ₃ | | $65 d^{-0,7} t_k^{0,1}$ |
| Panneau de Particules | | $30 d^{-0,3} t_k^{0,6}$ |

Organes de diamètre $d \geq 8\text{mm}$:

correction en fonction de l'angle α entre l'effort et le fil du bois :

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin \alpha)^2 + (\cos \alpha)^2}$$

Bois, LVL $f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$

Contreplaqué $f_{h,k} = 0,11 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$

OSB, Panneau de particules $f_{h,k} = 50 \cdot d^{-0,6} \cdot t_k^{0,2}$

$M_{y,Rk}$: Moment d'écoulement plastique (en N.mm)

$F_{ax,R,k}$: Résistance caractéristique en traction de l'organe (en N)

| | $M_{y,Rk}$ (N/mm) | |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Pointes de section circulaire, vis | $0,3 f_{u,k} d^{2,6}$ | ou valeur déclarée par le fabricant |
| Pointes de section carrée | $0,45 f_{u,k} d^{2,6}$ | |
| Agrafes | $150 d^3$ | |

Boulons et broches: $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6}$

$f_{u,k}$: résistance à la traction du fil d'acier (en N/mm²)



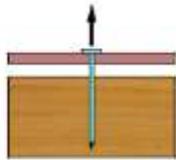
Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

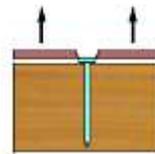
- Organes de type tige : résistance en traction (suivant EC5)

3 modes de rupture possibles :

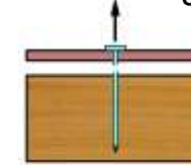
Rupture par arrachement (bois)



Rupture par traversée de la tête (bois)



Rupture en traction de l'organe (acier)



$f_{ax,k}$: paramètre de résistance caractéristique à l'arrachement (en N/mm²)

$f_{head,k}$: résistance caractéristique à la traversée de la tête

$F_{tens,k}$: capacité de traction caractéristique

Pointes

lisses

non lisses

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,2,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,1,k} \cdot d_h^2 + f_{ax,1,k} \cdot d \cdot t_1 \\ A_s \cdot f_{u,k} \cdot 0,8 \text{ ou } F_{tens,k} \end{cases}$$

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,2,k} \cdot d \cdot t_{pen} \\ f_{head,1,k} \cdot d_h^2 \\ A_s \cdot f_{u,k} \cdot 0,8 \text{ ou } F_{tens,k} \end{cases}$$

$$f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

Donnée fabricant (Essais) $\geq 4,5$ N/mm²

$$f_{head,k} = 70 \times 10^{-6} \cdot \rho_k^2$$

Donnée fabricant (Essais)

Vis

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} \frac{f_{ax,k} \cdot d \cdot \ell_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \left(\frac{\rho_k}{\rho_s} \right)^{0,8} \\ F_{tens,k} \end{cases}$$

$f_{ax,k}$: Donnée fabricant (Essais)

ou si $d \geq 6$ mm $f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot \ell_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8}$

$$k_d = \min \begin{cases} \frac{d}{8} \\ 1 \end{cases}$$

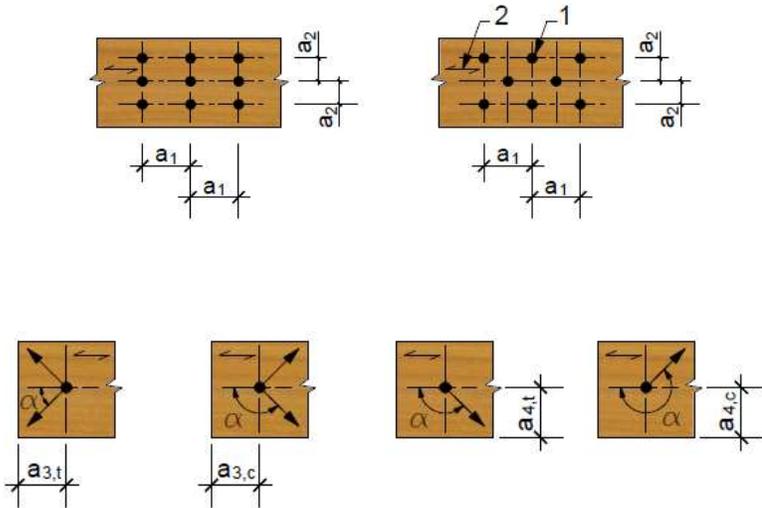
Boulons

$$F_{ax,k} = \min \begin{cases} 0,9 \times f_{u,k} \times A_s \\ A_{effective,rondelle} \times 3 \times f_{c,90,k} \end{cases}$$

Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

- Organes de type tige : distances aux bords et espacements entre organes (suivant EC5)



| Espacements et distances | Angle effort / fil du bois | Pointes, vis | | | Boulons |
|--|---|---|---|---|---|
| | | Sans pré-perçage | | Avec pré-perçage | |
| | | $\rho \leq 420 \text{ kg/m}^3$ | $420 < \rho \leq 500 \text{ kg/m}^3$ | | |
| a_1 (parallèle au fil) | $0 \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $d < 5 \text{ mm} :$ $(5+5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(5+7 \cos \alpha) d$ | $(7+8 \cos \alpha) d$ | $(4+ \cos \alpha) d$ | $(4+ \cos \alpha) d$ |
| a_2 (perpendiculaire au fil) | | $5 d$ | $7 d$ | $(3+ \sin \alpha) d$ | $4 d$ |
| $a_{3,t}$ (distance d'extrémité chargée) | $-90 \leq \alpha \leq 90^\circ$ | $(10+5 \cos \alpha) d$ | $(15+5 \cos \alpha) d$ | $(7+5 \cos \alpha) d$ | $\max(7 d ; 80 \text{ mm})$ |
| $a_{3,c}$ (distance d'extrémité non chargée) | $90 \leq \alpha < 150^\circ$ $150 \leq \alpha < 210^\circ$ $210 \leq \alpha \leq 270^\circ$ | $10 d$ | $15 d$ | $7 d$ | $(1+6 \sin \alpha) d$ $4 d$ $(1+6 \sin \alpha) d$ |
| $a_{4,t}$ (distance de rive chargée) | $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$ | $d < 5 \text{ mm} :$ $(5+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(5+5 \sin \alpha) d$ | $d < 5 \text{ mm} :$ $(7+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(7+5 \sin \alpha) d$ | $d < 5 \text{ mm} :$ $(3+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm} :$ $(3+4 \sin \alpha) d$ | $\max [(2+2 \sin \alpha) d ; 3 d]$ |
| $a_{4,c}$ (distance de rive non chargée) | | $180 \leq \alpha \leq 360^\circ$ | $5 d$ | $7 d$ | $3 d$ |

Pour certaines vis, auto-perceuses, il est possible d'appliquer les espacements et distances minimaux pour pointes et vis avec avant-trou sans nécessité de pré-percer. Ces dispositions sont données dans l'ETE du fabricant.

Dans le cas des assemblages bois/panneaux les valeurs minimales d'espacements entre organes a_1 et a_2 données dans le tableau précédent sont à multiplier par 0,85.

Les distances aux bords restent inchangées à l'exception des panneaux de contreplaqué où celles-ci peuvent être prises égales à $7d$ pour les rives chargées et $3d$ pour les rives non chargées.

Dans le cas des assemblages bois/métal, les valeurs minimales d'espacements entre organes a_1 et a_2 données dans le tableau précédent sont à multiplier par 0,7.

