



Propriétés mécanique du bois

Université d'Annaba
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département de Génie Mécanique

Propriétés mécanique du
bois C4
MENAIL YOUNES 2019.2020

Propriétés mécanique du bois



sommaire

L'anisotropie du bois

Effet de l'anisotropie

Effet de la densité (humidité)

Ténacité du bois

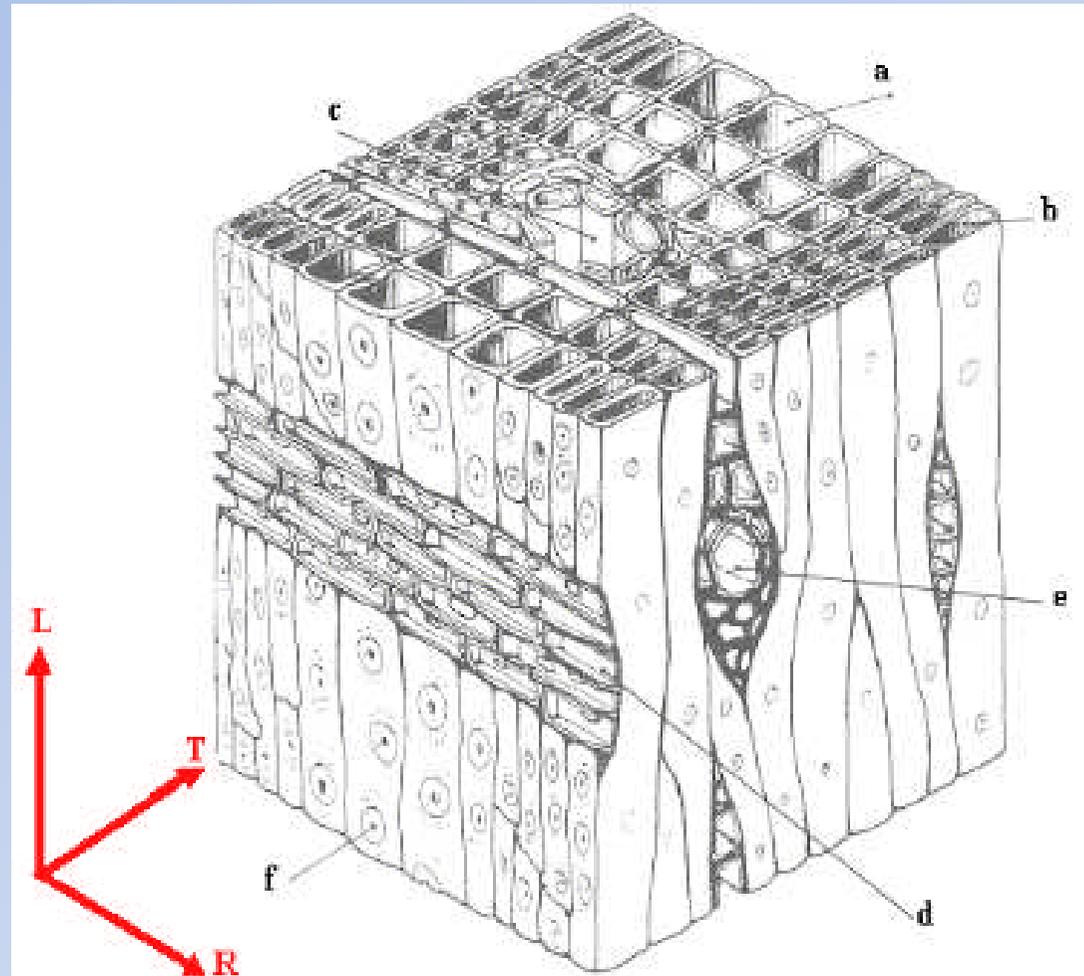
Module d'Young du bois

Propriétés du bois comparé aux autres matériaux
(Propriétés absolue et propriétés/masse volumique).



ANISOTROPIE DU BOIS

Anisotropie du bois: les propriétés mécaniques suivant les différentes directions L, T et R sont différentes



ANISOTROPIE DU BOIS



Résistance et module d'élasticité

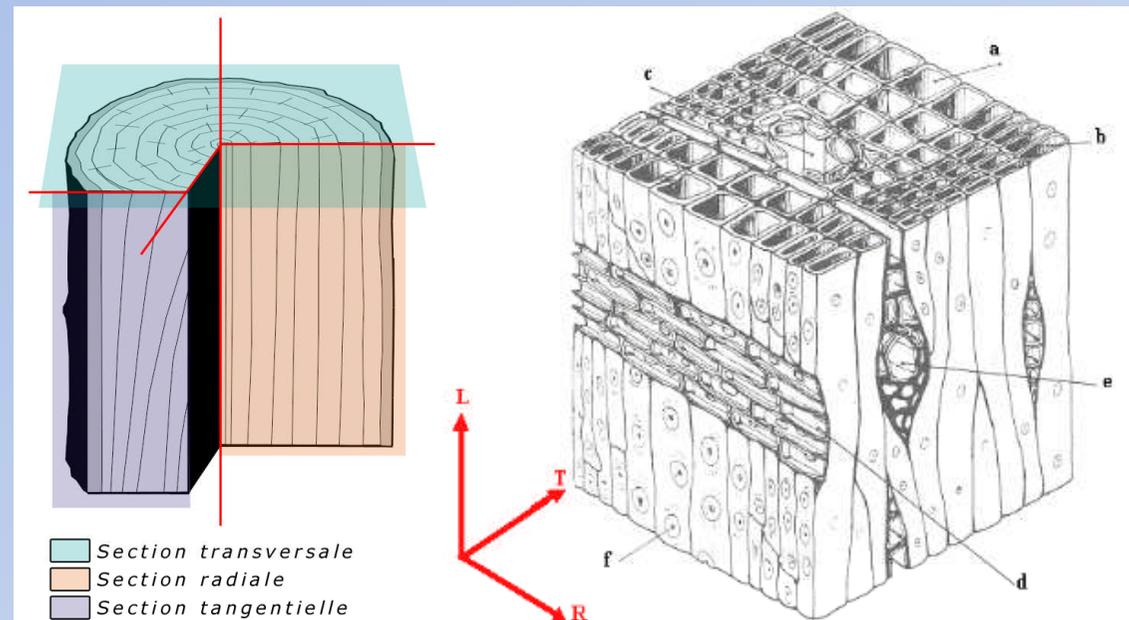
- Forte anisotropie
 - Longitudinal > Radial > Tangentiel
- Variation linéaire en fonction de la densité
- Forte sensibilité par rapport à l'humidité
 - (sauf de la résistance à la traction)
- Forte influence de l'angle des microfibrilles par rapport à la direction L