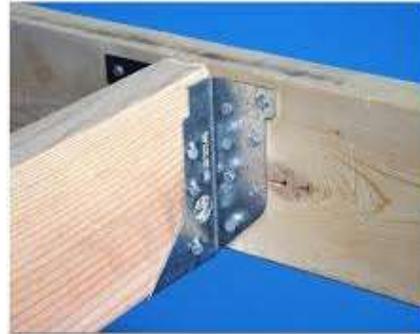
Assemblages des structures bois

Assemblages par organes métalliques

• Assembleurs 3D et surfaciques

Les assembleurs 3D comprennent :

- les sabots et étriers



- les équerres



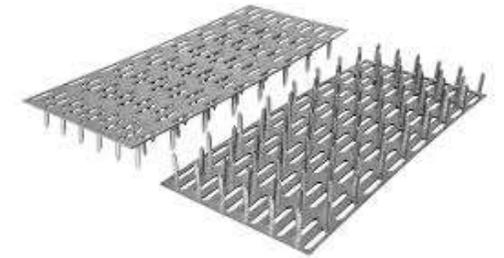
- les pieds de poteaux



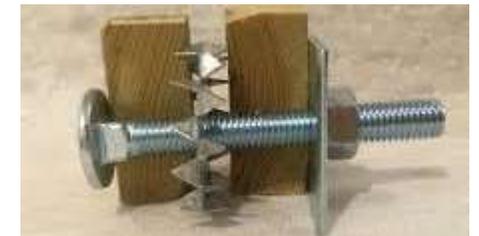
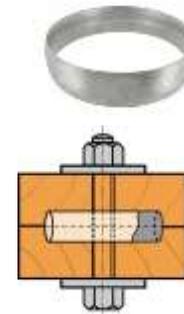
Marquage CE suivant ETE

Les assembleurs « surfaciques » comprennent :

- les plaques embouties ou connecteurs
NF EN 1059 – EN 14545 (Marquage CE)



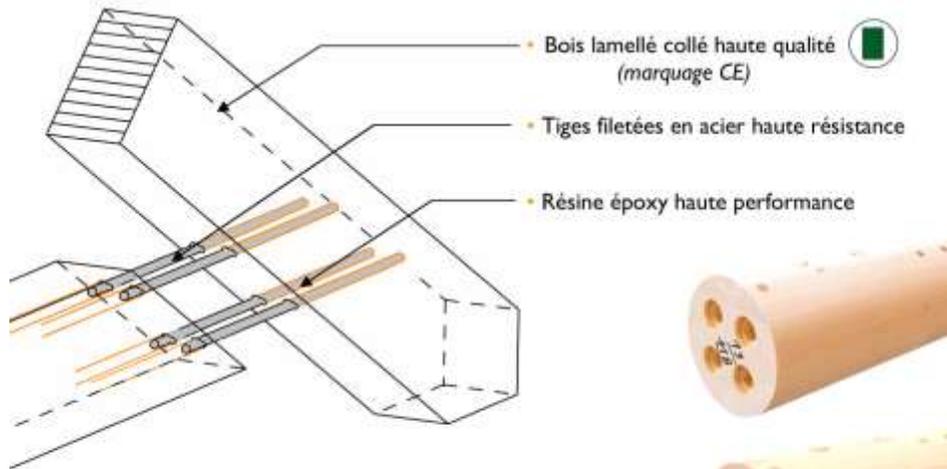
- les anneaux et crampons
NF EN 912 – EN 14545 (Marquage CE)



Assemblages des structures bois

Assemblages par goujons collés

Procédé sous Avis Technique



Bois / Métal



Bois / Bois



Tridimensionnel
Bois / Métal



Source Simonin



Bois en situation d'incendie

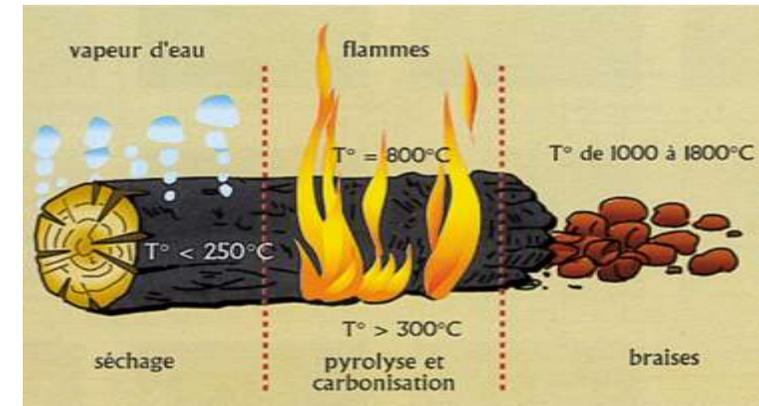
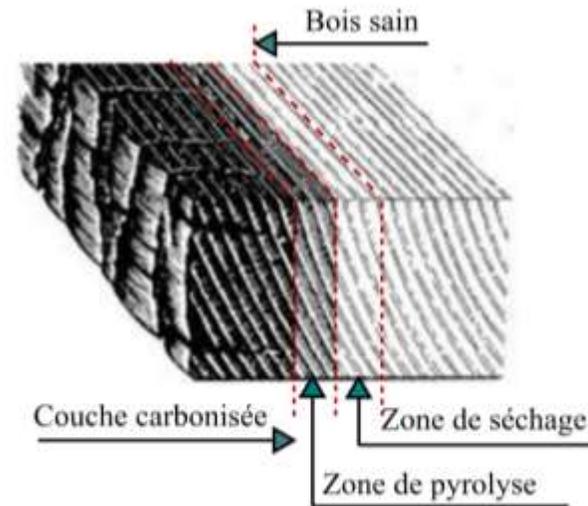
Constructions bois en situation d'incendie

Comportement du bois au feu

La dégradation thermique du matériau bois se déroule en 3 phases :

1. le séchage : évaporation de l'eau libre puis de l'eau liée, jusqu'à environ 110°C.
2. la pyrolyse : à partir de 300°C, décomposition chimique du matériau, libération de gaz inflammables et formation d'une couche carbonisée (20% à 25% de la masse initiale du bois).
3. la combustion : après consommation des gaz, combustion lente sans flamme des résidus solides carbonés

La couche carbonisée (nettement moins dense donc beaucoup plus isolante que le bois) et la présence du front de vapeur freinent la combustion et protègent le bois sain qui conserve ses propriétés.



Structures en bois en situation d'incendie

Réglementation incendie

Objectifs principaux :

- Éviter la naissance et/ou la propagation du feu
- Assurer la sécurité et l'évacuation des personnes pendant l'incendie
- Faciliter l'accès et l'intervention des secours

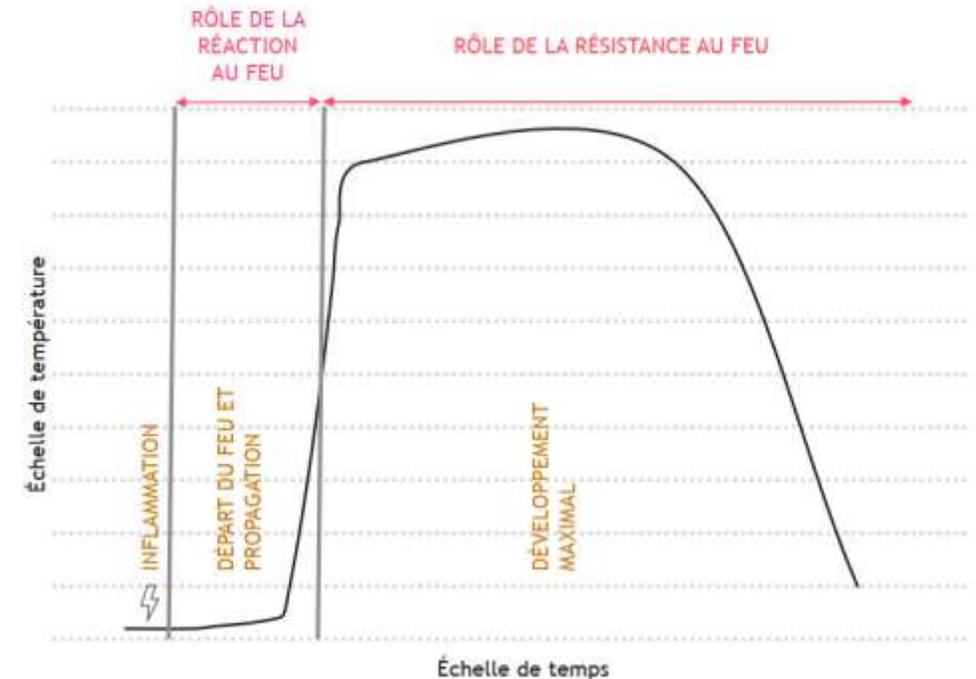
2 notions essentielles en réglementation incendie pour les produits de construction

Réaction au feu : (Arrêté du 21/11/2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement)

Définit le comportement d'un matériau mis en œuvre qui, en présence d'une flamme ou d'une élévation de température, apporte ou non un aliment au foyer d'incendie et à sa propagation.

Résistance au feu (Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages) :

Exprime le temps pendant lequel un élément de construction (mur, plancher, cloison, etc.) soumis à un incendie, conserve les caractéristiques suffisantes lui permettant d'assurer la fonction à laquelle il est destiné.



Constructions bois en situation d'incendie

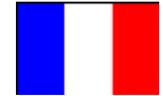
Réaction au feu : Classement du produit en fonction de ses caractéristiques de réaction au feu définies par des essais normalisés.

Dans la réglementation française :

- Arrêté du 30 juin 1983 « portant classification des matériaux de construction et d'aménagement selon leur réaction au feu et définition des méthodes d'essais » : **classement M**

- Classification française bâtiment (ancienne réglementation en cours de remplacement par la réglementation européenne)

| | |
|-----------|---------------------------|
| M0 | Incombustible |
| M1 | Non inflammable |
| M2 | Difficilement inflammable |
| M3 | Moyennement inflammable |
| M4 | Facilement inflammable |



- Arrêté du 21 novembre 2002 modifié « relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement » renvoie aux méthodes d'essais harmonisées au niveau européen et au système de classement associé « **Euroclasses** » pour les produits de construction

- Classification européenne

L'expression des **Euroclasses** se présente comme suit :

D - s2, d0



Contribution au feu :
Codification de A à F en fonction de la réaction au feu (A étant le meilleur classement)

Opacité des fumées (quantité et vitesse) notée s pour « smoke » :
- s1 : faible quantité/vitesse
- s2 : moyenne quantité/vitesse
- s3 : haute quantité/vitesse

Gouttelettes et débris enflammés notés d pour « droplets » :
- d0 : aucun débris
- d1 : aucun débris dont l'enflamment dure plus de 10 secondes
- d2 : ni d0 ni d1

Et un paramètre de non propagation latérale du front de flamme (LFS)

Constructions bois en situation d'incendie

Réaction au feu : Critères de classification

| Symbole | Caractéristique |
|--------------|---|
| ΔT | Élévation de température |
| Δm | Perte de masse |
| t_f | Durée de l'inflammation |
| PCS | Pouvoir calorifique supérieur |
| FIGRA | Accélération de la production énergétique |
| THR_{600s} | Dégagement thermique total |
| LFS | Propagation de flamme latérale |
| SMOGRA | Accélération de la production de fumée |
| TSP_{600s} | Emission de fumée totale |
| Fs | Propagation de flamme |

NF EN ISO 1182



A1 ou A1_{fl}
A2 ou A2_{fl}

NF EN ISO 1716

NF EN ISO 9239-1 (Panneau radiant)



B ou B_{fl}
C ou C_{fl}
D ou D_{fl}

NF EN 13823 (SBI)

NF EN ISO 11925-2 (Allumabilité)

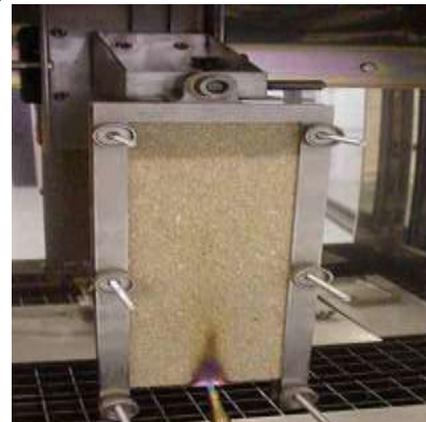


E ou E_{fl}
F ou F_{fl}

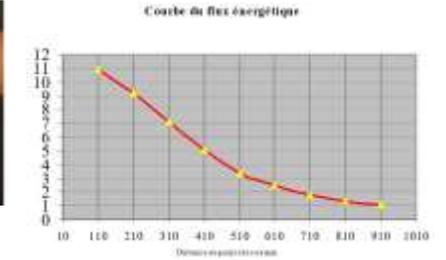
Essai d'allumabilité à la petite flamme

Temps d'exposition : 15 s (E) ou 30 s (D → SBI)

Résultat hauteur de flammes Fs ≤ 150 mm

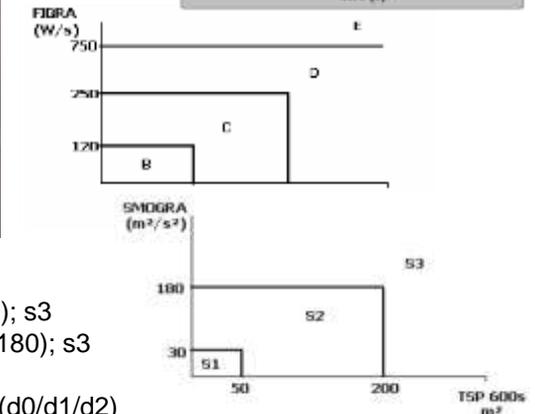
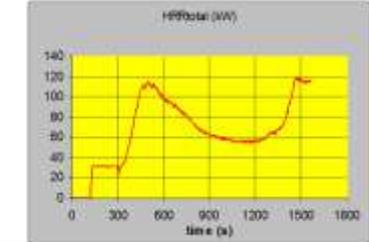


Essai Panneau radiant (sols)



| Classe | Critère de classification | Classification supplémentaire |
|----------------|---|-------------------------------|
| B _e | Flux critique ≥ 8.0 KW / m ² | s1 ≤ 750 % min |
| C _e | Flux critique ≥ 4.5 KW / m ² | |
| D _e | Flux critique ≥ 3.0 KW / m ² | sinon s2 |

Essai SBI – « Single Burning Item » objet isolé en feu



Contribution fumigène :

$TSP_{600s}(m^2)$: s1(50); s2(200); s3

$SMOGRA(m^2/s^2)$: s1(30); s2(180); s3

Propagation latérale (LFS)

Gouttes/débris enflammés (d0/d1/d2)

Constructions bois en situation d'incendie

Réaction au feu : Correspondance Euroclasses → Classement M règlements sécurité incendie

produits murs et plafonds

| CLASSES SELON NF EN 13501-1 | | | EXIGENCE |
|---|--------------------------------|--------------|----------------------|
| A1 | - | - | Incombustible |
| A2 | s1 | d0 | M0 |
| A2 | s1 | d1 (1) | M1 |
| A2 | s2 s3 | d0 d1 (1) | |
| B | s1 s2 s3 | d0 d1 (1) | |
| C (3) | s1 (2) (3) s2 (3) s3 (3) | d0 d1 (1) | M2 |
| D | s1 (2) s2 s3 | d0 d1 (1) | M3 |
| | | | M4 (non gouttant) |
| Toutes classes (2) autres que E-d2 et F | | | M4 |

sols

| CLASSES SELON NF EN 1350-1 | | EXIGENCE |
|----------------------------|--------------|---------------|
| A1 _{fl} (1) | - | Incombustible |
| A2 _{fl} (1) | s1 | M0 |
| A2 _{fl} (1) | s2 | M3 |
| B _{fl} (1) | s1 | |
| C _{fl} (1) | s2 | |
| D _{fl} (1) | s1 (1) s2 | M4 |

- (1) Le niveau de performance s1 dispense de fournir les informations prévues par l'arrêté du 4 novembre 1975, modifié portant réglementation de l'utilisation de certains matériaux et produits dans les établissements recevant du public et l'instruction du 1er décembre 1976 s'y rapportant

(1) Le niveau de performance d1 est accepté uniquement pour les produits qui ne sont pas thermofusibles dans les conditions de l'essai.

(2) Le niveau de performance s1 dispense de fournir les informations prévues par l'arrêté du 4 novembre 1975 modifié portant réglementation de l'utilisation de certains matériaux et produits dans les établissements recevant du public et l'instruction du 1er décembre 1976 s'y rapportant.

(3) Admissible pour M1 si non substantiel au sens de la définition de l'annexe 1.