HUMIDITE



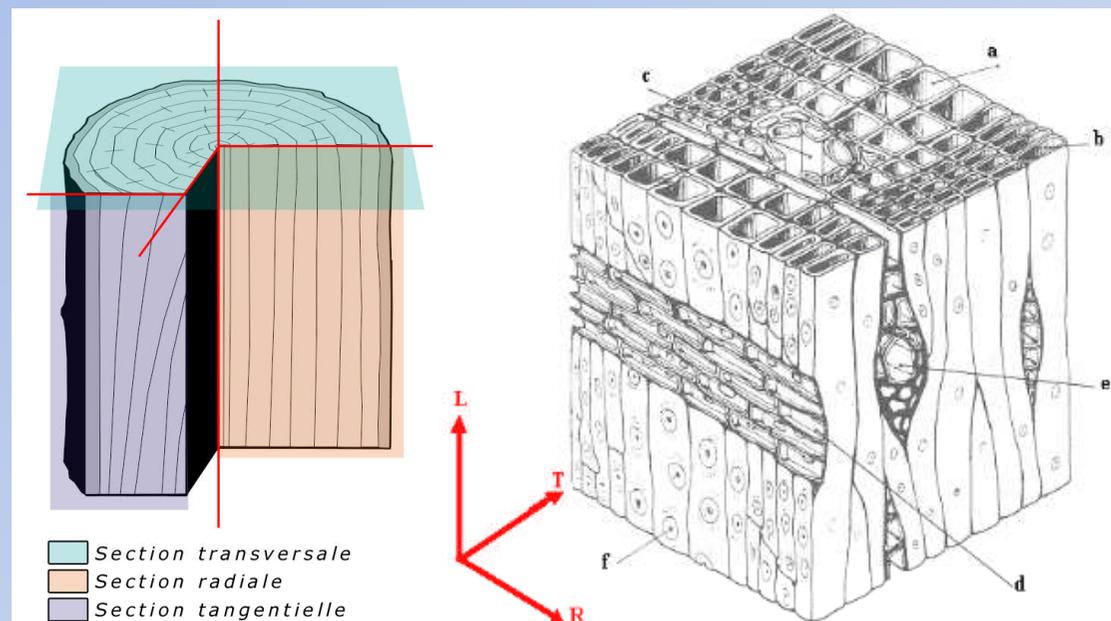
Essence		Conservation à % humidité relative	Masse à sec [g]	Masse humide [g]	Masse d'eau
Résineux	Sapin	0	154,49	155	0,51
		70	154,47	171,8	17,33
		90	154,17	191	36,83
	Pin	0	205,55	203,3	2,25
		70	205,92	226,3	20,38
		90	205,12	245,8	40,68
Feuillus	Hêtre	0	224,82	224,3	0,52
		70	224,04	247,5	23,46
		90	223,54	276,9	53,36
	Chêne	0	209,11	206,5	2,61
		70	214,103	234,6	20,497
		90	211,59	255,7	44,11