Constructions bois en situation d'incendie

Réaction au feu : Classement conventionnel

Classements indiqués dans la norme produit correspondante

Bois massif (NF EN 14081)

| Produit ^a | Détail du produit | Masse volumique moyenne minimale ^c (kg/m ³) | Épaisseur minimale hors tout (mm) | Classe ^b (à l'exclusion des revêtements de sol) |
|----------------------|---|---|--------------------------------------|---|
| Bois de structure | Bois de structure classé visuellement ou par machine, à section rectangulaire, façonné par sciage, rabotage ou par d'autres méthodes, ou à section ronde, | 350 | 22 | D-s2, d0 |

Bois lamellé-collé (NF EN 14080)

| Produit | Description détaillée du produit | Masse volumique moyenne minimale ^b kg/m ³ | Épaisseur minimale hors-tout (mm) | Classe ^c (à l'exclusion des revêtements de sol) |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|---|
| Bois lamellé-collé | Produits en bois lamellé-collé conformes à la présente Norme européenne EN 14080 | 380 | 40 | D-s2, d0 |

^a S'applique à toutes les essences couvertes par les normes de produit.
^b Conditionné conformément à l'EN 13238.
^c Classe figurant dans le Tableau 1 de l'Annexe à la Décision 2000/147/CE.

Panneaux à base de bois (NF EN 13986)

| Produit | Norme de produit EN | Condition d'utilisation finale ^f | Masse volumique minimale (kg/m ³) | Épaisseur minimale (mm) | Classe ^g (à l'exclusion des planchers) | Classe ^h (planchers) |
|---|----------------------|--|--|----------------------------|--|------------------------------------|
| Panneaux de particules liées au ciment ^a | EN 634-2 | sans lame d'air à l'arrière du panneau | 1 000 | 10 | B-S1,d0 | B _{fl} -s1 |
| Panneau de fibres, dur ^a | EN 622-2 | | 900 | 6 | D-s2,d0 | D _{fl} -s1 |
| Panneau de fibres, dur ^a | EN 622-2 | avec une lame d'air fermée ne dépassant pas 22 mm à l'arrière du panneau à base de bois | 900 | 6 | D-s2,d2 | — |
| Panneau de particules ^{a b e} | EN 312 | sans lame d'air à l'arrière du panneau à base de bois | 600 | 9 | D-s2,d0 | D _{fl} -s1 |
| Panneau de fibres, dur et mi-dur ^{a b e} | EN 622-2 EN 622-3 | | | | | |
| MDF ^{a b e} | EN 622-5 | | | | | |
| OSB ^{a b e} | EN 300 | | | | | |
| Contreplaqué ^{a b e} | EN 636 | | | | | |
| Bois panneauté ^{a b e} | EN 13353 | | | | | |
| Panneau de particules de lin ^{a b e} | EN 15197 | | | | | |
| Panneau de particules ^{c e} | EN 312 | avec une lame d'air fermée ou ouverte ne dépassant pas 22 mm à l'arrière du panneau à base de bois | 600 | 9 | D-s2,d2 | — |
| Panneau de fibres, dur et mi-dur ^{c e} | EN 622-2 EN 622-3 | | | | | |
| MDF ^{c e} | EN 622-5 | | | | | |
| OSB ^{c e} | EN 300 | | | | | |
| Contreplaqué ^{c e} | EN 636 | | | | | |
| Bois panneauté ^{c e} | EN 13353 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | 12 | | | |

Constructions bois en situation d'incendie

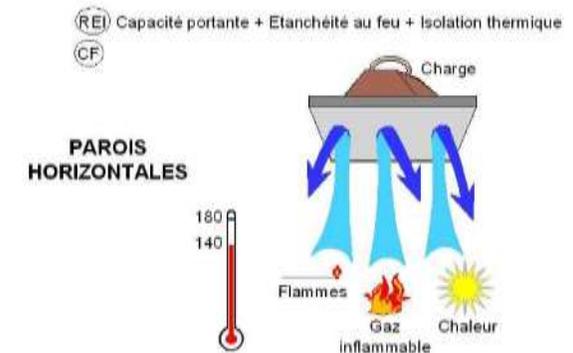
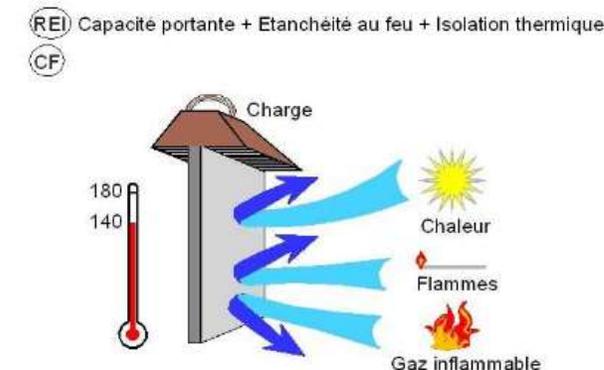
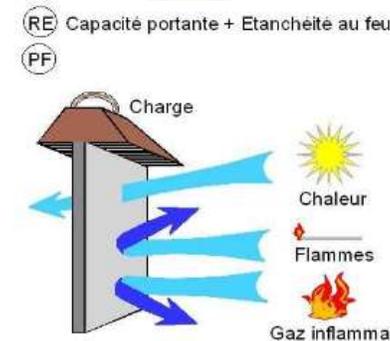
Résistance au feu :

Pour une exposition standard au feu, la capacité d'un élément à conserver ses propriétés pendant un temps donné est déterminée en fonction des critères de performance suivants :

- Élément à fonction porteuse : **critère R** (résistance mécanique)
 - Le critère R est satisfait s'il y a maintien de la fonction porteuse.

NOTE : Une structure bois est réputée satisfaisant ce critère R pendant 15 minutes avec un calcul à froid.

- Élément à fonction séparative : **critère E** (Étanchéité aux flammes et aux gaz chauds inflammables) et éventuellement **critère I** (Isolation thermique) en complément de E ou RE
 - Le critère E n'est plus satisfait si :
 - Inflammation de coton hydrophile à proximité de
 - Ouverture (calibre défini)
 - Passage de flammes en face non exposée
 - Le critère I est satisfait si la variation de température ΔT sur la surface non exposée
 - < 140° en moyenne
 - < 180° en tout point



Constructions bois en situation d'incendie

Résistance au feu : Justifications

Suivant l'Arrêté du 22 mars 2004 par une ou plusieurs des approches suivantes :

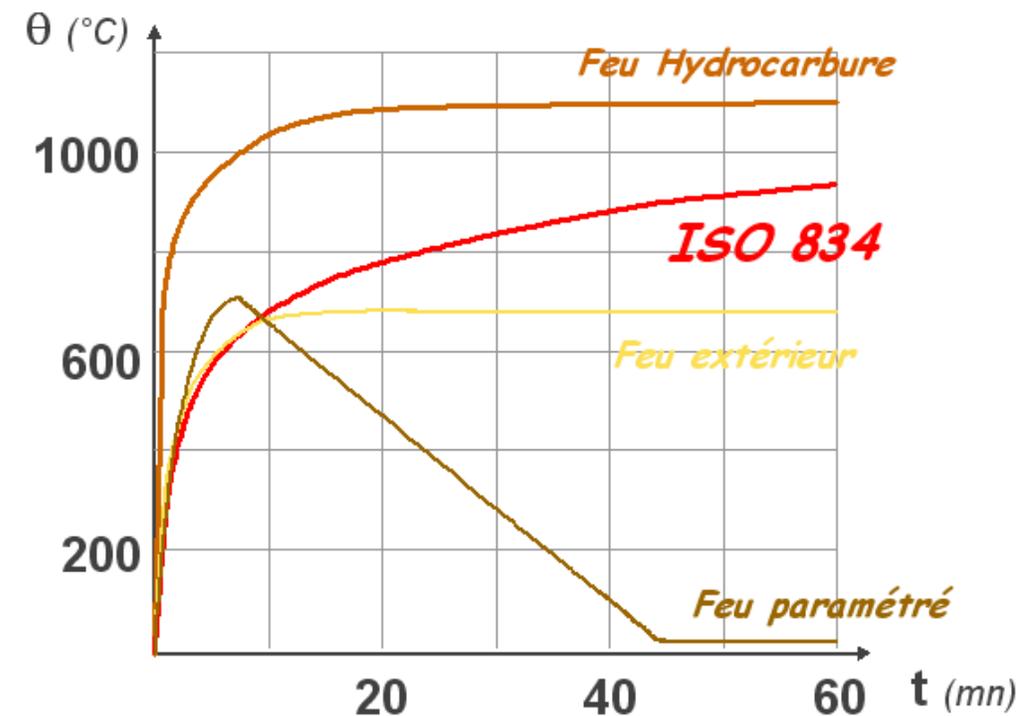
- **essai conventionnel** donnant lieu à un domaine d'application directe, conformément à l'annexe 1 de l'arrêté
- **méthode de calcul et règle de dimensionnement**, selon l'annexe 2 [NF EN 1991-1-2, NF EN 1995-1-2 et leurs annexes nationales pour les structures bois] ;
- référence à un procédé de fabrication ou de construction approuvé, dont la liste figure en annexe 3 de l'arrêté;
- **appréciation de laboratoire agréé**, établie selon l'annexe 4 de l'arrêté.