RETRAIT



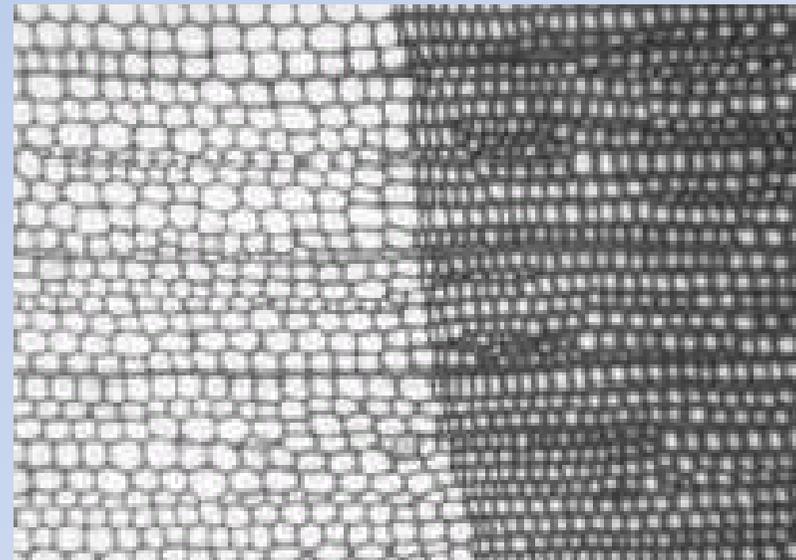
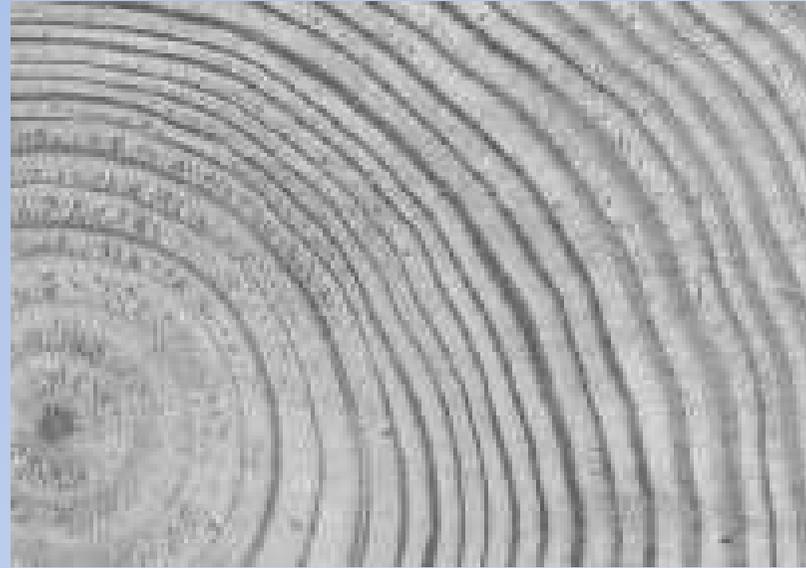
RETRAIT	Échantillon longitudinale	Échantillon radiale	Échantillon tangentielle
Mesure état humide	4.253	4.675	4.052
Mesure état sec	4.245	4.346	3.413
ΔL [mm]	-0.008	-0.329	-0.639
$\Delta L/L$ [%]	0.01	0.41	0.80

GONFLEMENT



GONFLEMENT	Échantillon longitudinale	Échantillon radiale	Échantillon tangentielle
Mesure état sec	1.208	1.875	1.03
Mesure état humide	1.412	2.091	1.404
ΔL [mm]	0.204	0.216	0.374
$\Delta L/L$ [%]	0.26	0.27	0.47

GONFLEMENT



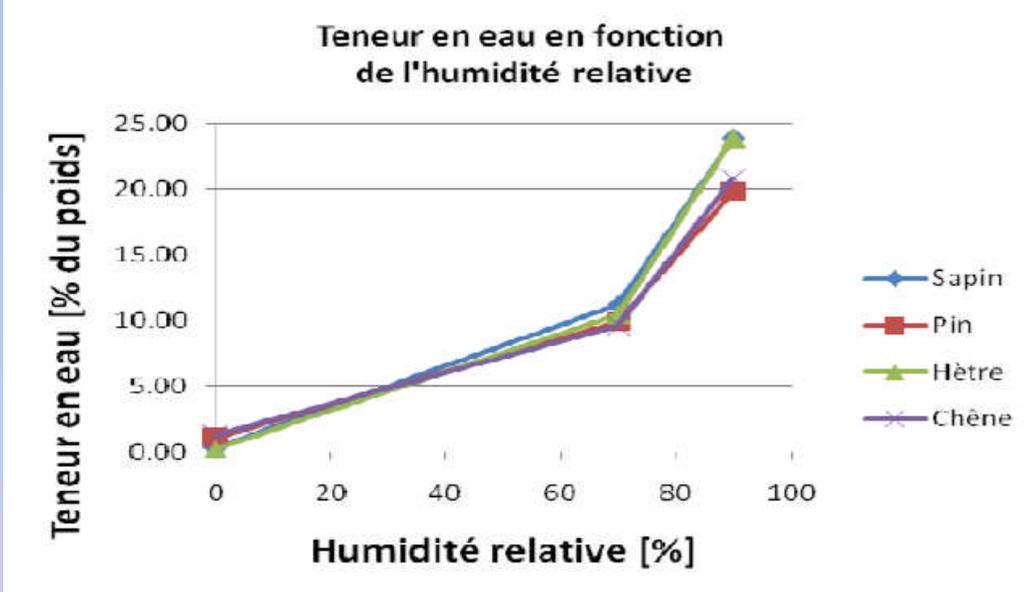
Contraste entre bois d'été et bois de printemps

TENEUR EN EAU



$$w(\%) = \frac{M_w - M_0}{M_0} \times 100$$

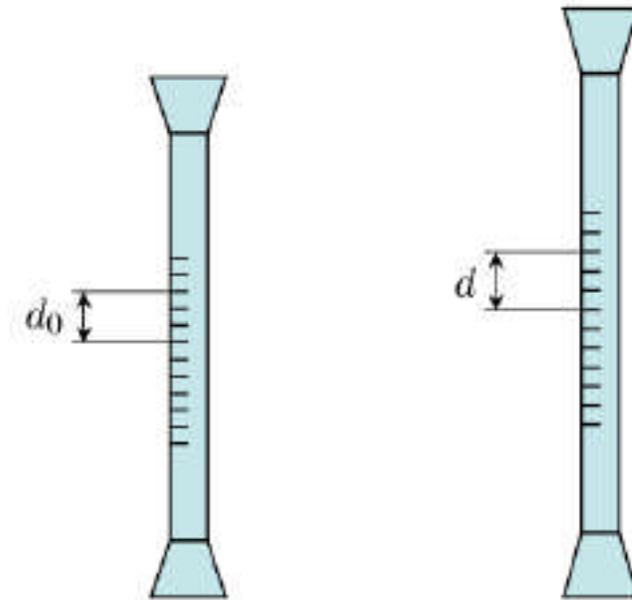
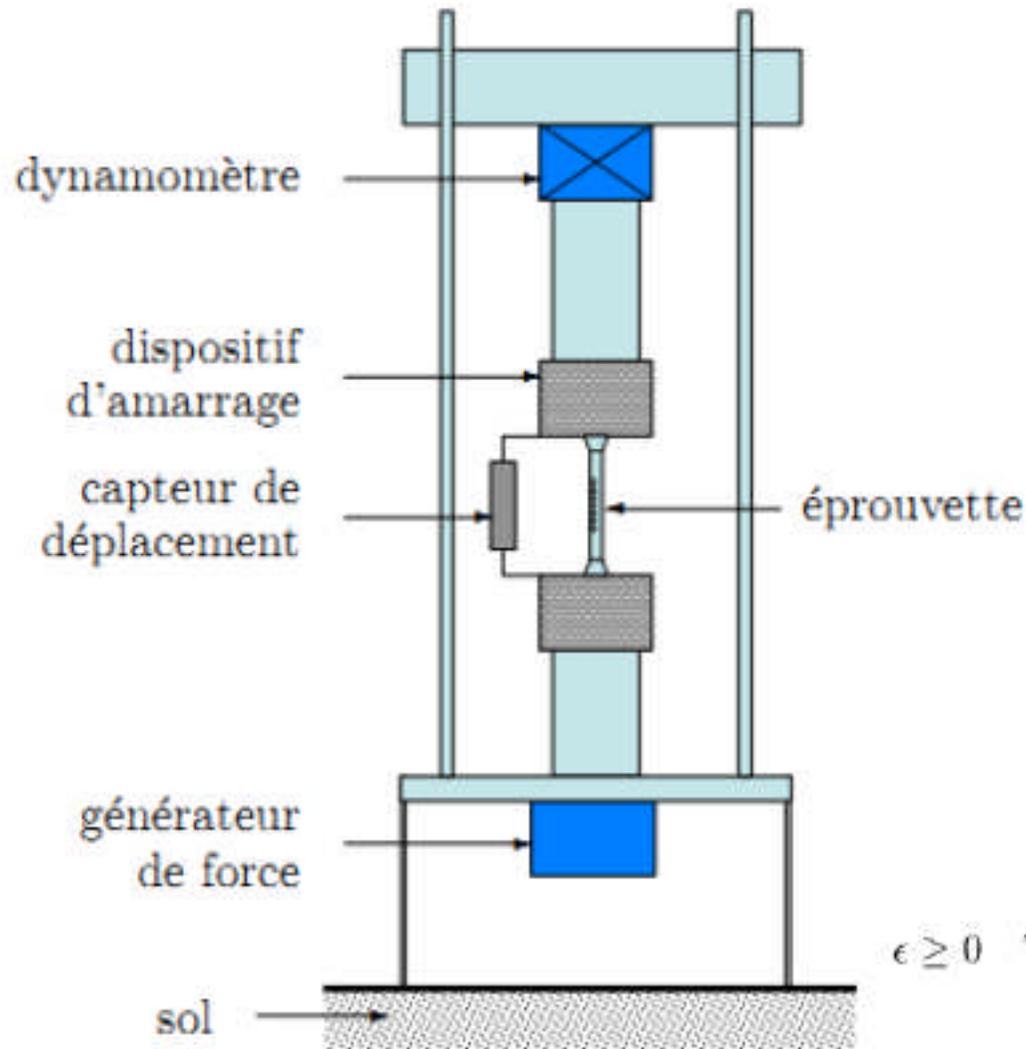
M_w : Masse humide
 M_0 : Masse sec
 $M_w - M_0$: le poids de l'eau



Essence		Conservation à % humidité relative	Masse d'eau	% en eau W
Résineux	Sapin	0	0.51	0.3301
		70	17.33	11.219
		90	36.83	23.8892
	Pin	0	2.25	1.0946
		70	20.38	9.897
		90	40.68	19.8323
Feuillus	Hêtre	0	0.52	0.2313
		70	23.46	10.4713
		90	53.36	23.8704
	Chêne	0	2.61	1.2481
		70	20.497	9.5734
		90	44.11	20.8469