Action thermique :

courbes nominales température/temps

- Courbe **feu normalisé ISO 834** $\Theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$
- Courbe de **feu extérieur** $\Theta_g = 20 + 660 (1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t})$
- Courbe de **feu hydrocarbure** $\Theta_g = 20 + 1280 (1 - 0,325 e^{-0,167t} - 0,675 e^{-2,5t})$

+ modèle de feu paramétrique ou naturel (courbe dépendant des paramètres physiques définissant les conditions à l'intérieur du bâtiment, avec phase de décroissance)



Constructions bois en situation d'incendie

Résistance au feu : Justifications par calcul EC5 (Partie 1-2)

On vérifie, pour la durée d'exposition au feu exigée « t » que :

avec

$$E_{d,fi} < R_{d,t,fi}$$

$E_{d,fi}$ valeur de calcul de l'effet des actions en situation de feu

$R_{d,t,fi}$ valeur de calcul de la résistance correspondante en situation de feu

Combinaisons d'actions en situation accidentelle d'incendie :

$$G_k + A_d + \psi_{1,p} \cdot Q_p + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \longrightarrow E_{d,fi}$$

Approche simplifiée

Eurocode 5 Partie 1-2 (NF EN 1995-1-2) : possibilité de détermination simplifiée de l'effet des actions à partir de l'analyse « à froid » selon :

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} \times E_d$$

η_{fi} : facteur de réduction pour la valeur de calcul de l'action en situation de feu.

$\eta_{fi} = 0,7$ (suivant Annexe Nationale française)

Résistances de calcul en situation incendie :

$$R_{fi,d} = \frac{k_{mod,fi} \times k_{fi} \times R_k}{\gamma_{M,fi}}$$

$$k_{mod,fi} = 1$$

$$R_k$$

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

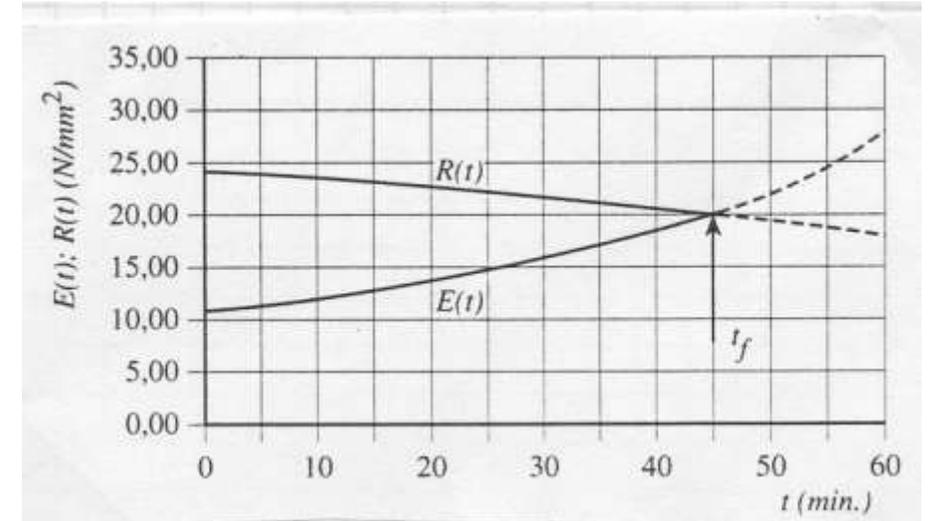
$$k_{fi}$$

coefficient de modification en situation incendie

propriété caractéristique « à froid »

coefficient de sécurité sur le matériau (accidentel)

coefficient qui ramène au fractile à 20%



| | K_{fi} |
|--|----------|
| Bois massif | 1,25 |
| Bois lamellé collé Panneaux à base de bois | 1,15 |
| LVL | 1,1 |
| Assemblages en cisaillement avec éléments latéraux en bois (ou panneaux) | 1,15 |
| Assemblages en cisaillement avec éléments latéraux en métal | 1,05 |
| Assemblages en traction axiale | 1,05 |

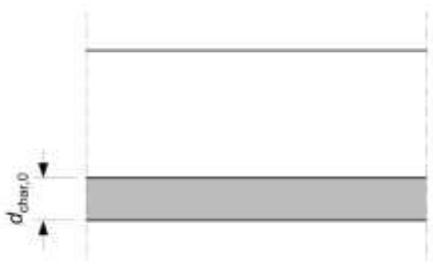
Constructions bois en situation d'incendie

Résistance au feu : Justifications par calcul EC5 (Partie 1-2)

Profondeur de carbonisation dépend des **vitesses de combustion**, différentes pour :

- des surfaces non protégées pendant la durée d'exposition au feu ;
- des surfaces initialement protégées avant rupture de la protection ;
- des surfaces initialement protégées et exposées au feu après rupture de la protection.

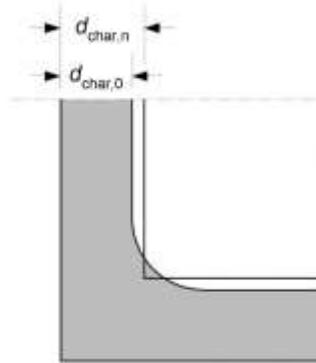
Vitesse de combustion unidirectionnelle β_0



Pas d'influence des coins, fentes, etc ...

$$d_{char,0} = \beta_0 \times t$$

Vitesse de combustion fictive β_n



Prise en compte des effets des coins, fentes, etc...

$$d_{char,n} = \beta_n \times t$$

| | β_0 mmr/min | β_n mmr/min |
|--|----------------------|----------------------|
| a) Résineux et hêtre | | |
| Bois lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| Bois massif avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,8 |
| b) Bois feuillu | | |
| Feuillu massif ou lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| Feuillu massif ou lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ | 0,50 | 0,55 |
| c) LVL avec une masse volumique caractéristique $\geq 480 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| d) Panneaux | | |
| Panneautage bois | 0,9 ^{a)} | — |
| Contreplaqué | 1,0 ^{a)} | — |
| Panneaux à base de bois autres que contreplaqué | 0,9 ^{a)} | — |

a) Les valeurs s'appliquent pour une masse volumique caractéristique de 450 kg/m^3 et une épaisseur de panneau de 20 mm ou plus, voir 3.4.2(8) pour d'autres valeurs d'épaisseur et de masse volumique.

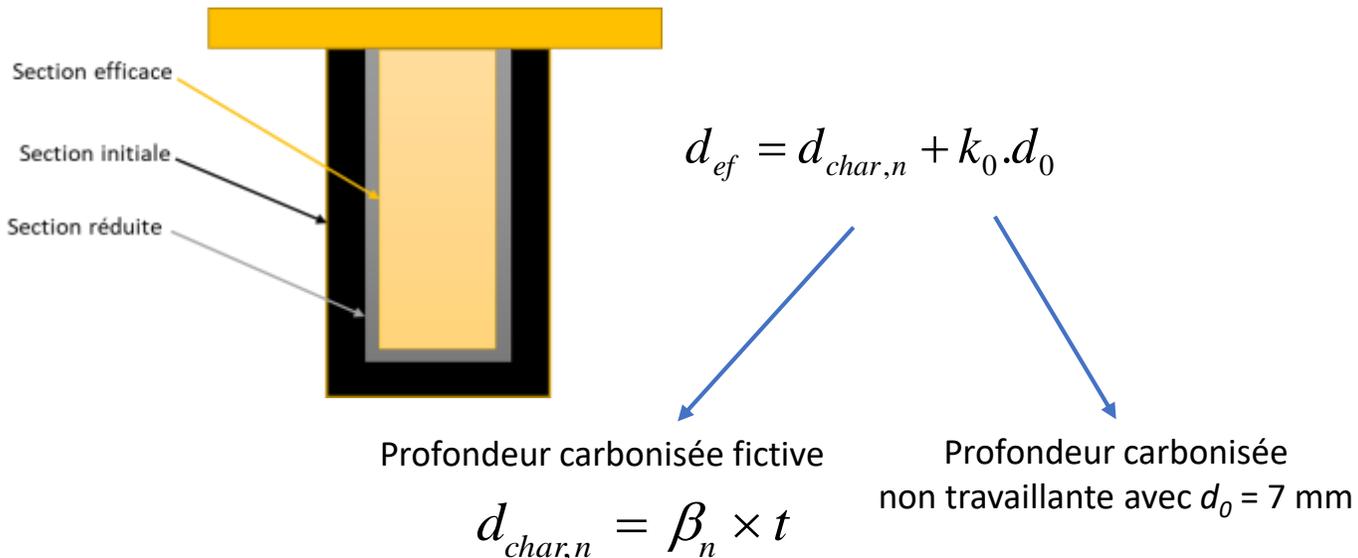
Structures en bois en situation d'incendie

Résistance au feu : Justifications par calcul EC5 (Partie 1-2)

Méthode de la section réduite

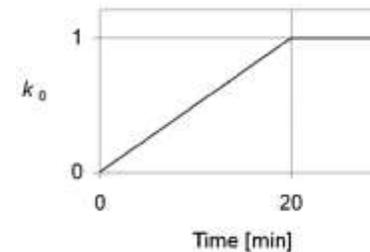
Détermination d'une section réduite par « retrait » d'une profondeur de carbonisation

La justification s'effectue en considérant la section efficace de l'élément bois. La section efficace est obtenue en réduisant la section initiale de la profondeur de carbonisation efficace d_{ef} . Cette réduction de section ne s'applique qu'aux faces exposées.

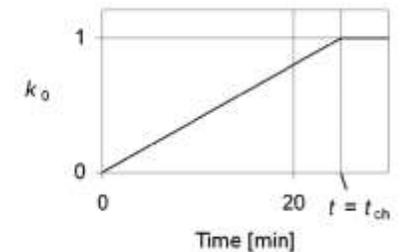


Détermination du coefficient k_0

Non protégés



initialement protégés



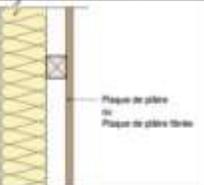
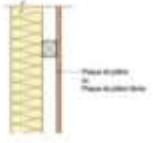
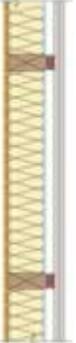
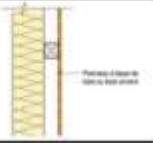
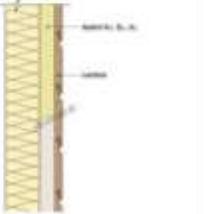
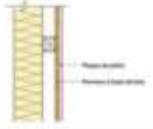
| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| Faces non protégées ou protégées avec $t_{ch} < 20$ minutes | $t_{fi,req} < 20$ min | $k_0 = t_{fi,req} / 20$ |
| | $t_{fi,req} \geq 20$ min | $k_0 = 1$ |
| Faces protégées avec $t_{ch} \geq 20$ minutes | $t_{fi,req} < t_{ch}$ | $k_0 = t_{fi,req} / t_{ch}$ |
| | $t_{fi,req} \geq t_{ch}$ | $k_0 = 1$ |

Constructions bois en situation d'incendie

Résistance au feu : Justifications par dispositions constructives suivant EC5 (Partie 1-2) - AN

Annexe Nationale - annexe A: solutions « clé en main » REI 15 / 30 / 60

Parois verticales (murs)

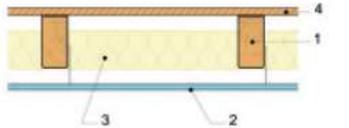
| Exigences | Panneaux de protection (épaisseur minimale) | Schéma de principe | Exigences | Panneaux de protection (épaisseur minimale) | Schéma de principe | Performance | Matériaux | Montage |
|-----------------------|--|---|--|---|--|--|--|---|
| REI 15 ou EI 15 | 1 plaque de plâtre BA 13 - A (12,5 mm) |  <p>Plaque de plâtre BA 13 - A Plaque de plâtre armé de fibres</p> | REI 30 ou EI 30 | 2 plaques de plâtre BA 13 - A (2 x 12,5 mm) montage (a) |  <p>Plaque de plâtre BA 13 - A</p> | REI 60 ou EI 60 | 2 plaques de plâtre BA 18 - D |  |
| | 1 plaque de plâtre armé de fibres (12,5 mm) | | | 1 plaque de plâtre BA 18 D montage (a) | | | 2 plaques de plâtre BA 15 type F | |
| | 1 panneau à base de bois (ignifugé ou non) (16 mm) | 1 plaque de plâtre BA 15 type F montage (a) | | EI 60 | | 1 plaque de plâtre BA 13 - A (12,5 mm) + 1 panneau à base de bois (15 mm) montage (c, e ou f) | 1 plaque de plâtre BA 13 - A + 1 plaque de plâtre BA 18 - D montage (a) | |
| | 1 panneau de particules liées au ciment (12 mm) |  <p>Plaque de plâtre BA 13 - A Panneau à base de bois ignifugé ou pas</p> | 1 panneau à base de bois (25 mm) montage (b) | | | | | |
| | Lambris bois d'épaisseur minimale en tout point de 15 mm |  <p>Plaque de plâtre BA 13 - A Lambris</p> | EI 30 | 1 plaque de plâtre BA 13 - A (12,5 mm) + 1 panneau à base de bois (épaisseur supérieur ou égale à 12 mm) montage (c, e ou f) |  <p>Plaque de plâtre BA 13 - A Panneau à base de bois</p> | | | |

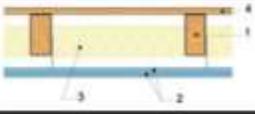
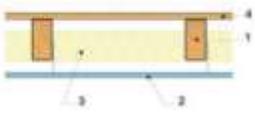
Constructions bois en situation d'incendie

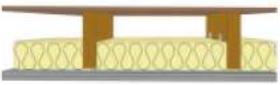
Résistance au feu : Justifications par dispositions constructives suivant EC5 (Partie 1-2) - AN

Annexe Nationale - annexe A: solutions « clé en main » par écran REI 15 / 30 / 60

Parois horizontales (planchers)

| Exigences | Panneaux de protection (2) (épaisseur minimale) | Schéma de principe |
|-----------|---|--|
| REI 15 | 1 plaque de plâtre BA 13 - A (12,5 mm) |  |
| | 1 plaque de plâtre armé de fibres (12,5 mm) | |
| | 1 panneau à base de bois ignifugé ou pas (18 mm) | |
| | 1 plaque de plâtre BA 13 - A (12,5 mm) 1 panneau à base de bois/lambris (épaisseur minimale en tout point à 15 mm) | |

| Exigences | Panneaux de protection (épaisseur minimale) | Schéma de principe |
|-----------|--|---|
| REI 30 | 2 plaques de plâtre BA 13 - A (2 x 12,5 mm) |  |
| | 1 plaque de plâtre BA 18 - D (18) | |
| | 1 plaque de plâtre BA 15 type F (16) |  |
| | 1 panneau à base de bois (ignifugé ou pas) (épaisseur supérieure ou égale à 25 mm) | |