MODULE DE YOUNG

Dispositif d'essai en traction/compression



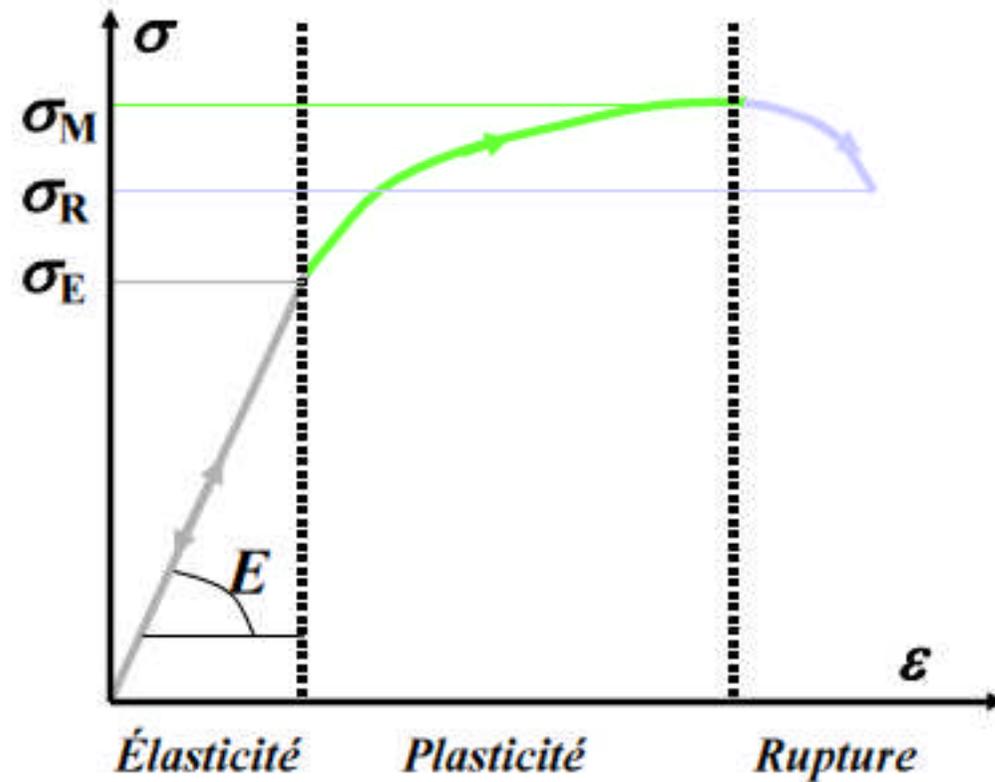
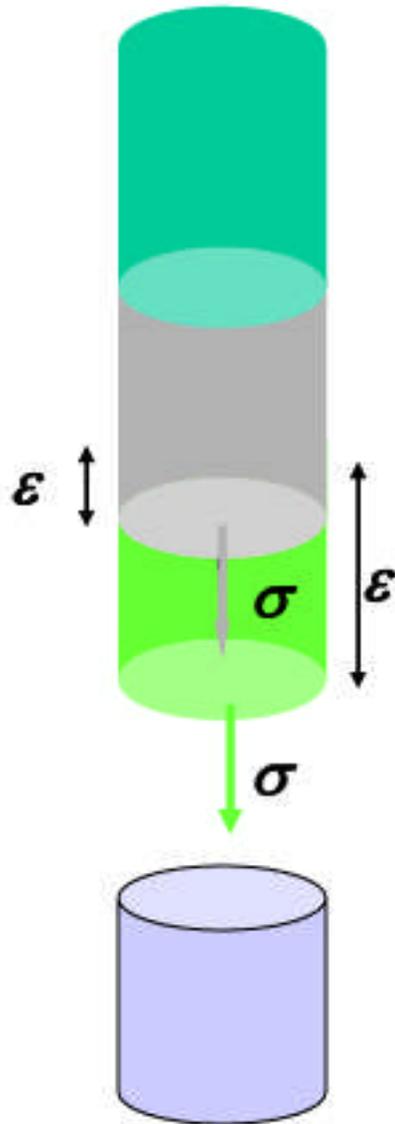
$$\epsilon = \frac{d - d_0}{d_0}$$

$\epsilon \geq 0$ TRACTION

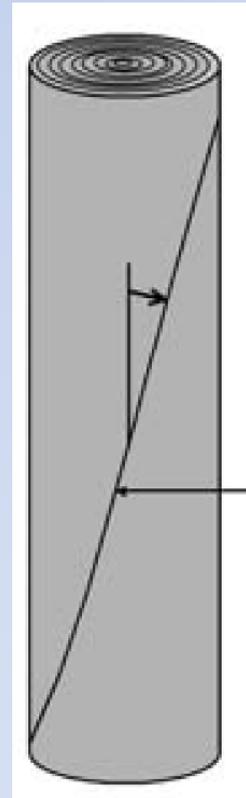
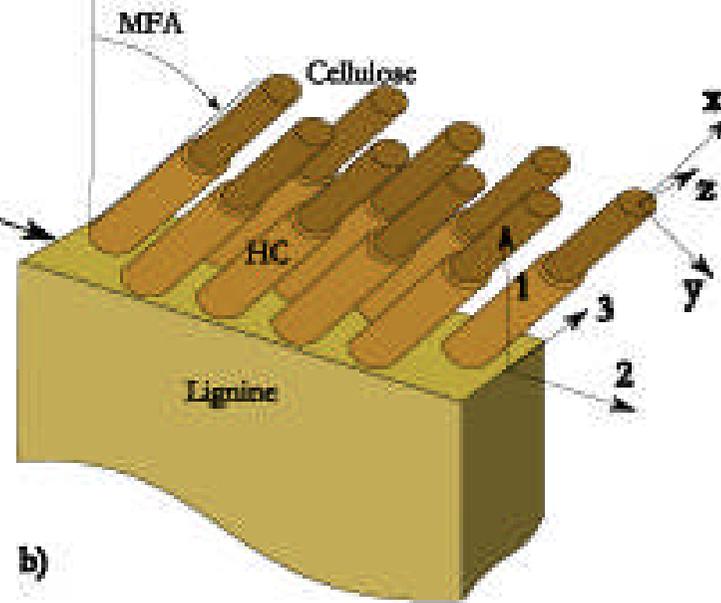
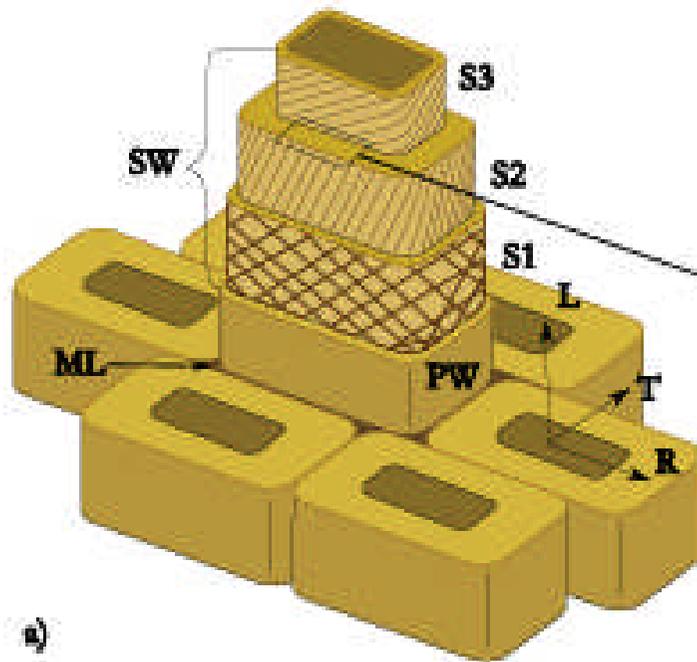
$\epsilon \leq 0$ COMPRESSION

MODULE DE YOUNG

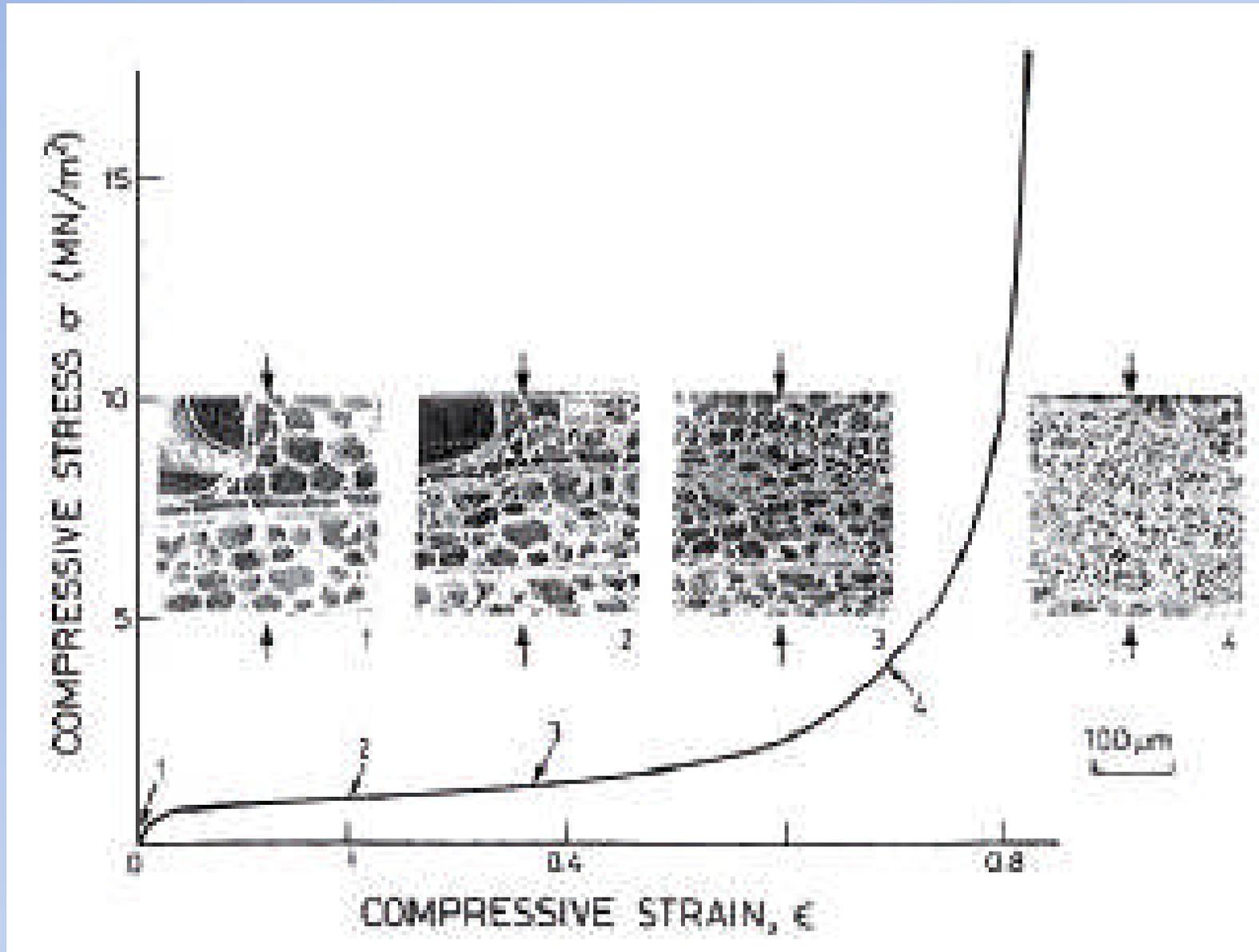
Comportement du matériau



MODULE DE YOUNG

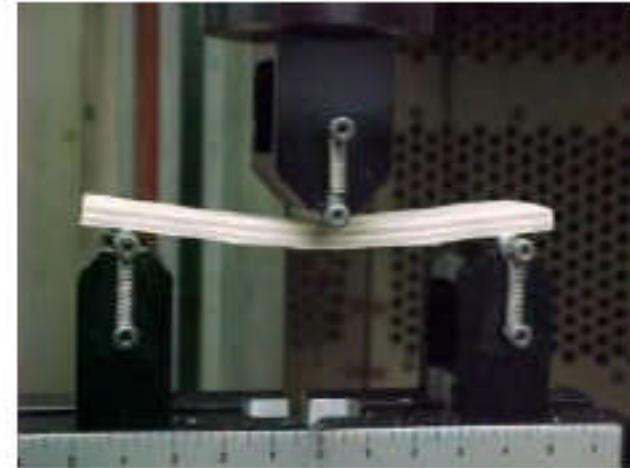
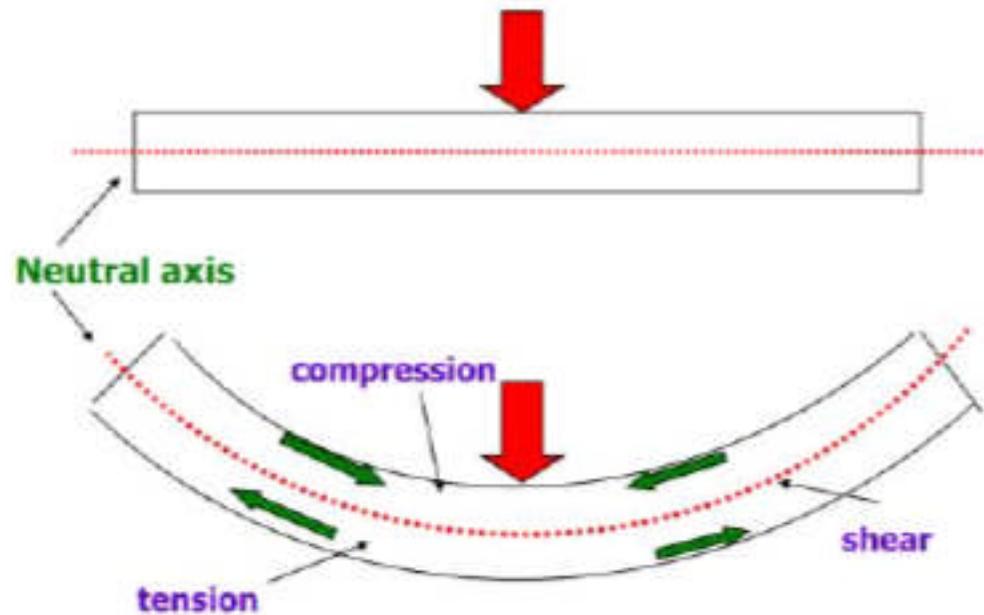


MODULE DE YOUNG



Courbes contrainte-déformation du balsa, chargement selon la direction tangentielle

Flexion : sollicitation majeure
Elle combine plusieurs propriétés.



MODULE DE YOUNG



Métaux purs

Matériaux	Module (GPa)
Aluminium (Al)	69
Argent (Ag)	83
Baryum (Ba)	13
Béryllium (Be)	240
Bismuth (Bi)	32
Cadmium (Cd)	50
Césium (Cs)	1,7
Chrome (Cr)	289
Cobalt (Co)	209
Cuivre (Cu)	124
Étain (Sn)	41,5
Fer (Fe)	196
Germanium (Ge)	89,6
Indium (In)	11
Iridium (Ir)	528
Lithium (Li)	4,9
Magnésium (Mg)	45

Bois

Matériaux	Module (GPa)
Acajou (Afrique)	12
Bambou	20
Bois de rose (Brésil)	16
Bois de rose (Inde)	12
Chêne	12
Contreplaqué <i>glaw</i>	12,4
Épicéa	10 à 13
Érable	10
Frêne	10
Papier	3 à 4
Sequoia	9,5

Polymères, fibres

Matériaux	Module (GPa)
Caoutchouc	0,001 à 0,1
Fibre de carbone haut module	640
Fibre de carbone haute résistance	240
Kevlar	34,5
Nanotube de carbone	1 100
Nylon	2 à 5
Plexiglas (poly(méthacrylate de méthyle))	2,38
Polyamide	3 à 5
Polycarbonate	2,3
Polyéthylène	0,2 à 0,7
Polystyrène	3 à 3,4
Résine époxyde (durcie)	3,5

MODULE DE YOUNG E



Le module de Young, dépend notamment de la température, de l'humidité et la densité

Module de Young