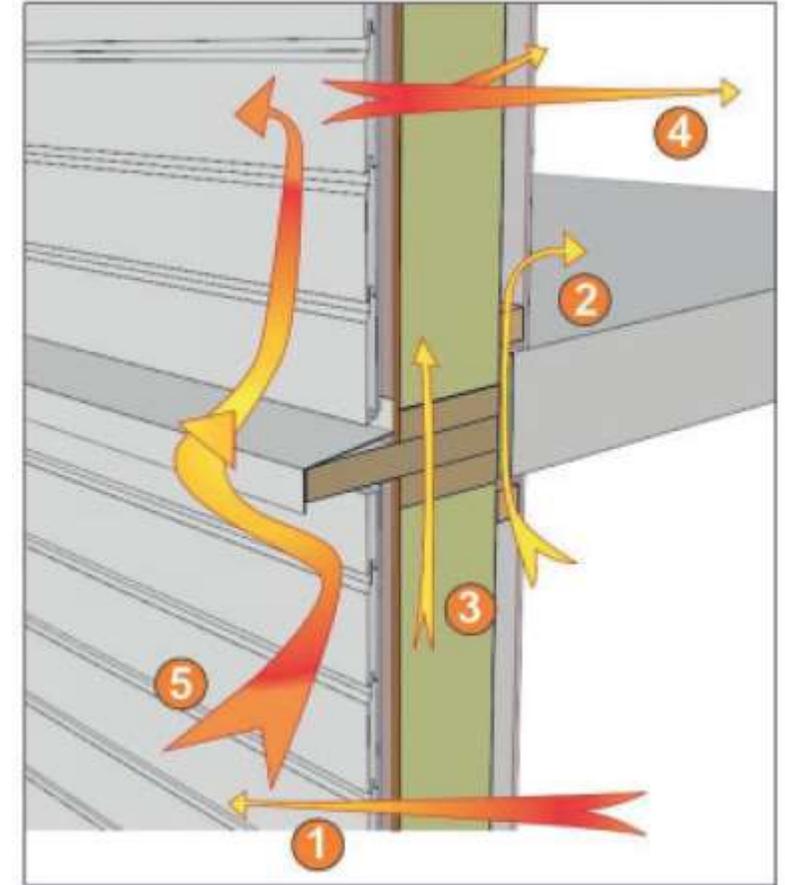
| Performance | Matériaux | Montage |
|-------------|---|--|
| REI 60 | 2 plaques de plâtre BA 18 - D (2 x 18 mm) La première peau est fixée au pas de 300 mm. La seconde peau est posée à joints croisés et fixée au pas de 150 mm. |  |
| | 3 plaques de plâtre BA 15 type F (3 x 15 mm) |  |

Construction bois en situation d'incendie

Limitation de la propagation du feu en façade : IT 249

La réglementation incendie et en particulier l'IT 249 (Arrêté du 24 mai 2010) est basée sur les principes suivants :

1. Exigence de limitation de la sortie du feu de l'intérieur vers l'extérieur : Exigence minimum $E_i \rightarrow o$ (in to out).
2. Exigence de limitation de la migration du feu en nez de dalle dans le cœur de la paroi côté intérieur du panneau écran.
3. Limitation de la propagation verticale au niveau de la lame d'air : Règle C+D avec masse combustible mobilisable calculée sur les matériaux constituant la double peau extérieure.
4. Limitation de la pénétration du feu de l'extérieur vers l'intérieur pour les étages supérieurs : Exigence minimum $E_o \rightarrow i$ (out to in). Sa valeur étant de 30 min quel que soit le bâtiment.
5. Eviter la propagation des flammes le long du bardage.

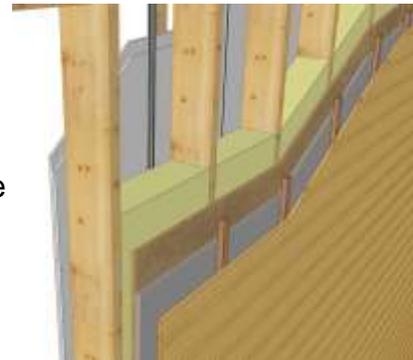


Constructions bois en situation d'incendie

Propagation du feu en façade : Guide Bois Construction



- Ecran thermique : assurer l'exigence Eo->i 30

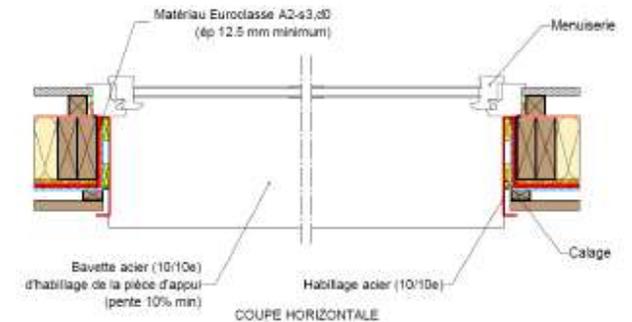


- Masse combustible mobilisable

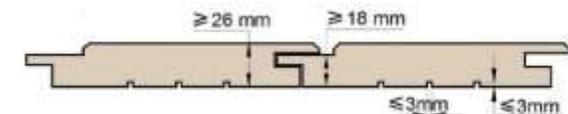
- Isolation de façade

- Jonction façade/planchers

- Traitement des embrasures (tableaux et linteaux)

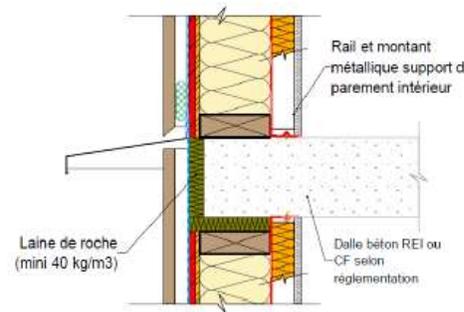
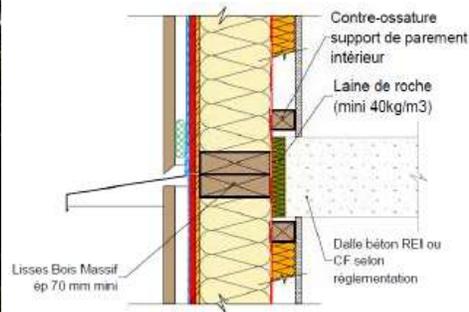
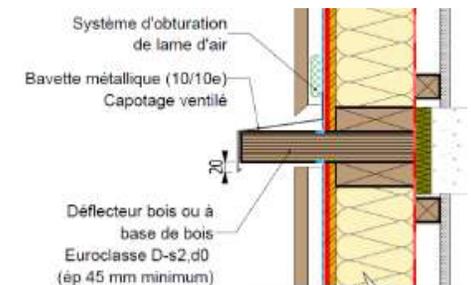


- Choix des revêtements extérieurs en lames de bois massif et en panneaux



- Déflecteurs obligatoire

- Obturateurs de lame d'air





Catalogue construction bois

Un outil d'aide à la conception

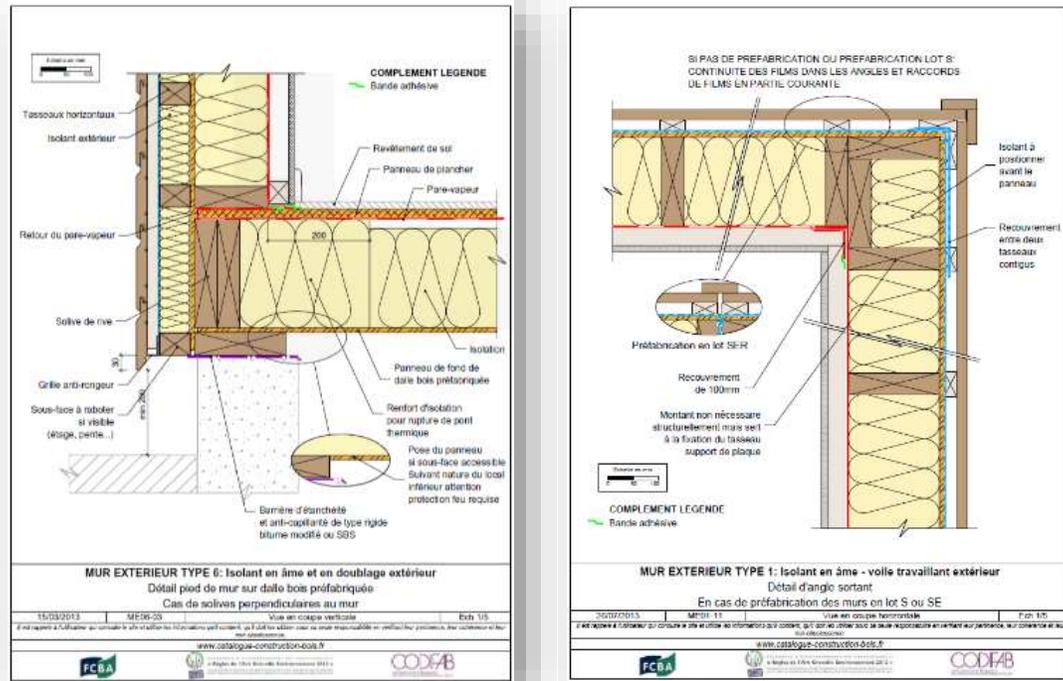
Un outil d'aide à la conception

- Solutions constructives bois
 - Neuf
 - Parois
 - Ouvrages
 - Performances
 - Réhabilitation
- Référentiels techniques
 - « BoisRef »
 - Etudes Codifab
 - Conception CCTP
- Données environnementales
 - Fiches FDES /
 - DEP filière bois
- Fiches Produits Ouvrages Bois
 - Bois de structure, panneaux, revêtements extérieurs, assemblages, préservation et finitions, étanchéité et isolation, revêtements intérieurs, composants de menuiserie, composants de structure