température

En général, quand la température augmente, on obtient une contrainte plus faible à la même valeur de déformation (le matériau bois est moins dur quand la température augmente).

densité

la masse volumique calculée est de 0.65g/cm^3 pour le feuillu standard et est de 0.45g/cm^3 pour le résineux standard. Par contre, la densité du bois présente une vaste plage pour les essences différentes, depuis $\rho=0.2\text{g/cm}^3$ pour le Balsa jusqu'à $\rho=1.28\text{g/cm}^3$ pour l'Endranendrana.

humidité

Le point de saturation des fibres (PSF) varie selon l'espèce et la température. Il est toujours proche de 30% à 20°C. La variation dimensionnelle, retrait ou gonflement, se réalise quand le taux d'humidité est en dessous de PSF. le PFS influe également sur la variation de module de Young en fonction de l'humidité. Cette variation est très forte quand l'humidité est moins de 30% et presque constante quand l'humidité est plus de 30%.

DENSITE



Essence		Masse sec [g]	masse volumique à l'état sec [kg.m ⁻³]	densité à sec
Résineux	Sapin	154.49	411.973	0.412
		154.47	411.920	0.412
		154.17	411.120	0.411
	Pin	205.55	548.133	0.548
		205.92	549.120	0.549
		205.12	546.987	0.547
Feuillus	Hêtre	224.82	599.520	0.600
		224.04	597.440	0.597
		223.54	596.107	0.596
	Chêne	209.11	557.627	0.558
		214.10	570.941	0.571
		211.59	564.240	0.564

DENSITE



<i>Bois</i>	<i>Masse volu (Mg /m3)</i>	<i>Module d'Young (GPa)</i>		<i>Résistance (MPa) // aux fibres</i>		<i>Ténacité (MPa ml/2)</i>	
		<i>// aux fibre</i>	<i>⊥aux fibre.</i>	<i>traction</i>	<i>compression</i>	<i>//aux fibre</i>	<i>⊥aux fibre.</i>
<i>Balsa</i>	<i>0.1-0.3</i>	<i>4</i>	<i>0.2</i>	<i>23</i>	<i>12</i>	<i>0.05</i>	<i>1.2</i>
<i>Acajou</i>	<i>0.53</i>	<i>13.5</i>	<i>0.8</i>	<i>90</i>	<i>46</i>	<i>0.25</i>	<i>6.3</i>
<i>Sapin douç</i>	<i>0.55</i>	<i>16.4</i>	<i>1.1</i>	<i>70</i>	<i>42</i>	<i>0.34</i>	<i>6.2</i>
<i>Pin d'Ecos</i>	<i>0.55</i>	<i>16.3</i>	<i>0.8</i>	<i>89</i>	<i>47</i>	<i>0.55</i>	<i>6.1</i>
<i>Bouleau</i>	<i>0.62</i>	<i>16.3</i>	<i>0.9</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>0.56</i>	<i>-</i>
<i>Frêne</i>	<i>0.67</i>	<i>15.8</i>	<i>1.1</i>	<i>116</i>	<i>53</i>	<i>0.61</i>	<i>9.0</i>
<i>Chêne</i>	<i>0.69</i>	<i>16.6</i>	<i>1.0</i>	<i>97</i>	<i>52</i>	<i>0.81</i>	<i>4.0</i>
<i>Hêtre</i>	<i>0.75</i>	<i>16.7</i>	<i>1.5</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>0.95</i>	<i>8.9</i>

PROPRIÉTÉS DU BOIS



Résistance et module d'élasticité

ORDRE DE GRANDEUR DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET MECANIQUES DE QUELQUES ESSENCES A 12 % D'HUMIDITE

Caractéristiques	Unités	Epicéa	Sapin	Douglas	Cèdre	Pin sylv.	Pin marit.	Peuplier	Châtaignier	Noyer	Hêtre	Chêne	Iroko	Doussié	Azobé
MV	kg/m ³	430	450	500	520	560	620	400	600	650	680	750	650	800	1 000
RV	%	13	12	16	11	13	15	14	12	13	18	15	10	8	19
RT	%	9	8	9	6	8	9	9	8	7,5	12	10	6	5	11
RR	%	4	4	7	5	5	6	5	4	5,5	6	5	4	3	8
C ₁₂	MPa	43	39	49	51	50	54	35	46	47	54	50	56	78	98
F ₁₂	MPa	110	105	114	115	120	130	86	100	120	152	120	128	181	235
E	MPa	11 000	10 500	11 500	9 200	10 600	11 500	7 800	10 500	12 500	14 000	14 000	10 400	15 100	17 800
W	J	16	17	22	13	22	14	15	25	25	35	50	17	24	60
T _{pp}	MPa	1,7	1,4	1,7	1,7	2	2,4	2,2	2	3	4,5	5	2,3	2,4	4,2
F _{end}	N/mm	7	6	10	11	10	16	11	13	20	25	30	15	19	28
C ₁₈	MPa	6	5	4,4	4,7	5,5	6	5,2	9	7,5	9	14	7,5	8,4	14
N	—	1,8	1,5	2,5	2,1	2,6	4,2	1,3	2,9	3,2	2,6	4	4	8,5	10

MV = Masse volumique
 RV = Retrait volumique total
 RT = Retrait tangentiel total
 RR = Retrait radial total

C₁₂ = Contrainte de rupture en compression axiale à 12 % d'humidité
 F₁₂ = Chiffre de fatigue en flexion statique à 12 % d'humidité
 E = Module d'élasticité en flexion statique
 W = Energie absorbée en flexion dynamique

T_{pp} = Contrainte de rupture en traction perpendiculaire aux fibres
 F_{end} = Résistance à la rupture au fendage
 C₁₈ = Contrainte de rupture en cisaillement longitudinal
 N = Chiffre de dureté Morriston

Résistance à l'usure

Polyimide		X				
Polyester			X			
Epoxy			X			
PVC		X				
PS			X			
PP			X			
PE (densité moy)				X		
PC			X			
Nylon		X				
Caoutchouc naturel				X		
Bois sens transverse (densité moyenne)		X				
Bois sens parallèle (densité moyenne)		X				
Alliage Ni-Cr					X	
Alliages Cu (haute cond)					X	
Bronze					X	
Laiton					X	
Alliages Ti			X			
Alliages Mg corroyage			X			
Alliages Mg fonderie			X			
Alliages Al fonderie			X			
Alliages Al corroyage			X			
Fonte grise					X	
Acier moyen carbone					X	
mousse PS	X					
mousse polymère (très faible densité)	X					
mousse polymère (densité moyenne)	X					
Composite Epoxy/fibre de verre				X		
Composite Epoxy/fibre de carbone				X		
Silice				X		
SiC					X	
Diamant					X	
Alumine					X	
béton standard		X				
		Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très Bon

polymères

bois

métaux

mousses

composites

céramiques

CARACTERISTIQUES DU BOIS



	Chêne	Douglas	Epicéa
Contrainte de rupture de compression axiale (Mpa)	58	55	45
Contrainte de rupture de traction axiale (Mpa)	100	93	85
Module de rupture en flexion (Mpa)	97	85	71
Module d'élasticité longitudinale en flexion (Mpa)	12 500	12 100	11 000
Résistance au choc (Nm/cm ²)	6,2	4,8	4,5
Dureté Monnin (mm ⁻¹)	3,5	2,2	1,4
Dureté Brinell parallèle aux fibres (N/mm ²)	57	44	31
Dureté Brinell perpendiculaire aux fibres (N/mm ²)	32	18	13

Références : C.N.D.B., C.T.B.A.

*(1MPa = 10kg/cm²)



FIN