Parois

- Détails techniques : parties courantes, points singuliers



- Caractéristiques techniques : performances feu, acoustique, thermique



Largeur des montants: 145 mm

Doublage intérieur: 0

Doublage extérieur: 0

Rechercher

Nombre de résultats : 15

| | FEU | ACOUSTIQUE | THERMIQUE | | |
|--|-----------------------------------|--|--|---|---|
| Solutions en parement Intérieur | Performances feu en minute | Affaiblissement acoustique aux bruits aériens extérieurs RA, tr en dB | Conductivité thermique (lambda) de l'isolant en W/m.K | Coefficient de transmission thermique Up en W/m2.K | Résistance thermique R en m2.K/W |
| 1 BA 13 | REI 15 | 32 | 0.032 | 0.239 | 3.92 |
| 2 BA 13 | REI 30 | 35 | 0.032 | 0.239 | 3.92 |
| 1 BA 15F | REI 30 | 33 | 0.032 | 0.239 | 3.92 |
| 1 BA 18 | REI 30 | 34 | 0.032 | 0.239 | 3.92 |
| 2 BA 18 | REI 60 | 36 | 0.032 | 0.239 | 3.92 |

Ouvrages



Pour 3 types d'ouvrages

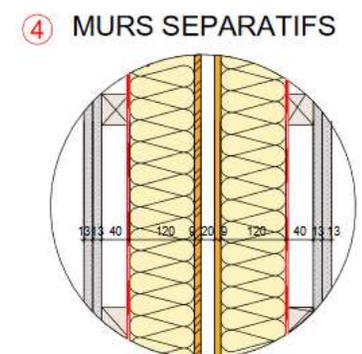
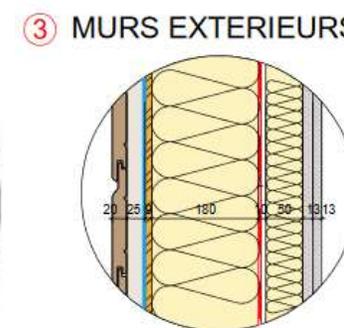
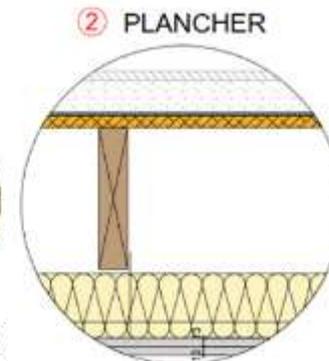
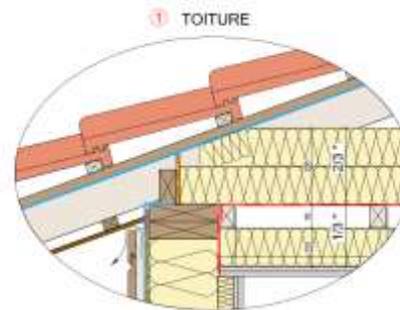
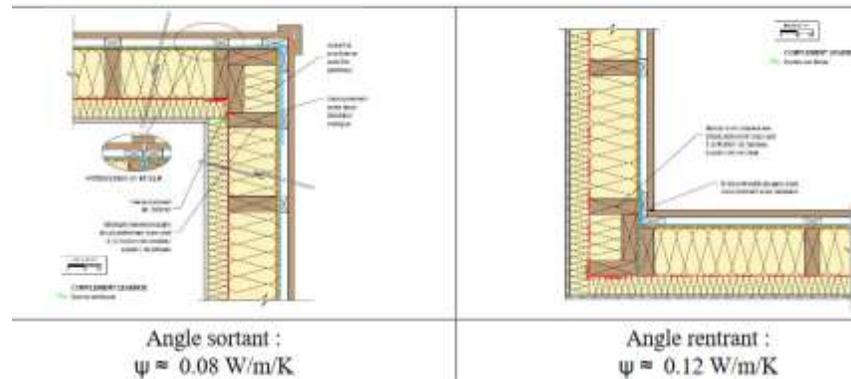
- Maison individuelle
- Bâtiment collectif
- Façade ossature bois

• Rappel des réglementations en vigueur et méthodes de justifications correspondantes

- Thermique
- Acoustique
- Solidité
- Protection Incendie
- Durabilité

• Exemple particulier de conception d'ouvrage

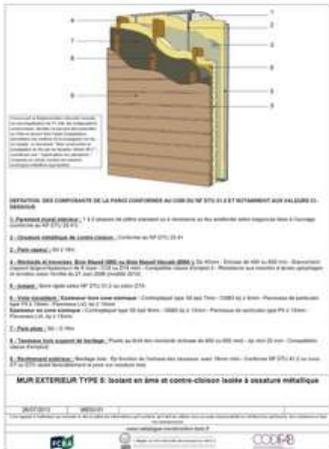
2. VALEUR DES PRINCIPAUX PONTS THERMIQUES



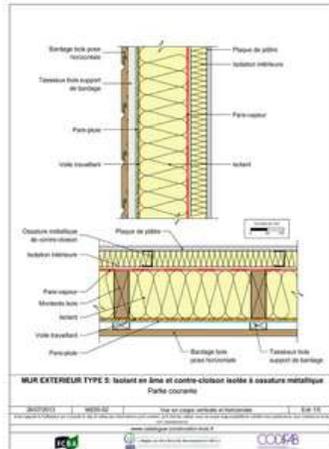
Performances

Outil de recherche de solution type de parois répondant à un certain niveau de performance vis-à-vis des exigences réglementaires :

- Feu
- Acoustique
- Thermique



ME05-01



ME05-02

Largeur des montants : 120 mm
 Doublage extérieur : 0 mm
 Doublage intérieur : 50 mm

| | FEU | ACOUSTIQUE | THERMIQUE | | |
|---------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|
| Solutions en parement intérieur | Performances feu en minute | Affaiblissement acoustique aux bruits aériens extérieurs RA _{tr} en dB | Conductivité thermique (lambda) de l'isolant en W/m.K | Coefficient de transmission thermique U _p en W/m ² .K | Résistance thermique R en m ² .K/W |
| 2 BA 18 | REI 60 | 50 | 0.032 | 0.21 | 4.5 |

Largeur des montants : 145 mm
 Doublage extérieur : 0 mm
 Doublage intérieur : 50 mm

| | FEU | ACOUSTIQUE | THERMIQUE | | |
|---------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|
| Solutions en parement intérieur | Performances feu en minute | Affaiblissement acoustique aux bruits aériens extérieurs RA _{tr} en dB | Conductivité thermique (lambda) de l'isolant en W/m.K | Coefficient de transmission thermique U _p en W/m ² .K | Résistance thermique R en m ² .K/W |
| 2 BA 18 | REI 60 | 50 | 0.038 | 0.213 | 4.43 |

Type de paroi: Murs extérieurs

Feu: Exigence requise en minute: Entre 60 min, Et 90 min

Acoustique: Affaiblissement acoustique bruits aériens extérieurs RA_{tr} en dB: 45 dB - 51 dB

Thermique: Coefficient transmission thermique U_p: 0.202 W/m².K - 0.280 W/m; Résistance thermique R en m².K/W: 3.310 m².K/W - 7.68 m².K/W

Rechercher



Merci de votre attention

avec le soutien du
CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois