

Cours de construction en bois

Bachelor

Le bois, comme matériaux de construction

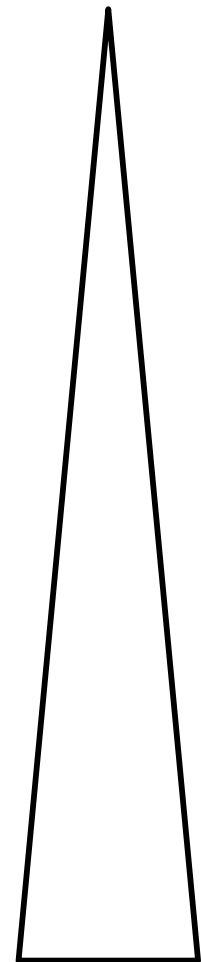
EPFL

L'origine du bois

- Le tronc d'arbre



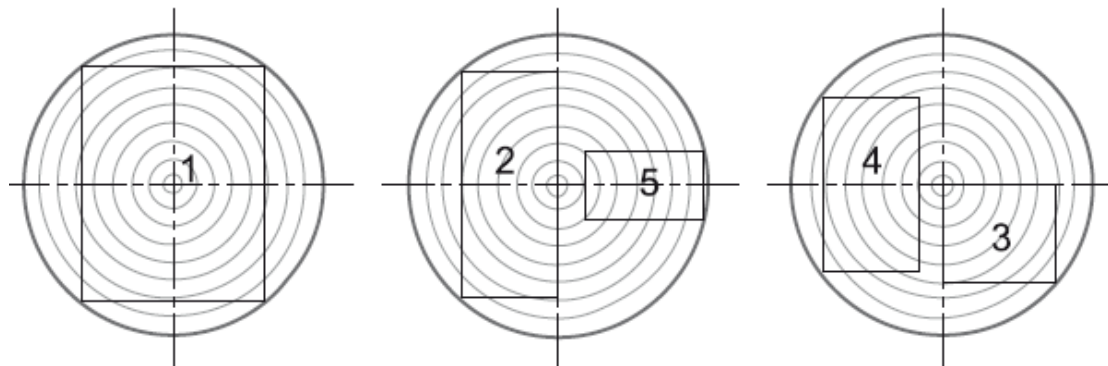
Conicité de 1cm/mètre



L'origine du bois

- En scierie, les sections massives

Figure 9: Modes de débit pour les bois équarris et les lattes

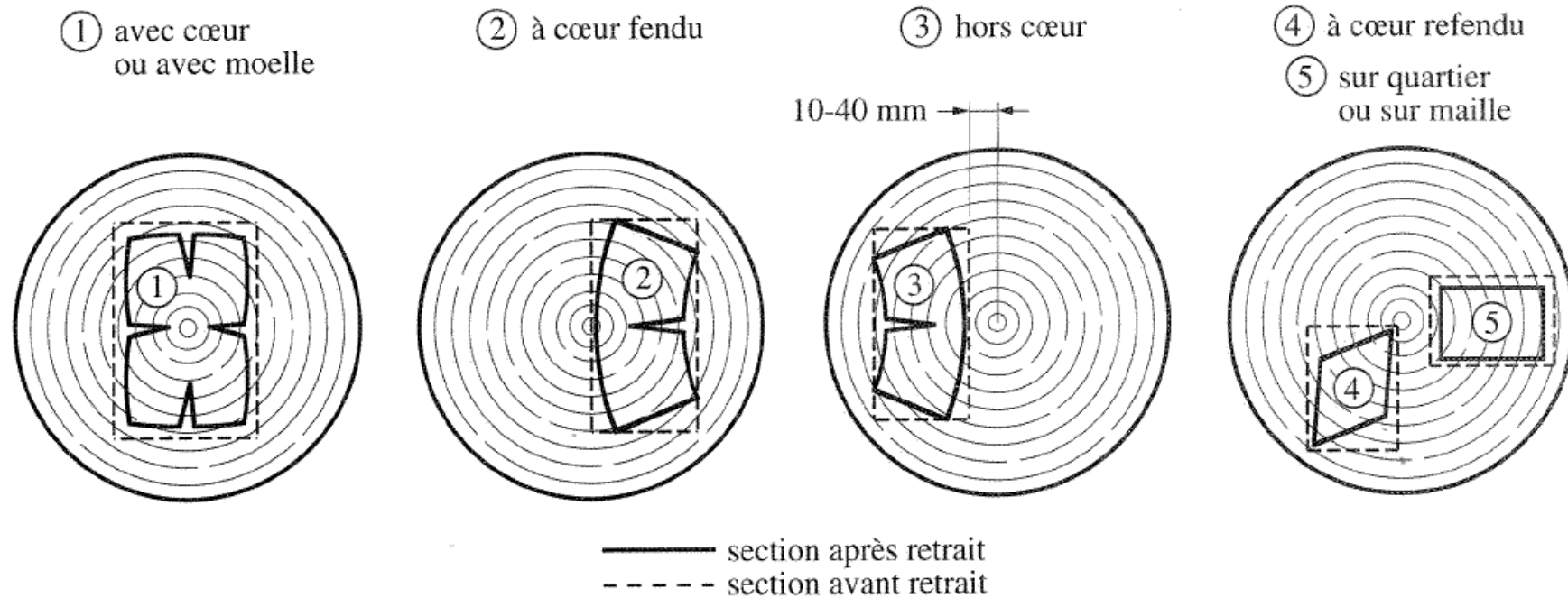


Notations:

- 1 pièce avec moelle
- 2 pièce à moelle fendue (il n'est pas impératif que la moelle soit fendue sur toute la longueur)
- 3 pièce à moelle refendue
- 4 pièce hors moelle
- 5 pièce sur quartier (dite «sur maille»)

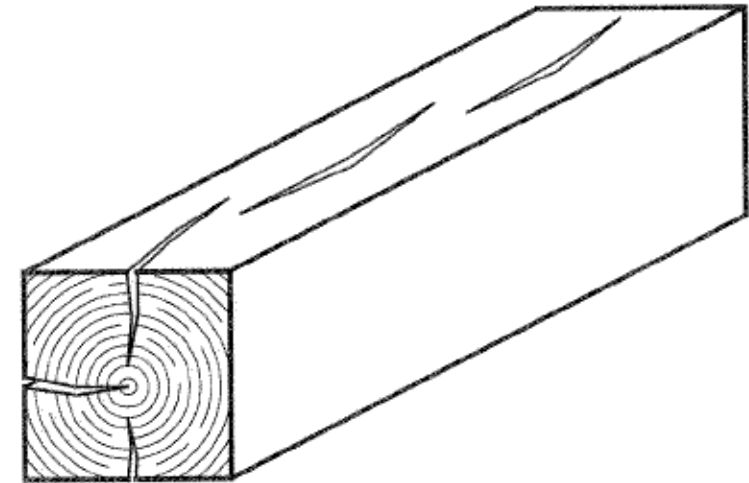
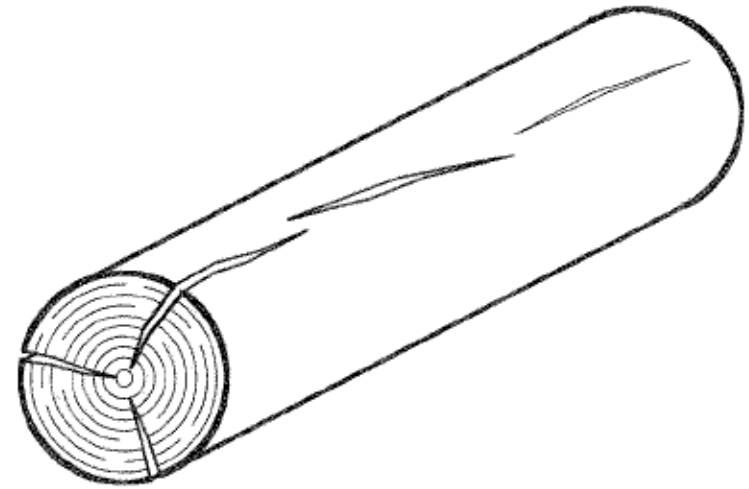
Section massive

■ Différent type



Fissuration du bois massif

Séchage et fissuration

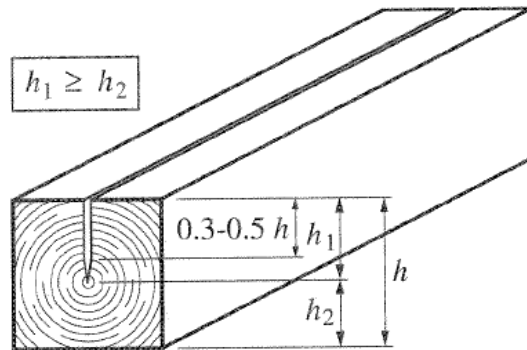
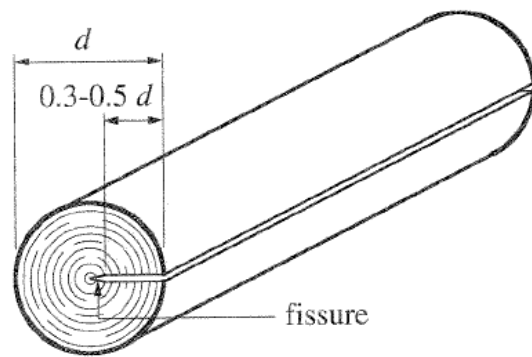


(b) Fissuration sauvage.

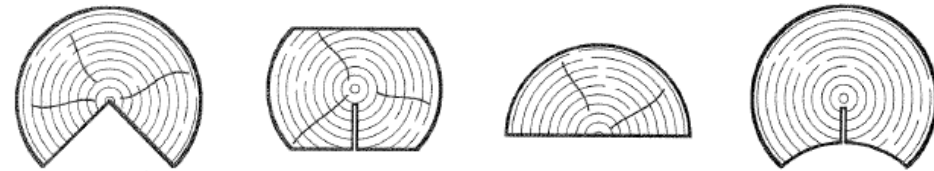
Fissuration du bois massif



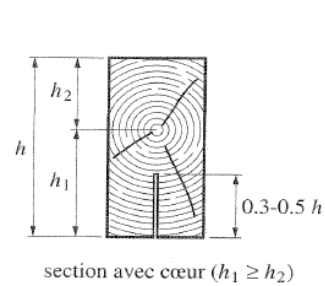
Entaille de retrait



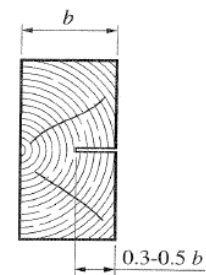
(a) Entaille de retrait.



(c) Sections partielles.



section avec cœur ($h_1 \geq h_2$)

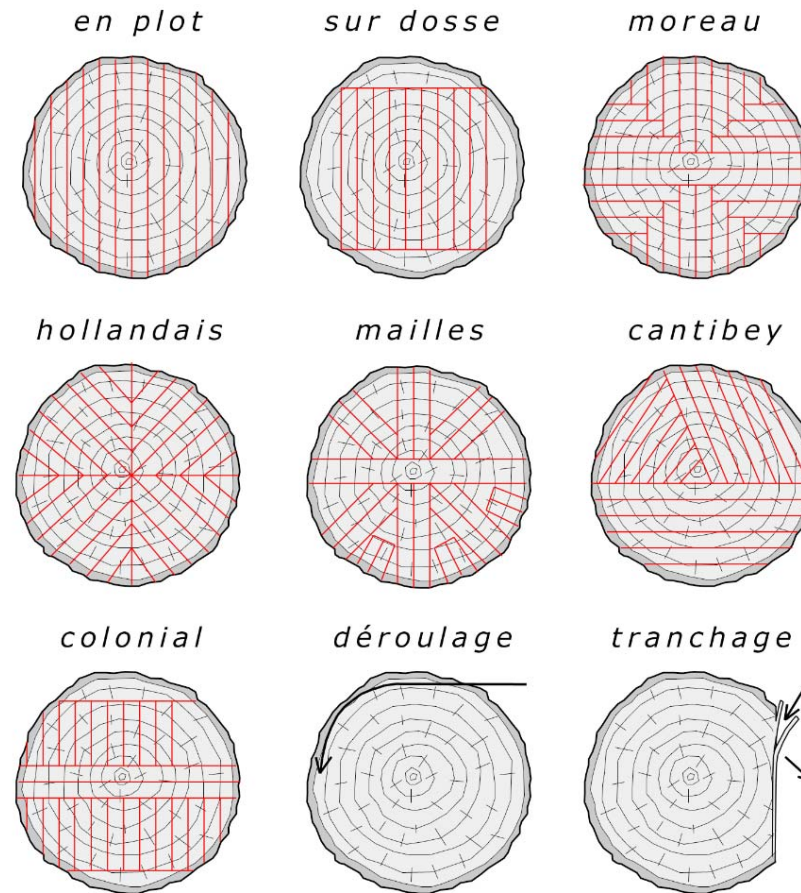


section hors cœur ou à cœur fendu



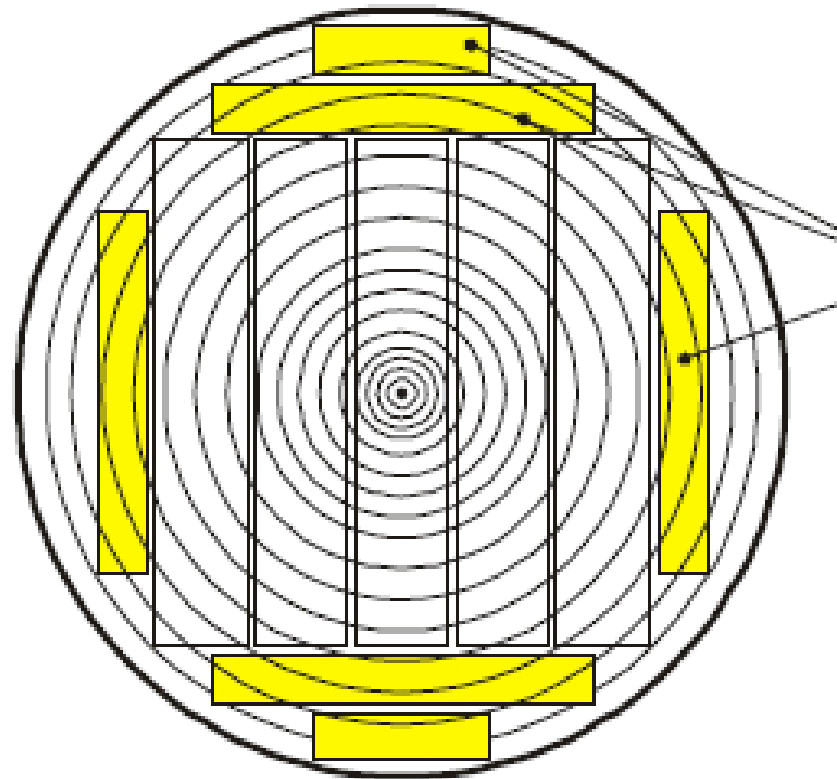
planche

Le mode de débitage lamelle

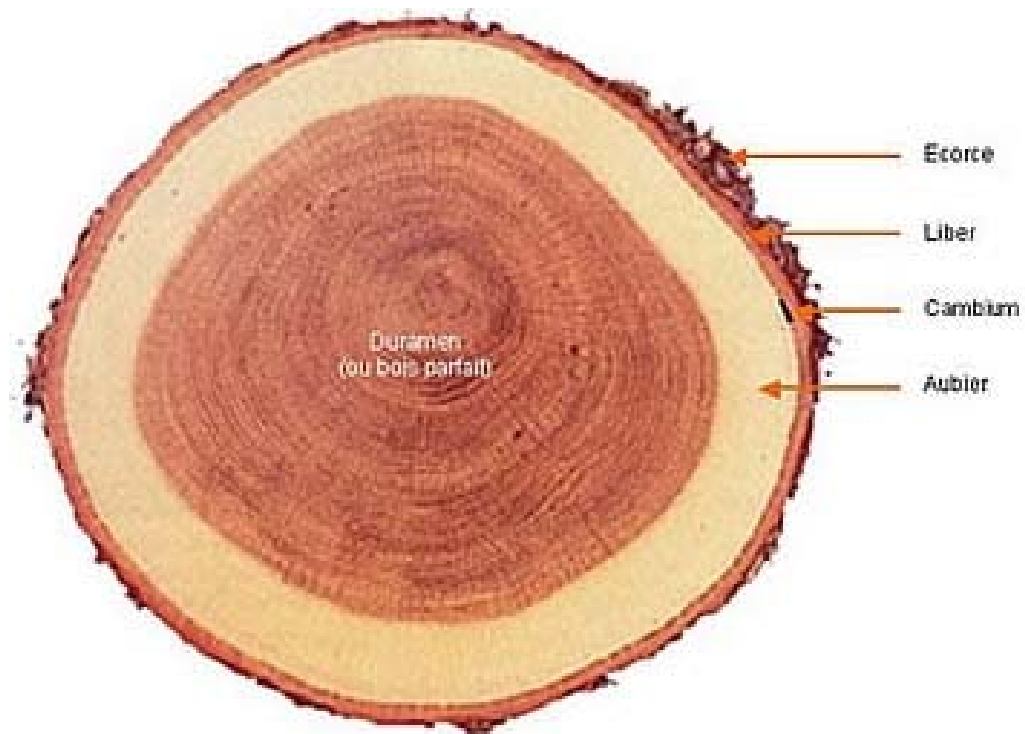


L'origine du bois

- Les lamelles



- L'aubier et le bois parfait

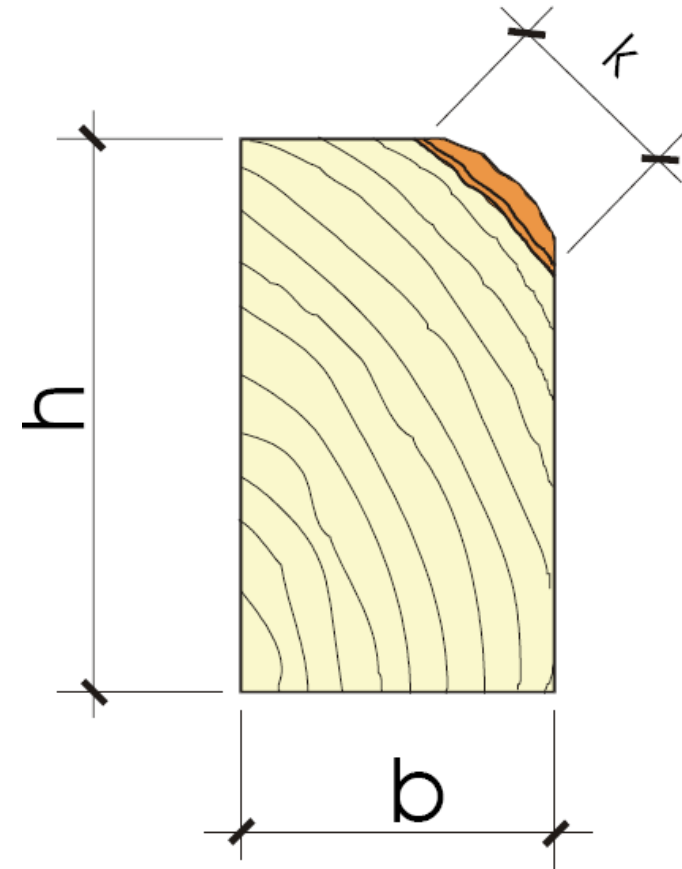
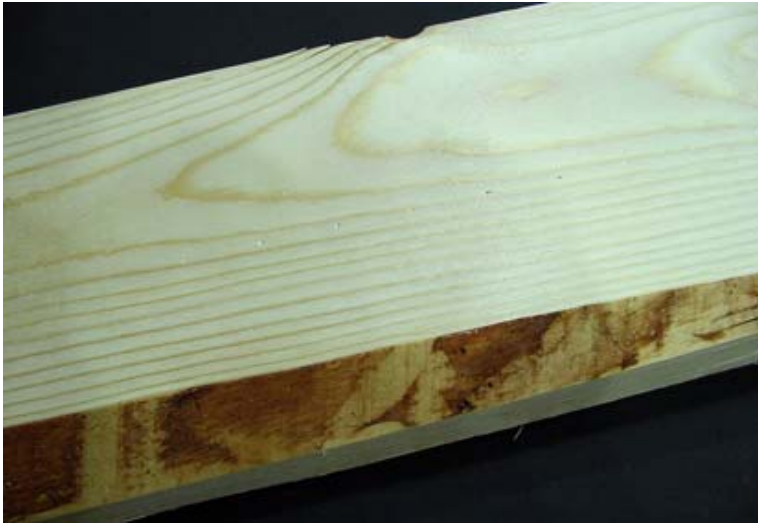


Le bois massif

- Triage visuel (SIA 265/1)
- DIN 4074 Sortierung von Holz nach Tragfähigkeit

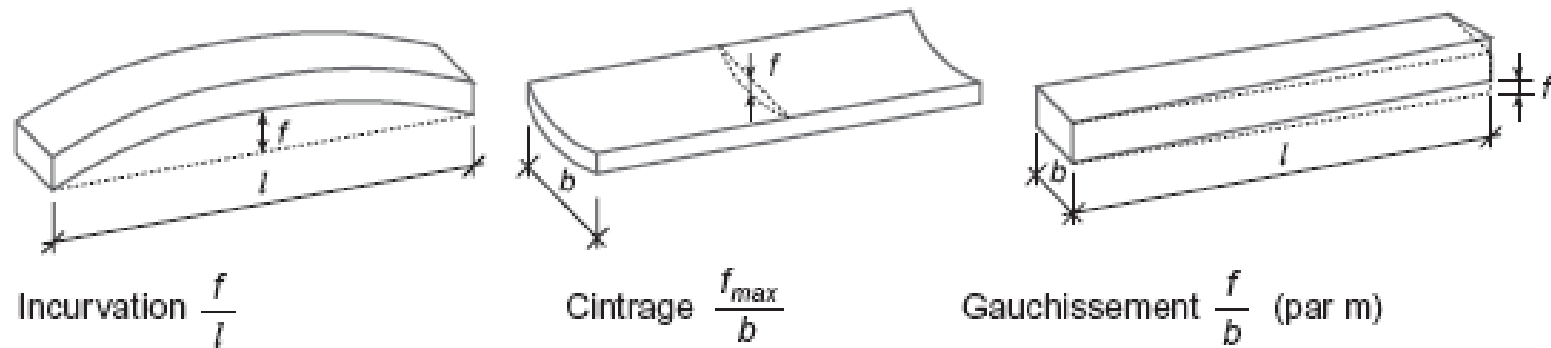
SIA 265/1

- Le flache



SIA 265/1

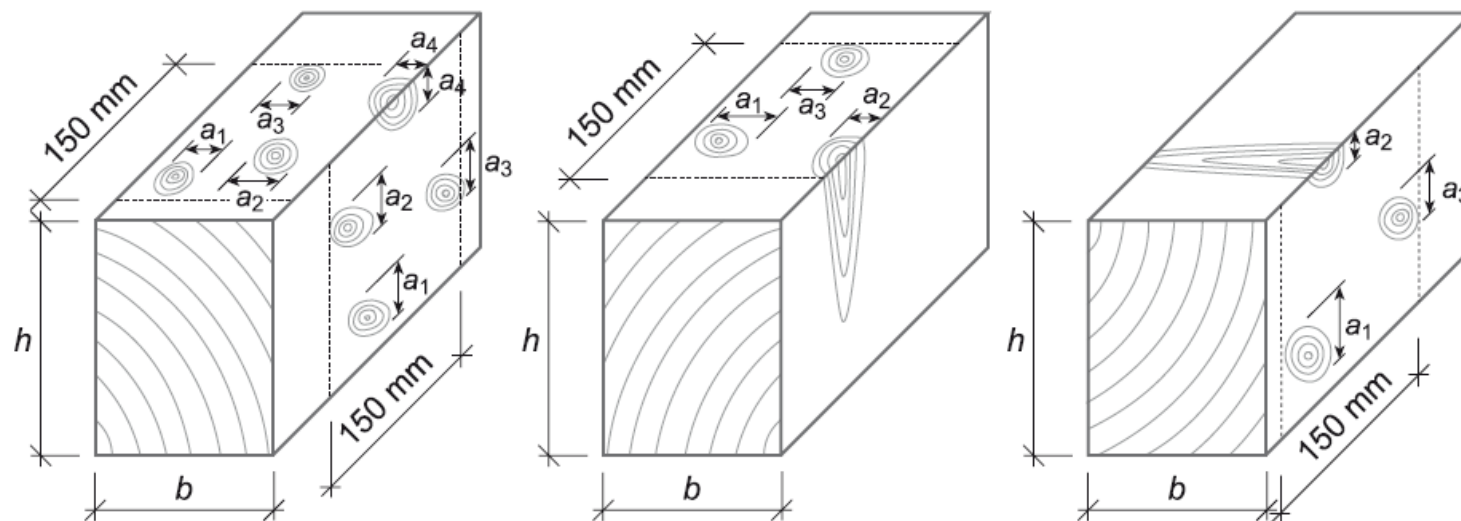
- Cintrage et déformation



SIA 265/1

■ La taille des nœuds

Figures 4a, 4b, 4c: Mesure de la nodosité des équarris et des lattes



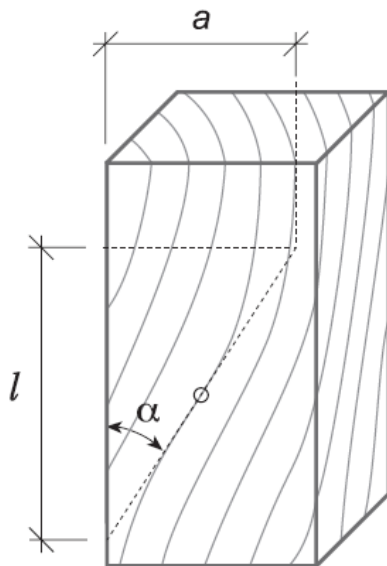
$$q_i = \frac{a_i}{h} \text{ ou } \frac{a_i}{b}$$

$$Q = \sum q_i$$

SIA 265/1

■ Inclinaison des fibres – fibre torse

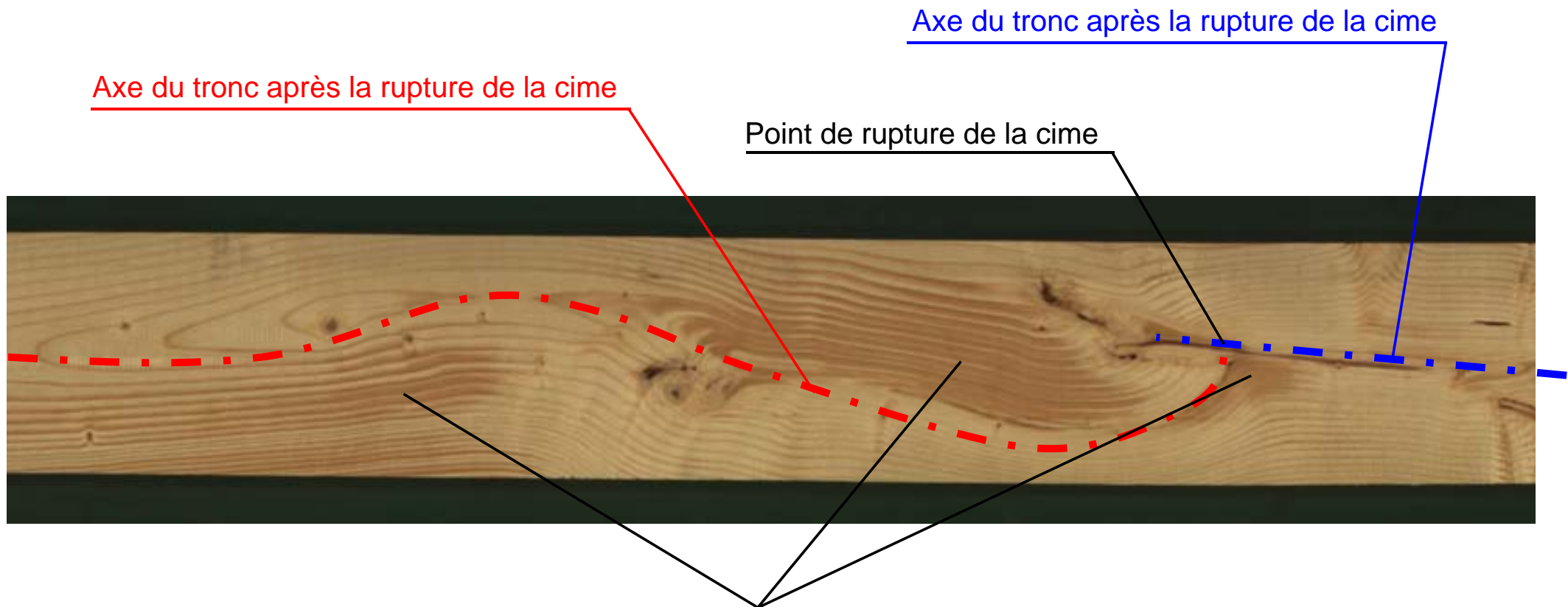
Figure 3: Méthode de mesure de l'inclinaison des fibres



$$\alpha = \frac{a}{l}$$

SIA 265/1

- Bois de recouvrement



La croissance tordue après la rupture de la cime cause la formation de bois de réaction aux côtés comprimés du tronc

Codification selon SIA 265/1

Désignation	voir le chiffre	Classe de résistance		
		I	II	III
Caractéristiques de croissance	5.3.2			
Cernes:	5.3.2.1			
– largeur moyenne $j > 4$ mm		na	a	a
– changement brusque de la largeur		na	na	a
Bois de réaction: proportion max. de la section en %	5.3.2.2	5	10	20
Fibres biaises: inclinaison max. des fibres a/l	5.3.2.3	1/15	1/8	1/5
Nœuds, bois équarris et lattes:	5.3.2.4			
– nœuds isolés $q_{i,max}$		1/6	1/4	1/3
– nœuds groupés Q_{max}		1/3	1/2	2/3
Nœuds, planches:	5.3.2.4			
– nœuds isolés $q_{i,max}$		1/5	1/3	1/2
– nœuds groupés Q_{max}		1/3	1/2	2/3
Bois de recouvrement:	5.3.2.5	pa	pa	pa
Aubier (douglas, mélèze, pin, chêne):	5.3.2.6			
– éléments protégés contre les intempéries		a	a	a
– autres éléments, seulement s'il y a imprégnation		a	a	a
Poches de résine: épaisseur max. d en mm	5.3.2.7	5	6	7
Infiltrations de résine	5.3.2.8	na	na	na

Triage visuel

- Classification des bois massif

Tableau 7: Correspondance entre la classification des bois selon le chiffre 5.3 et le système européen de classification (prEN 338)

Classification sur la base du tri visuel, selon la norme SIA 265/1, chiffre 5.3	Classe de résistance correspondante, selon prEN 338
Classe de résistance I (CR I) Classe de résistance II (CR II)	C24
Classe de résistance III (CR III)	C20
Bois massif en chêne ou en hêtre	D30

Les classes de résistance

■ Tableau SIA 265

Tableau 6: Propriétés caractéristiques et valeurs de calcul du bois massif ($\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$)

Classes de résistance				Résineux			Chêne Hêtre
				C16	C24	C30	D30
Propriétés caractéristiques ¹⁾							
– Résistance à la flexion	$f_{m,k}$	N/mm ²		16	24	30	30
– Module d'élasticité moyen en flexion	$E_{m,mean}$	N/mm ²		8 000	11 000	12 000	10 000
– Densité	ρ_k	kg/m ³		310	350	380	530
Valeurs de calcul ¹⁾							
Résistance	Flexion	$f_{m,d}$	N/mm ²	9,5	14	17,5	17
	Traction au fil	$f_{t,0,d}$	N/mm ²	5,5 ²⁾	8	10,5	10
	Compression au fil	$f_{c,0,d}$	N/mm ²	9,5	12	13,5	13
	Traction ⊥ au fil	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	0,1	0,1	0,1	0,2
	Compression ⊥ au fil	$f_{c,90,d}$					
	– en général		N/mm ²	1,5	1,8	2,0	5,3
	– avec un avant-bois ^{3) 4)}		N/mm ²	2,0 (2,6)	2,3 (2,9)	2,7 (3,3)	7,0
	– appui d'extrémité ⁴⁾		N/mm ²	1,5 (2,6)	1,8 (2,9)	2,0 (3,3)	5,3
Rigidité	Contrainte de cisaillement ⁶⁾	$f_{v,d}$	N/mm ²	1,5	1,5	1,5	2,0
	$E_{0,mean}$ au fil ⁵⁾	$\left\{ \begin{array}{l} E_{m,mean} \\ E_{t,0,mean} \\ E_{c,0,mean} \end{array} \right\}$	N/mm ²	8 000	11 000	12 000	10 000
	$E_{90,mean}$ ⊥ au fil ⁵⁾	$\left\{ \begin{array}{l} E_{t,90,mean} \\ E_{c,90,mean} \end{array} \right\}$	N/mm ²	270	300	300	600
	Module de cisaillement ⁵⁾	G_{mean}	N/mm ²	500	500	500	1 000

¹⁾ Les propriétés et les valeurs de calcul correspondent à une teneur en eau de 12%.

Limite des sections

- Longueur : 5-7m
- Largeur – hauteur TCB p.35 240/300mm²
- Diamètre d'un tronc 80-90cm, 15m de long

Tour de sauvabelin

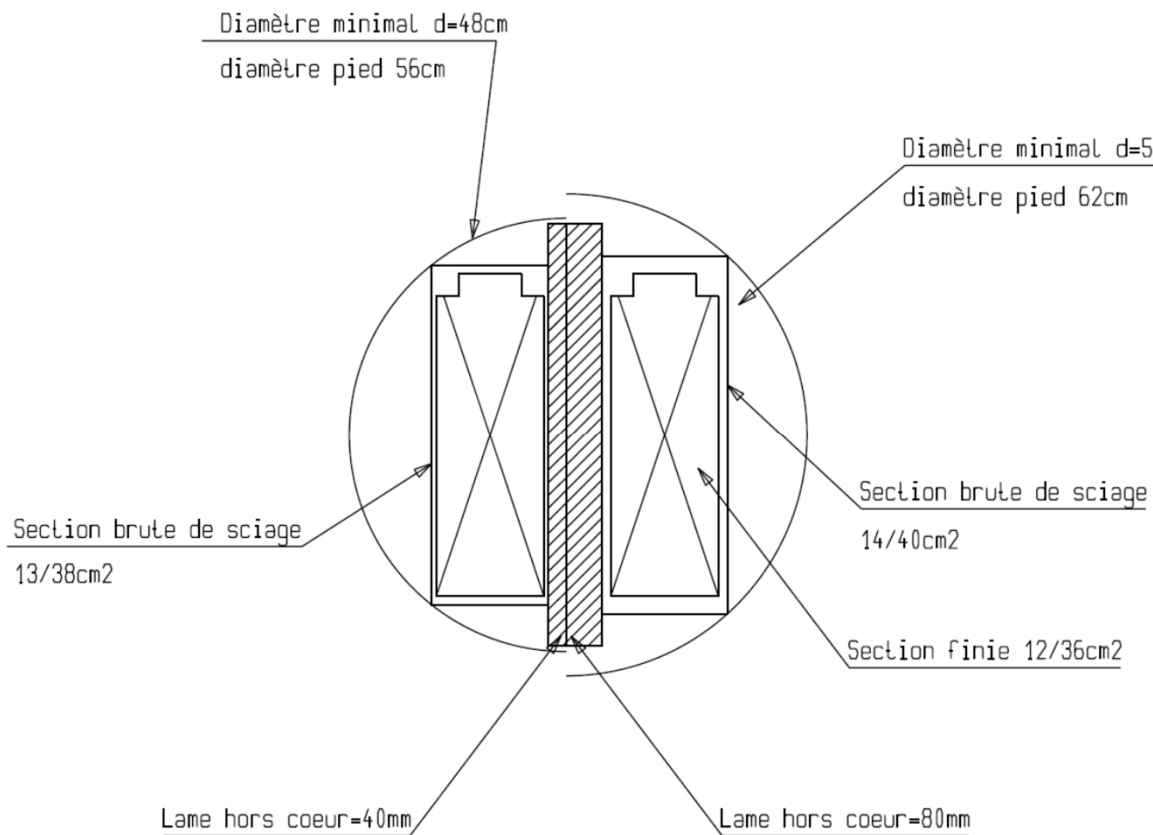
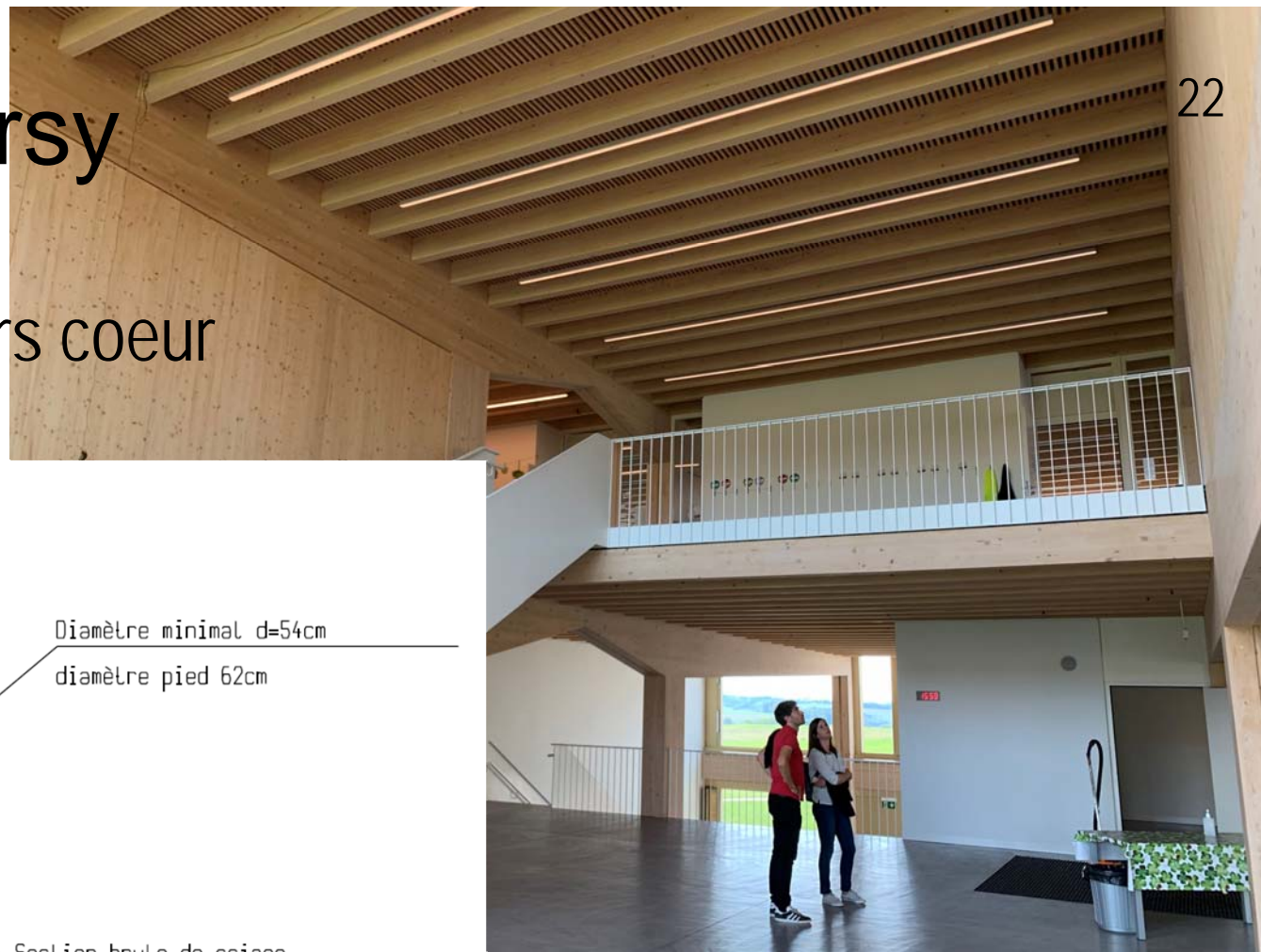
- Section 20/40 longueur 12m



Ecole d'Ursy

22

- 600 poutres 12/32 hors coeur



Résistance du bois

D'où viennent les chiffres?

La résistance du bois

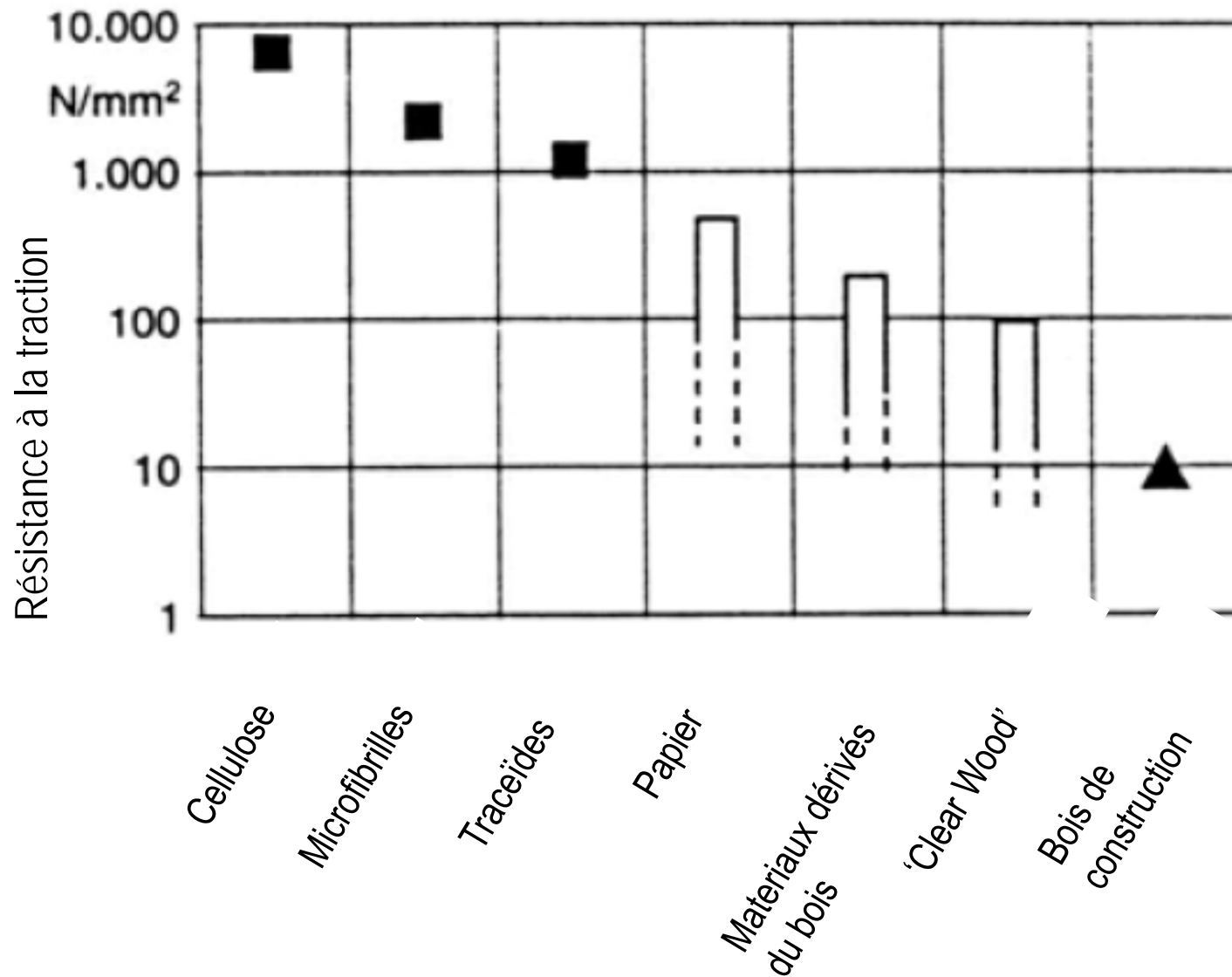
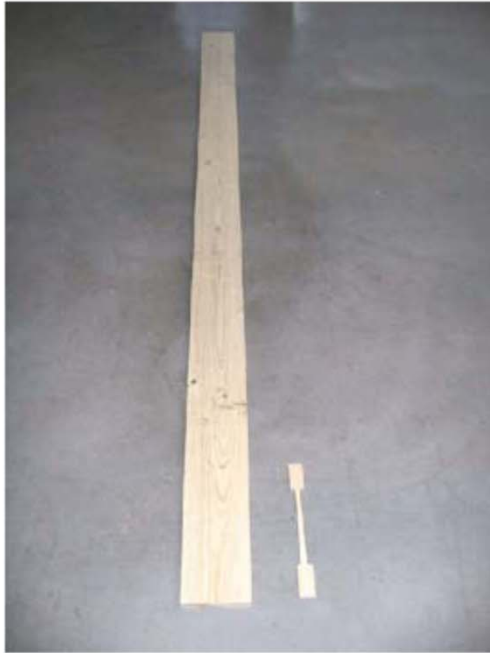


Illustration du potentiel des propriétés mécaniques du bois à l'exemple de la résistance à la traction (selon Glos 1999)

Clear wood



-Éprouvette pour définir la résistance à la flexion grandeur d'un élément de construction ('full-scale specimen)

-Petite éprouvette pour définir la résistance à la traction pour la construction des machines ou des avions ('clear-wood specimen)



-Petites éprouvettes (compression, flexion, traction)

Dimensions se situant dans une plage de mm ou de cm pour définir des propriétés mécaniques du bois parfait et sans noeuds (prismes de bois)

Propriétés caractéristiques	Petite éprouvette	Éprouvette (élément de construction)	Différence (par rapport aux petites éprouvettes)
Résistance à la flexion (valeur moyenne en [N/mm²])	68	37	46%
Résistance à la traction parallèle aux fibres (valeur moyenne en [N/mm²])	80	30	63%
Résistance à la compression parallèle aux fibres (valeur moyenne en [N/mm²])	40	32	20%

Comparaison des valeurs caractéristiques pour l'épicéa obtenus sur éprouvette de petite taille et éprouvette de taille de bois pour la construction [d'après P. Niemz, 1993 et P. Glos, 1981)

Comportement du bois

- Traction - compression

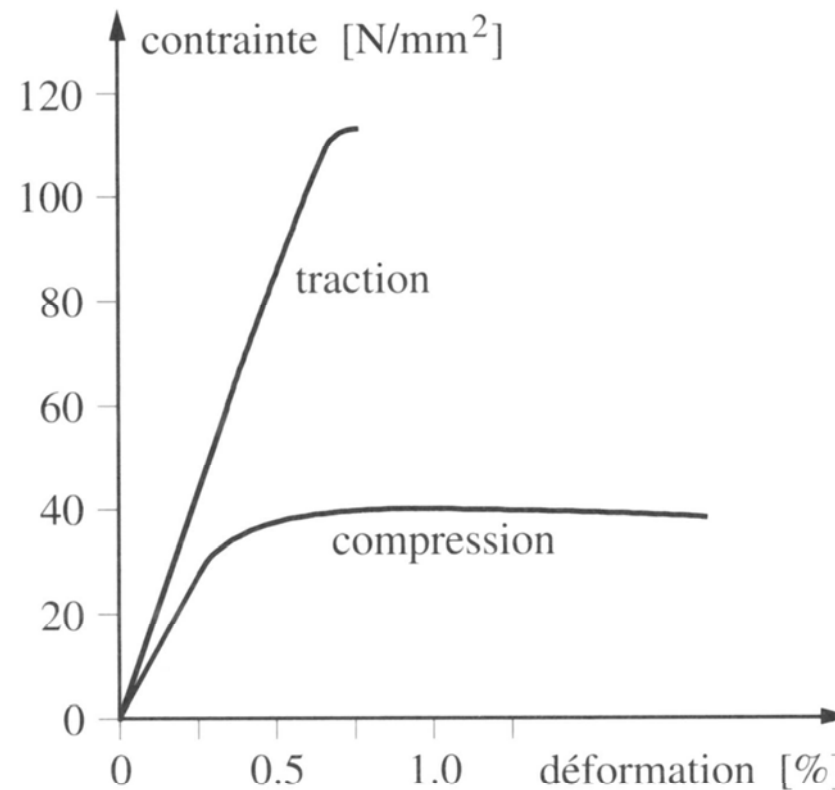


Fig. 3.3 Relation générale contrainte-déformation pour des sollicitations parallèles aux fibres du bois.

Comportement du bois

■ Traction - compression

Tableau 6: Propriétés caractéristiques et valeurs de calcul du bois massif ($\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$)

Classes de résistance				Résineux			Chêne Hêtre
				C16	C24	C30	D30
φ	Traction au fil	$f_{t,0,d}$	N/mm ²	5,5 ²⁾	8	10,5	10
	Compression au fil	$f_{c,0,d}$	N/mm ²	9,5	12	13,5	13

Imperfection - défauts

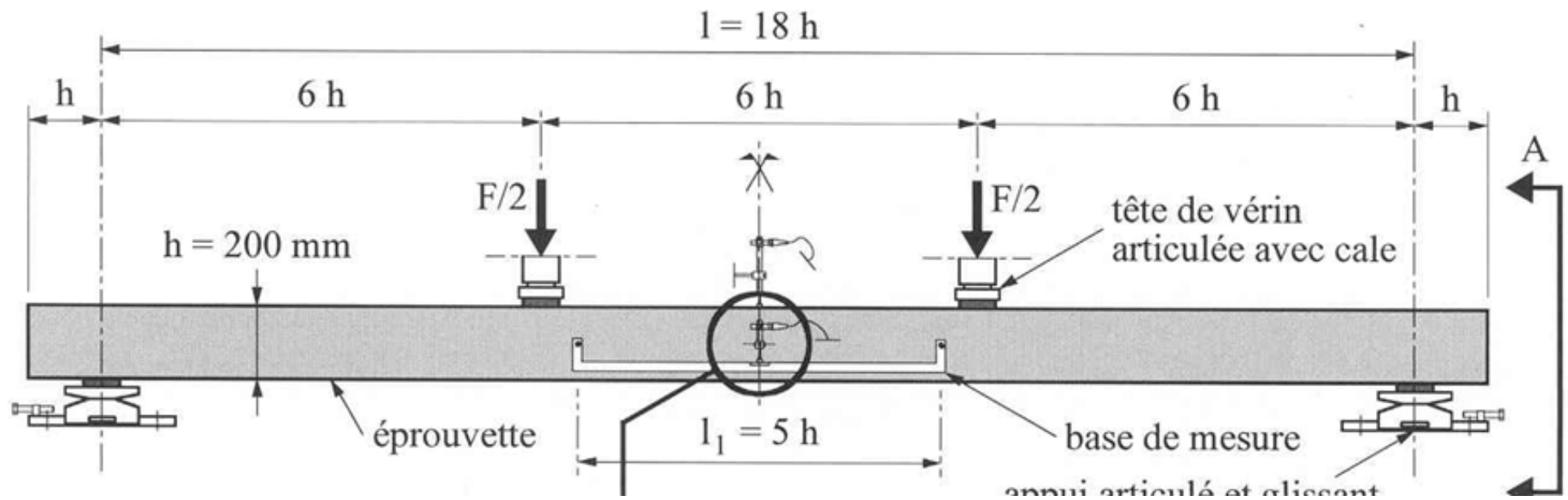
- Nœud dans le bois



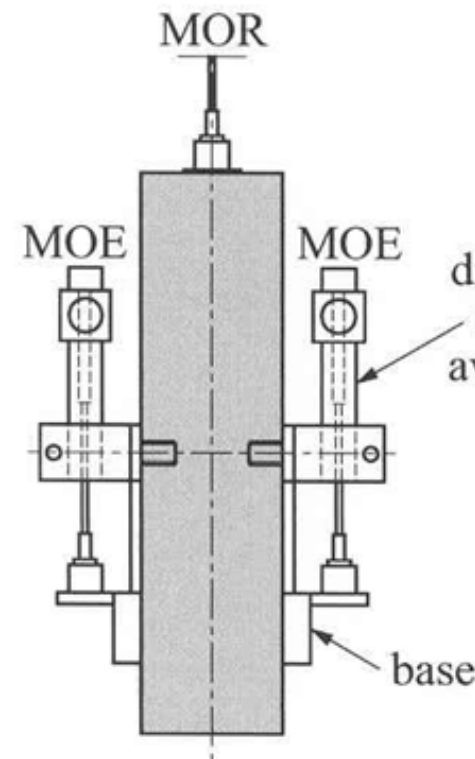
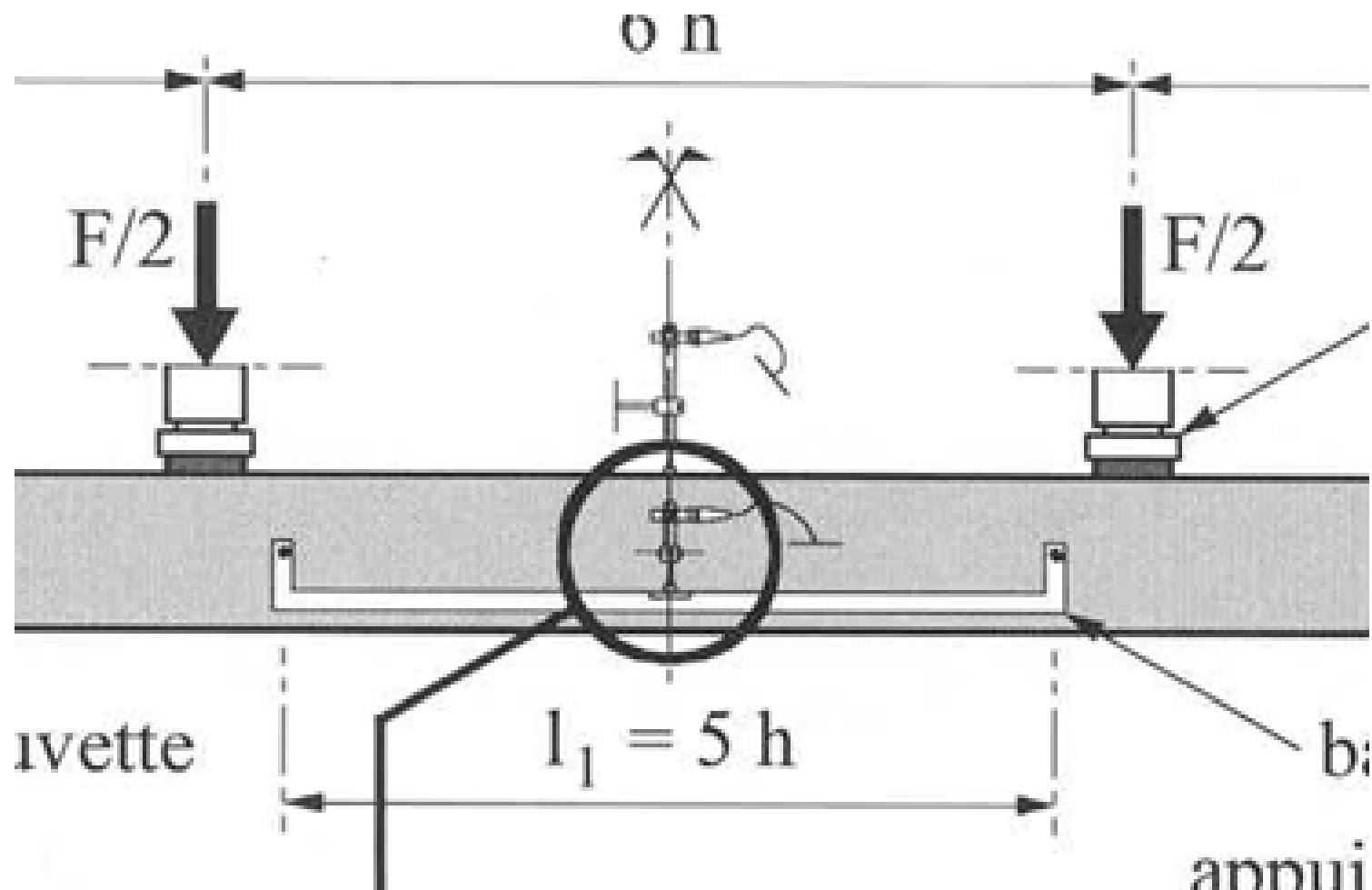
Essais de résistance

- Essais normalisé d'une poutre
 - Il s'agit d'un essai sur un échantillon de 100 poutres
 - Un essai dit à 4 points
 - Normalisé au niveaux des sections
 - Permettant la détermination des valeurs caractéristiques du bois selon les normes SN EN 338 :2003 et SN EN 384 :2004

L'essai 4 points



Dispositif de mesure



Détermination du MOE

$$MOE = \frac{6hl_1^2 \Delta F}{16I\Delta w} \quad [N / mm^2]$$

- 6h : distance entre un point de charge et l'appui le plus proche (mm)
- l_1 : base de mesure (mm)
- ΔF : accroissement de charge en dessous de la limite de proportionnalité (N)
- I : moment d'inertie de la surface de la section (mm⁴)
- Δw : flèche sous l'accroissement de la charge ΔF (mm)

Détermination du MOR

$$MOR = \frac{6hF_U}{2W} \quad [N / mm^2]$$

- 6h : distance entre un point de charge et l'appui le plus proche (mm)
- F_U : charge ultime (N)
- W : module (moment de résistance de la section (mm³))

Mesure de masse volumique et d'humidité

- **Le volume**

$$V = \frac{m_A - m_O}{\rho} \quad [mm^3]$$

V : volume du cube (mm³)

m_A : poussée de la pièce immergée sous l'eau (g)

m_O : poids du cube sec (après 3 jour de séchage) (g)

ρ : masse volumique de l'eau = 1.0 e-3 g/mm³

La masse volumique

- **La masse volumique**

$$\rho = \frac{m_o}{V} \quad [mm^3]$$

ρ	:	masse volumique du bois (mm^3)
m_o	:	poids du cube sec (après 3 jour de séchage) (g)
V	:	volume du cube (mm^3)

- **Humidité**

$$H = \frac{m_H - m_O}{m_O} \quad [-]$$

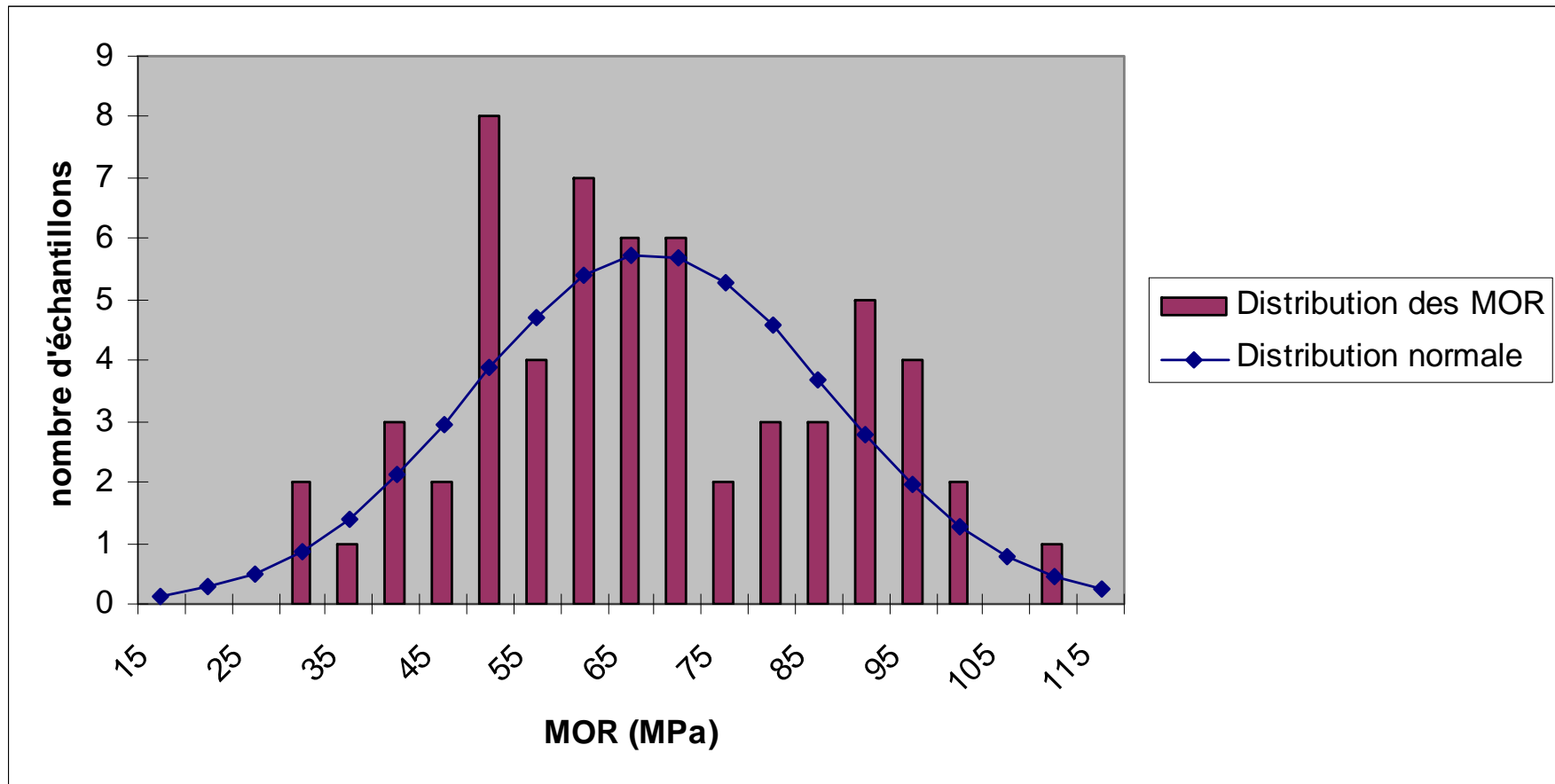
H : humidité de la pièce

m_H : poids de la pièce humide (g)

m_O : poids du cube sec (après 3 jour de séchage) (g)

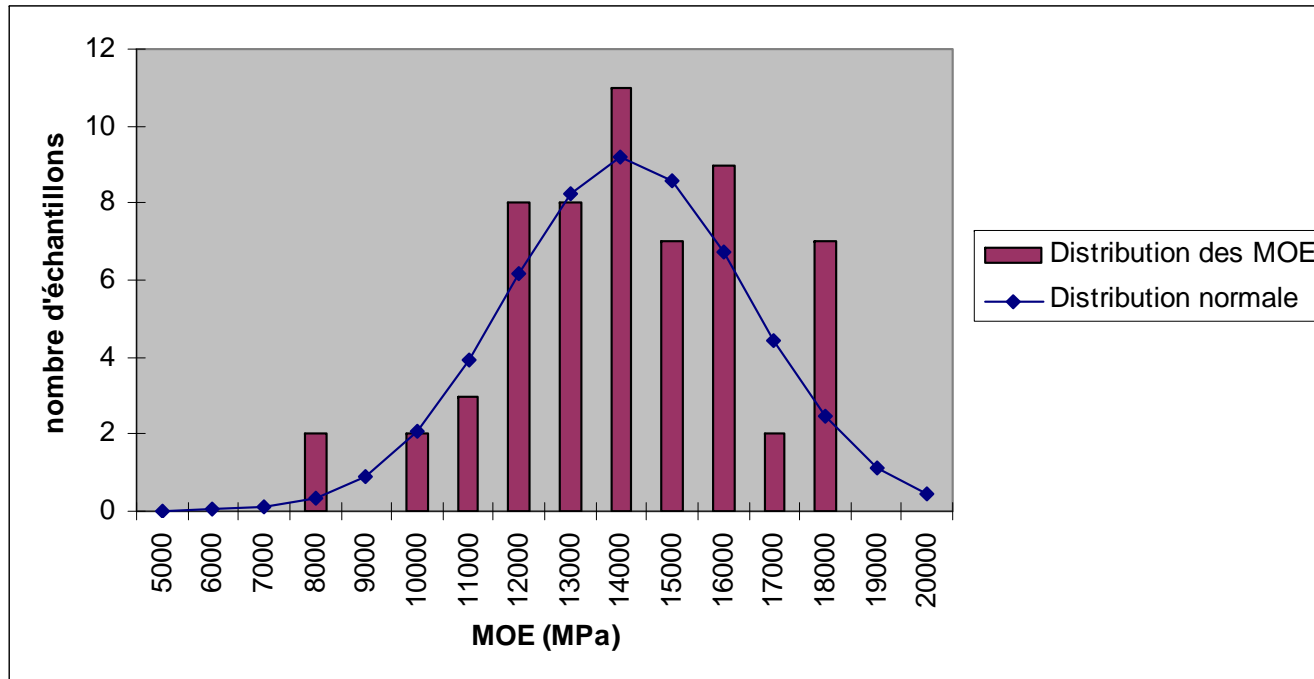
Distribution des MOR

- Avec la loi normal



Distribution des MOE

- Avec la loi normal



Valeurs caractéristiques

Valeur caractéristique des essais en comparaison avec la valeur de la norme SN EN 338

	Résistance à la flexion $f_{m,k}$ (N/mm ²)	Module d'élasticité $E_{O,mean}$ (N/mm ²)	Masse volumique ρ_k (kg/m ³)
Echantillon de Quercus Cerris	28.7	10'681	677
Classe D30 de la norme SN EN 338	30	10'000	530

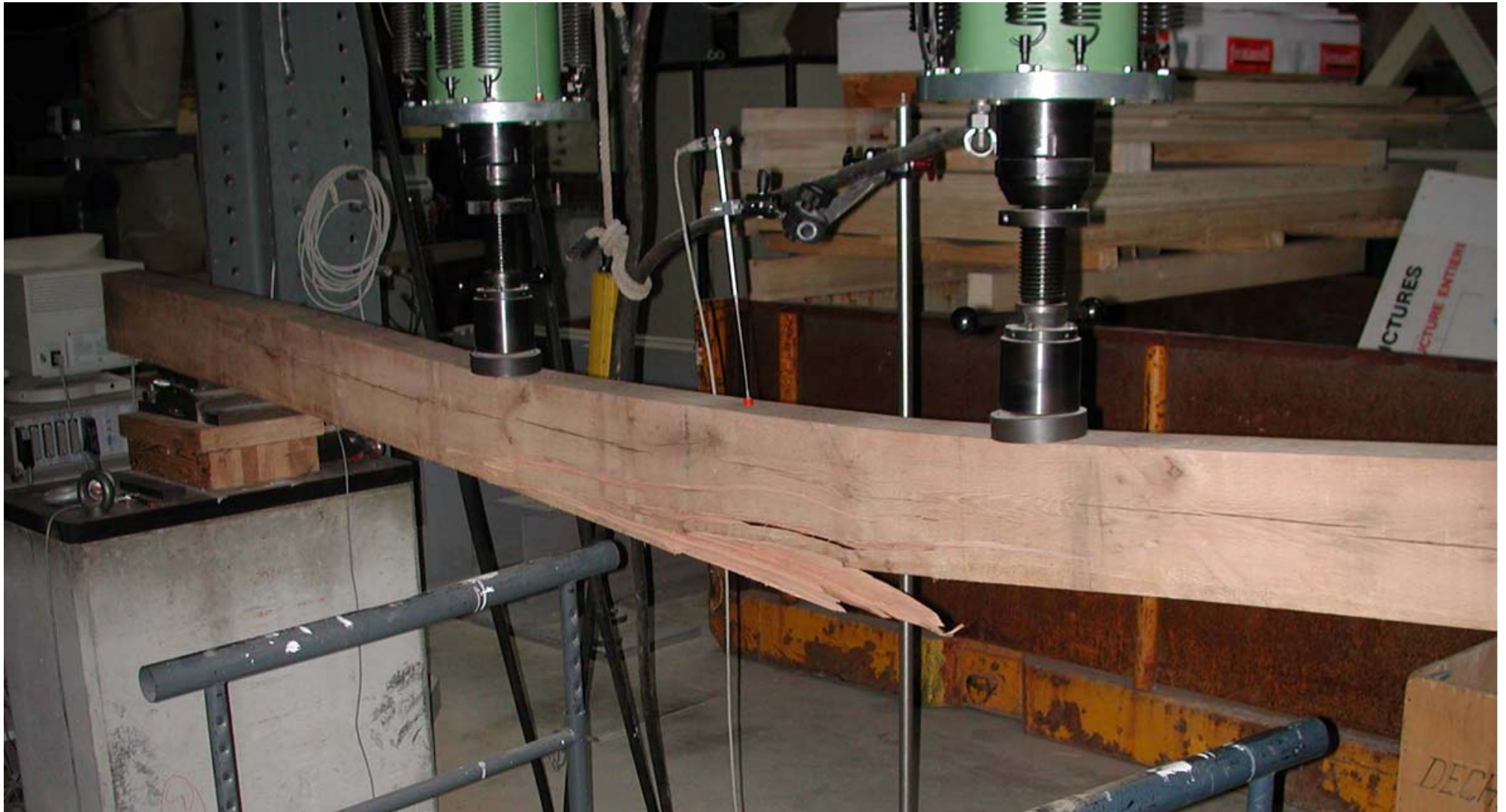
Essai à la rupture



Essai à la rupture



Essai à la rupture





Facteurs de sécurité

Tableau 1: Rapport γ_M/η_M

Éléments de construction et assemblages	γ_M/η_M
<p>Éléments de construction réalisés avec:</p> <ul style="list-style-type: none"> – du bois rond ou massif, des produits analogues – du bois lamellé collé certifié, du bois massif trié mécaniquement – des matériaux dérivés du bois 	<p>1,7</p> <p>1,5</p> <p>cf. norme SIA 265/1</p>
<p>Assemblages réalisés avec:</p> <ul style="list-style-type: none"> – du bois massif, du bois lamellé collé <ul style="list-style-type: none"> – en général – si l'indice de ductilité (selon le chiffre 6.1.2.3) $D_s \geq 3$ – des matériaux dérivés du bois 	<p>1,7</p> <p>1,5</p> <p>cf. norme SIA 265/1</p>

Coefficient de charge à l'ELU

■ SIA 260

Tableau 1: Facteurs de charge pour la vérification de la sécurité structurale

Actions	γ_F	État-limite		
		Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Actions variables				
– en général	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic routier	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic ferroviaire	γ_Q	1,45	1,45	1,25
Actions du sol de fondation				
Charges de terre				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,35 ^{2) 3)}	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,80	1,00
Poussée des terres				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,35	1,35	1,00
– avec effet favorable ⁴⁾	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,80	0,70	1,00
Pression hydraulique				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,05	1,20 ³⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,95	0,90	1,00
¹⁾ G est multiplié soit par $\gamma_{G,sup}$ ou soit par $\gamma_{G,inf}$ selon que l'effet d'ensemble de l'action est défavorable ou favorable. ²⁾ Pour des hauteurs de remblai de 2 à 6 m, $\gamma_{G,sup}$ peut être réduit linéairement de 1,35 à 1,20. ³⁾ Selon la norme SIA 267, des valeurs réduites sont admissibles dans certains cas, lors de l'application de la méthode observationnelle. ⁴⁾ Pour la butée des terres exerçant une action favorable, on a $F_d = R_d$, selon norme SIA 267.				

Coefficient de charge à l'ELU

■ SIA 260

Tableau 1: Facteurs de charge pour la vérification de la sécurité structurale

Actions	γ_F	État-limite		
		Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Actions variables				
– en général	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic routier	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic ferroviaire	γ_Q	1,45	1,45	1,25
Actions du sol de fondation				
Charges de terre				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,35 ^{2) 3)}	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,80	1,00
Poussée des terres				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,35	1,35	1,00
– avec effet favorable ⁴⁾	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,80	0,70	1,00
Pression hydraulique				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,05	1,20 ³⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,95	0,90	1,00
¹⁾ G est multiplié soit par $\gamma_{G,sup}$ ou soit par $\gamma_{G,inf}$ selon que l'effet d'ensemble de l'action est défavorable ou favorable. ²⁾ Pour des hauteurs de remblai de 2 à 6 m, $\gamma_{G,sup}$ peut être réduit linéairement de 1,35 à 1,20. ³⁾ Selon la norme SIA 267, des valeurs réduites sont admissibles dans certains cas, lors de l'application de la méthode observationnelle. ⁴⁾ Pour la butée des terres exerçant une action favorable, on a $F_d = R_d$, selon norme SIA 267.				

Contrainte de traction

- Vérification

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

Contrainte de flexion

- Vérification simple

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

Contrainte de cisaillement

- Cisaillement dû à l'effort tranchant

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

- Cisaillement direct – assemblage

- pour le bois massif $\tau_{a,d} \leq 0,6 f_{v,d}$
- pour le bois lamellé collé $\tau_{a,d} \leq 0,8 f_{v,d}$

ATTENTION!

Coefficient sur la résistance

- Facteur d'humidité η_w
- Facteur système K_{sys}
- Facteur hauteur k_h
- Facteur de durée de charge η_t

- SIA 265
- Tab 2

Situation des éléments	Teneur en eau moyenne de la section	
	Valeur moyenne	Variations
Éléments protégés contre les intempéries – dans des locaux bien aérés, non chauffés	10%	± 3%
Éléments partiellement protégés contre les intempéries – absorbant faiblement le rayonnement	16%	± 4%
Éléments directement exposés aux intempéries		
Éléments immergés (eau douce)	au-delà de la saturation des fibres	

Classe d'humidité 1

Classe d'humidité 2

Classe d'humidité 3

Facteur de réduction η_w

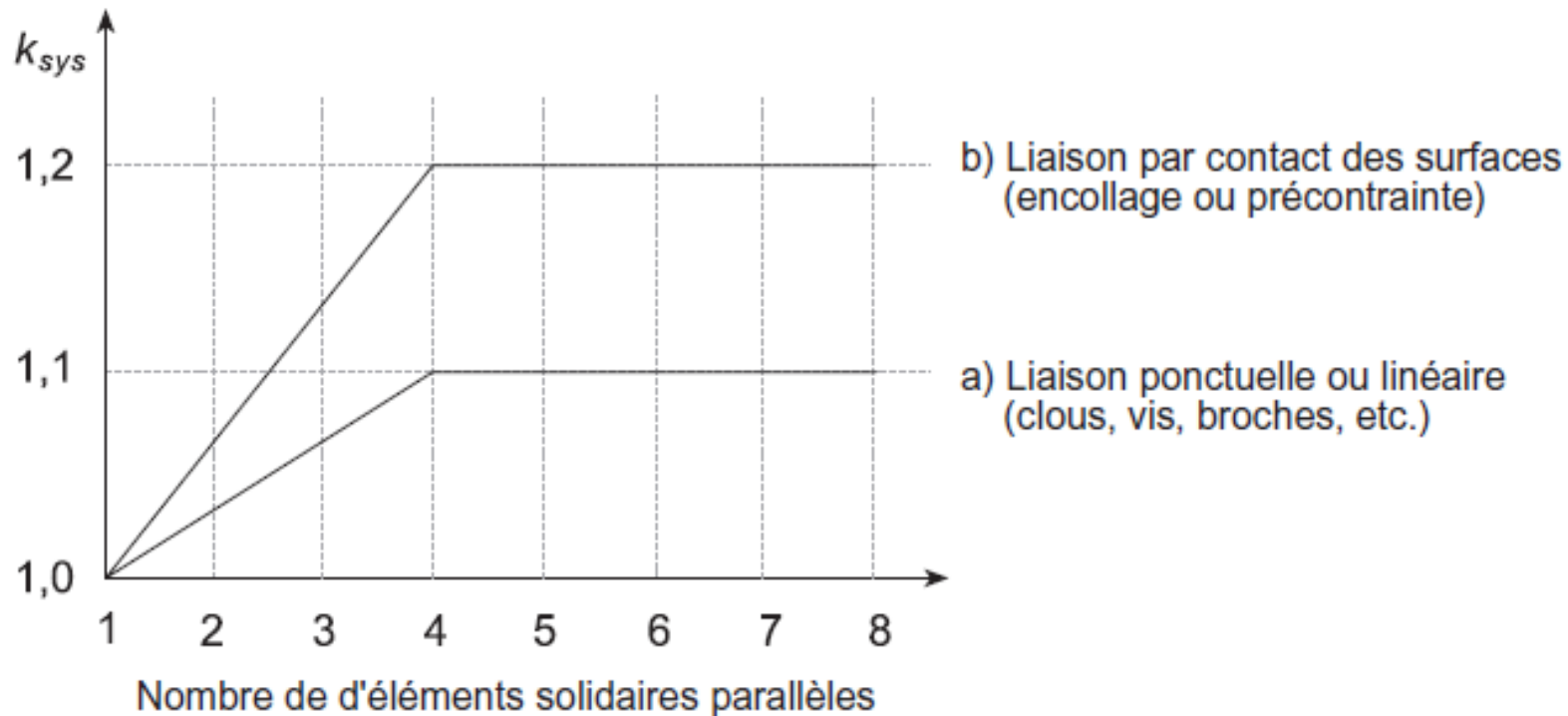
- L'influence sur la résistance

Tableau 3.7 Facteur de réduction η_w pour humidité du bois ; résistance.

Situation des éléments	Classe d'humidité	Réduction de la résistance
Protégés des intempéries	1	1
Partiellement protégés des intempéries, directement exposés aux intempéries	2	0,8
Humides ou immergés	3	0,6

Facteur système k_{sys}

Figure 22: Facteur d'efficacité du système k_{sys} pour des éléments construction ayant des composants juxtaposés parallèlement



Facteur hauteur k_h

- S'applique sur des hauteurs inférieure à 600mm
- Augmente la résistance à la flexion $f_{m,d}$
- Applicable **que** pour le **Bois lamellé collé**

$$k_h = \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \leq 1,1 \quad (h \text{ en mm})$$

Comportement du bois

- Traction - compression

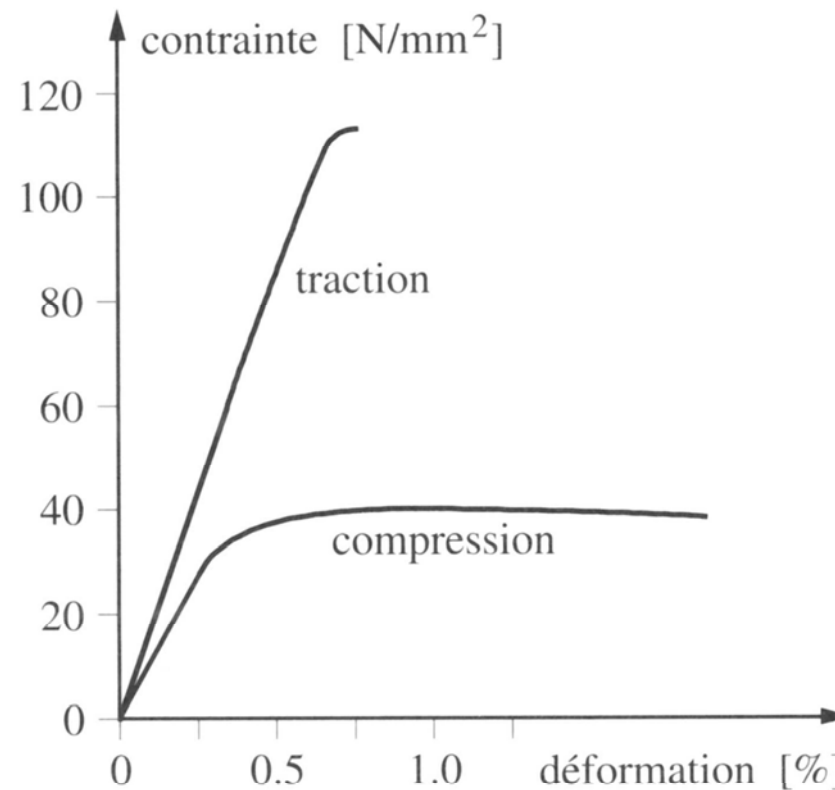


Fig. 3.3 Relation générale contrainte-déformation pour des sollicitations parallèles aux fibres du bois.

Facteur de durée de charge η_t

- en général: $\eta_t = 1,0$
- actions assimilées à des chocs: $\eta_t = 1,4$
(par ex. actions dynamiques des charges routières, ainsi que séismes et chocs)

Coefficient sur la résistance

- Fractile 5% // valeur de dimensionnement

$$f_d = \frac{\eta_M \eta_t \eta_w}{\gamma_M} f_k$$

avec: f_k , γ_M , η_M , η_t , η_w selon chiffres 2.2.3 à 2.2.7.

Dimensionnement à l'ELS

- Etat limite de service
 - Charge de longue durée
 - Charge de courte durée

Combinaison des charges pour ELS

Tableau 2: Coefficients de réduction pour les bâtiments

Actions	ψ_0 (rares)	ψ_1 (fréquentes)	ψ_2 (quasi permanentes)
Charges utiles dans les bâtiments			
– Catégorie A Locaux habitables	0,7	0,5	0,3
– Catégorie B Locaux administratifs	0,7	0,5	0,3
– Catégorie C Locaux de réunion	0,7	0,7	0,6
– Catégorie D Locaux de vente	0,7	0,7	0,6
– Catégorie E Entrepôts	1,0	0,9	0,8
Charges dues au trafic dans les bâtiments			
– Catégorie F Véhicules en dessous de 30 kN	0,7	0,7	0,6
– Catégorie G Véhicules de 30 à 160 kN	0,7	0,5	0,3
– Catégorie H Toits	0	0	0
Charges de neige	$1 - 60/h^{1)}$	$1 - 250/h^{1)}$	$1 - 1000/h^{1)}$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,5	0
Actions du sol de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7
¹⁾ Valeurs non négatives, altitude h en m.			

Limite des déformations

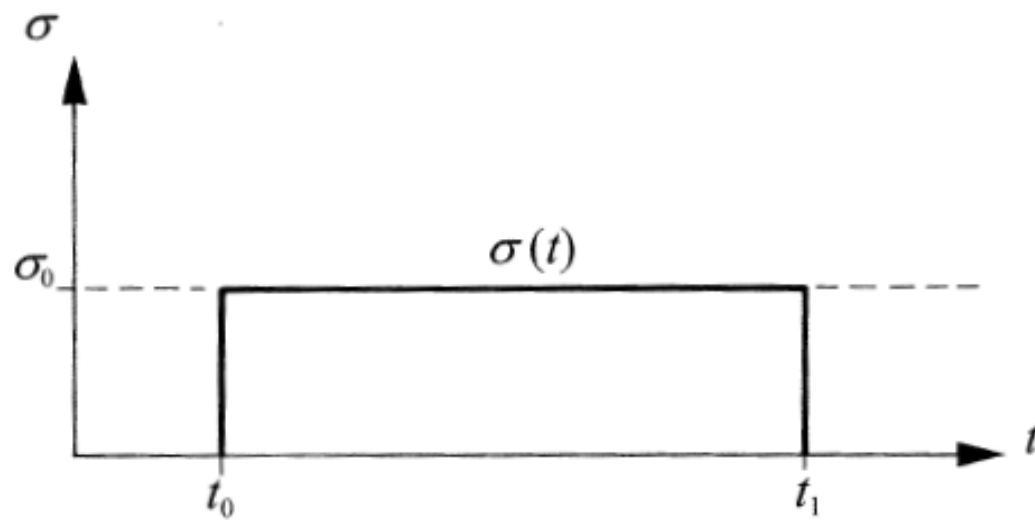
Tableau 3: Valeurs indicatives des flèches des dalles et des poutres

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement – Éléments incorporés à caractère fragile – Éléments incorporés à caractère ductile – Utilisation et exploitation	$w \leq l/500$ ^{1) 2) 3)}	$w \leq l/350$ ^{1) 2)} $w \leq l/350$ ⁴⁾	
Confort		$w \leq l/350$ ⁴⁾	
Aspect			$w \leq l/300$ ¹⁾

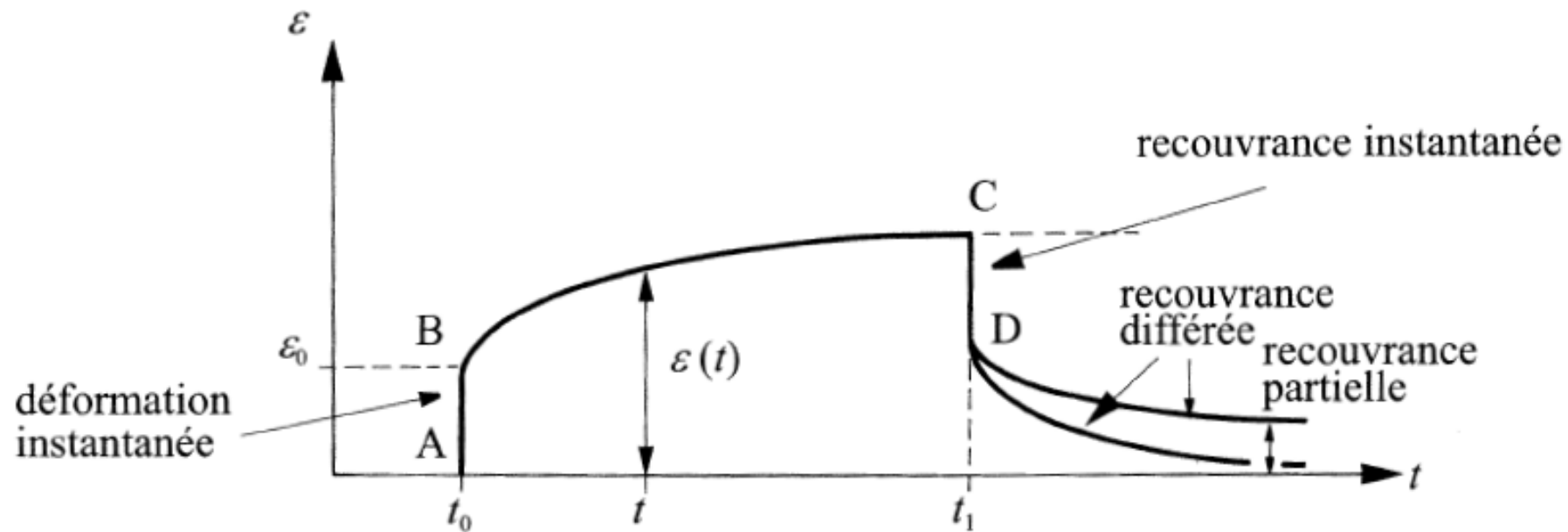
Charge de longue durée

- Fluage
- Classe d'exposition
- Variation d'humidité

Le fluage



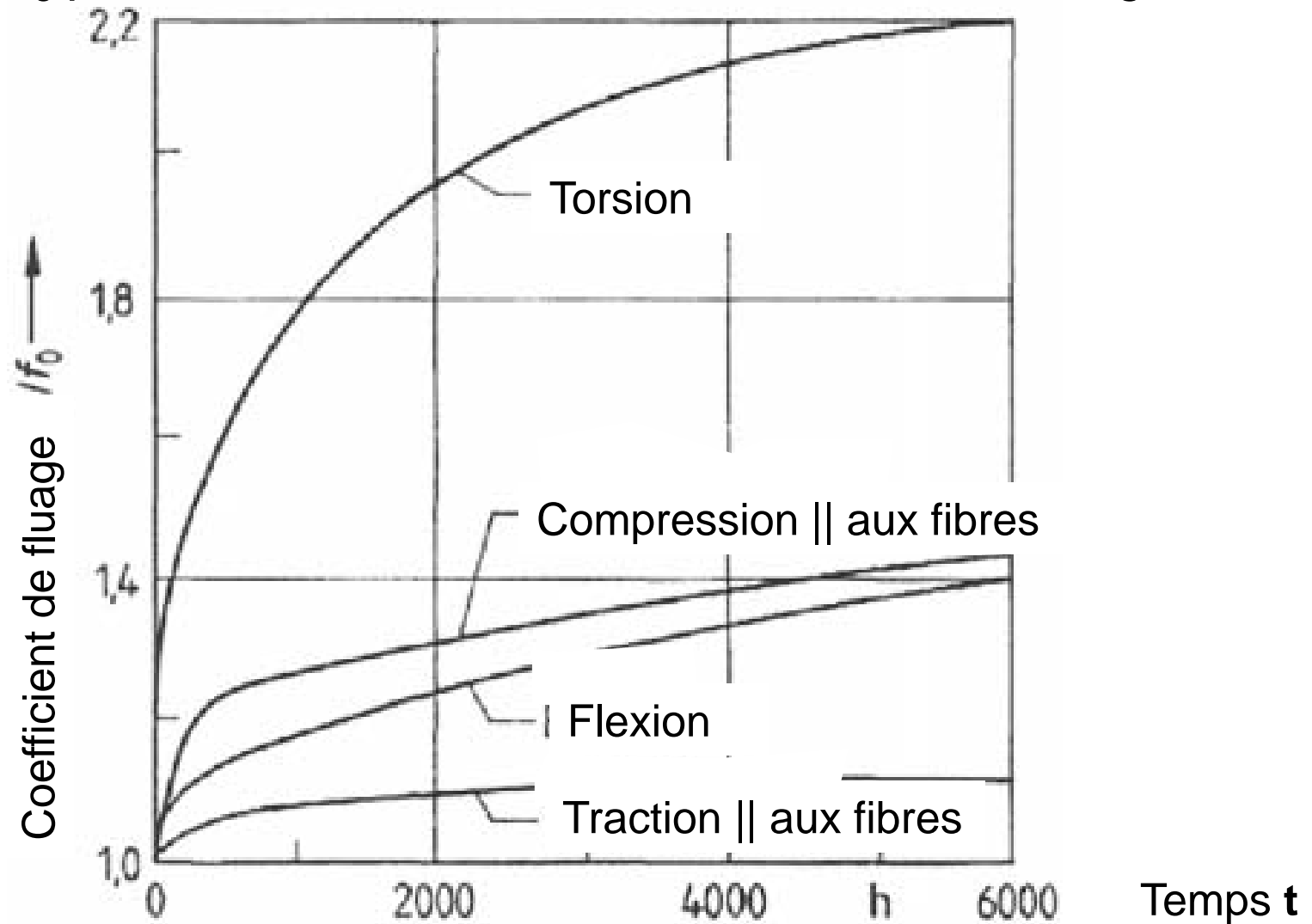
(a)



(b)

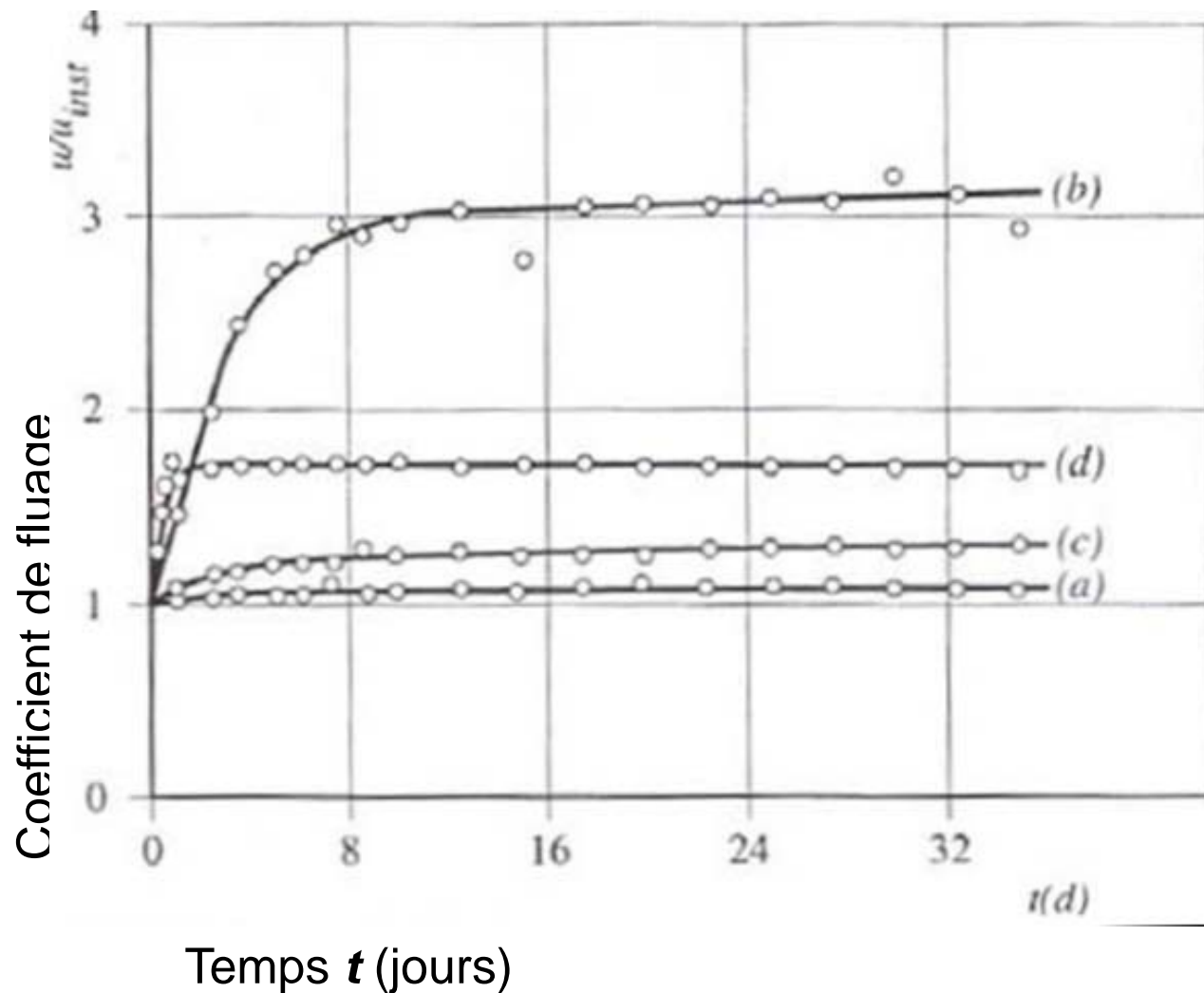
Fluage

- Effet du type de sollicitation sur le coefficient de fluage :



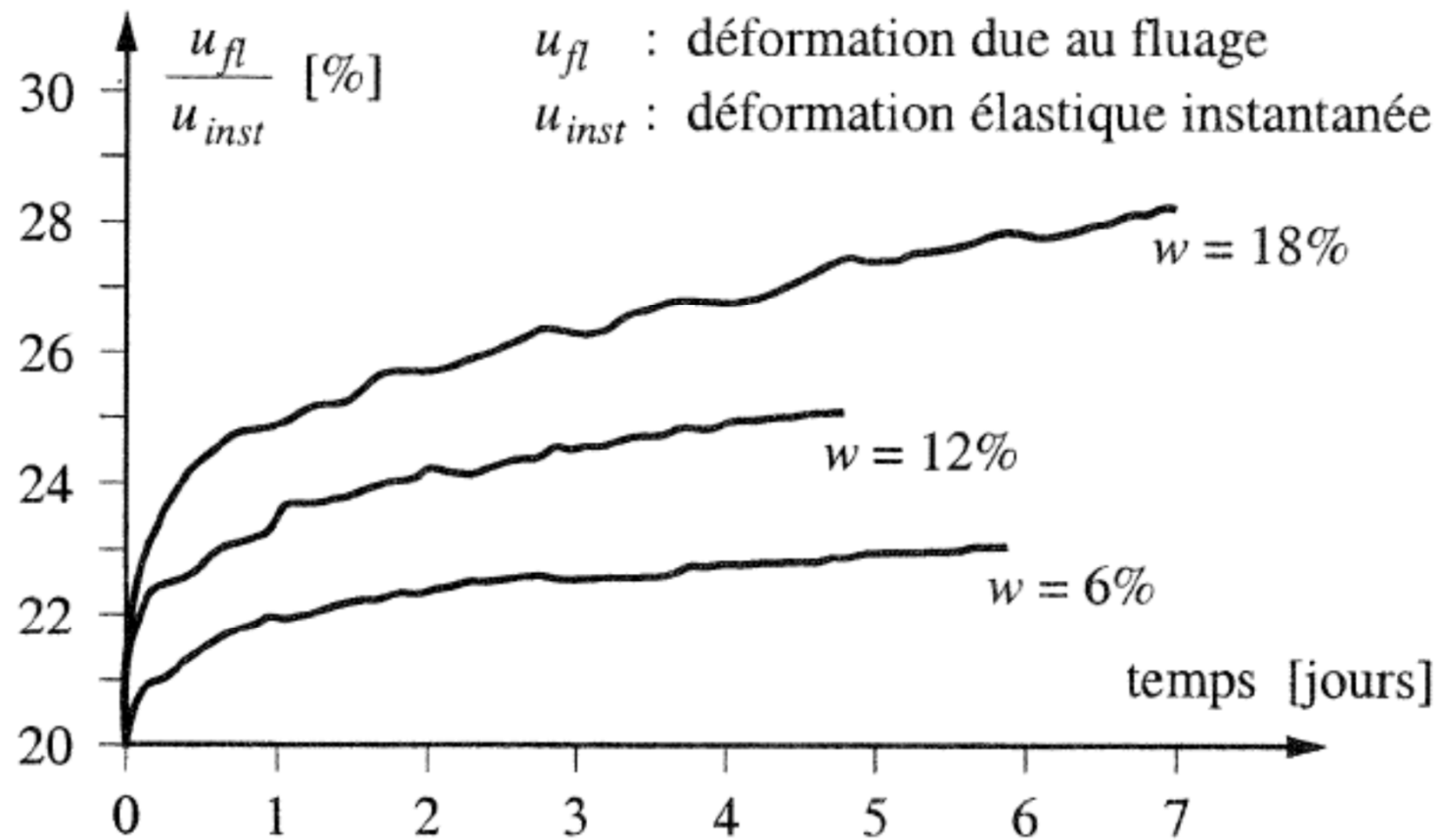
Fluage

■ Influence du taux d'humidité de départ



Fluage

- Influence du taux d'humidité



Evolution du fluage en flexion sous charge constante, à trois états hygroscopiques différents

Fluage

■ Influence du taux d'humidité ambiant

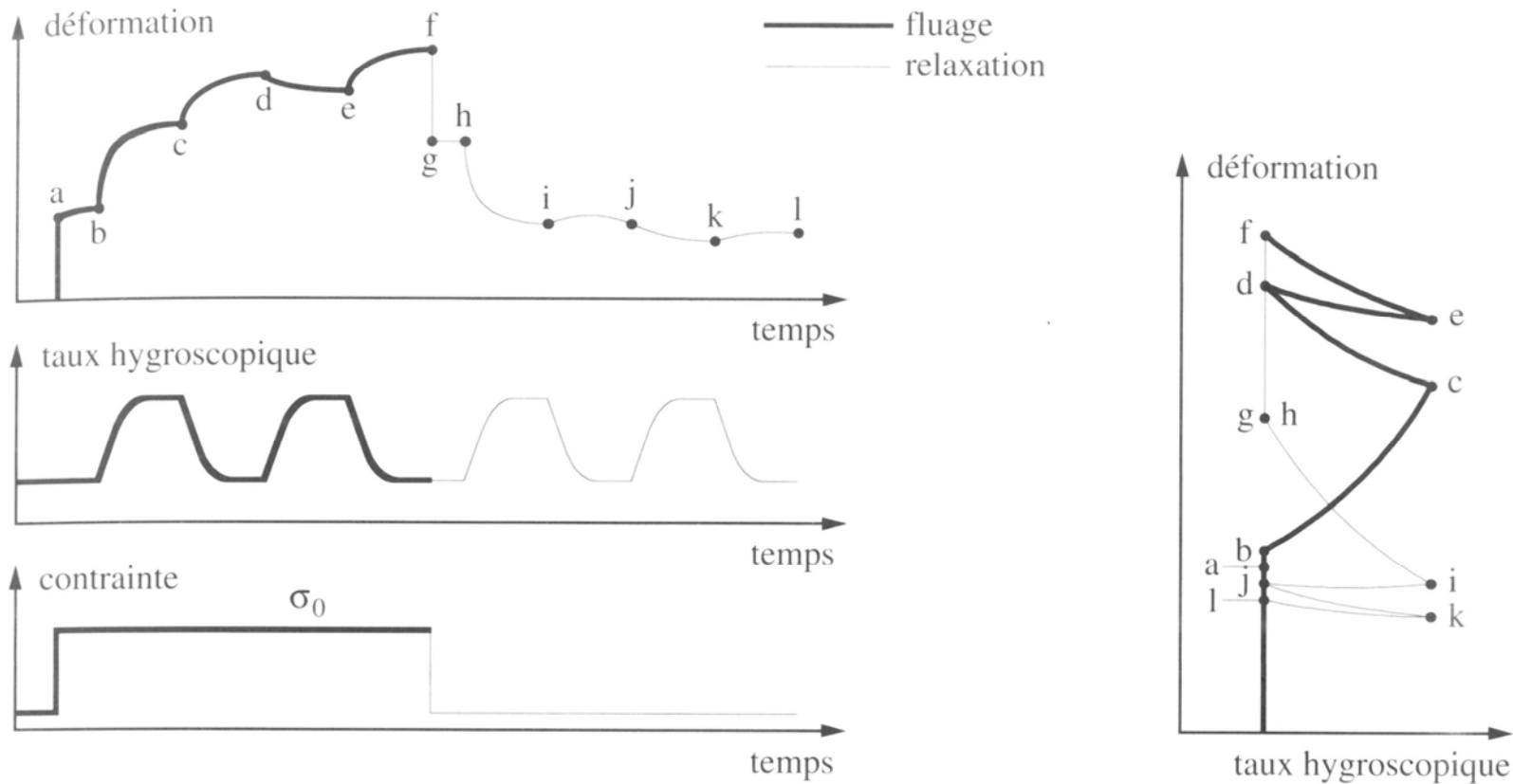


Fig. 3.29 Evolution de la déformation en phase de fluage pour une poutre fléchie, et quand son taux hygroscopique varie cycliquement dans le temps.

Fluage

■ Variation d'humidité

Éléments protégés contre les intempéries		
– dans des locaux bien aérés, chauffés en hiver	9%	$\pm 3\%$
– dans des locaux bien aérés, peu chauffés en hiver	12%	$\pm 3\%$
– dans des locaux bien aérés, non chauffés	15%	$\pm 3\%$
Éléments partiellement protégés contre les intempéries		
– sous des abris, à l'air libre	17%	$\pm 5\%$
– petites sections (par ex. des revêtements de façade avec ou sans traitement de surface)		
– absorbant fortement le rayonnement	15%	$\pm 5\%$
– absorbant faiblement le rayonnement	17%	$\pm 4\%$
– sections moyennes (par ex. des éléments de balcon sous toit)		
– absorbant fortement le rayonnement	13%	$\pm 4\%$
– absorbant faiblement le rayonnement	16%	$\pm 4\%$

Selon SIA 265

Les facteurs de fluage

- Sur les déformations

$$W_{\infty} = W_{el} \cdot (1 + \varphi)$$

avec

W_{∞}	déformation à long terme au temps $t = \infty$
W_{el}	déformation élastique au temps $t = 0$
φ	coefficient de fluage.

Les facteurs de fluage

- Influence sur la rigidité E

Tableau 3.8 Facteur de réduction η_w pour humidité du bois ; rigidité.

Situation des éléments	Classe d'humidité	Réduction de la rigidité
Protégés des intempéries	1	1
Partiellement protégés des intempéries, directement exposés aux intempéries	2	0,9
Humides ou immergés	3	0,75

Les facteurs de fluage

■ Sur les déformations

Tableau 5: Coefficient de fluage φ pour les bois massifs, lamellés collés, les panneaux stratifiés et le bois contrecollé ¹⁾

Situation des éléments de construction	Bois conditionné	Bois ressuyé ou humide lors de la mise en œuvre
protégés contre les intempéries	0,6	1 ²⁾
autres éléments de construction selon 3.2.1.1	2	2
<p>¹⁾ Coefficients de fluage pour les panneaux de particules, de fibres et les panneaux OSB, voir la norme SIA 265/1.</p> <p>²⁾ Pour du bois massif ressuyé ou humide lors de la mise en œuvre et qui est soumis à des sollicitations pendant le séchage, il faut augmenter le coefficient de fluage.</p>		

Bois lamellé collé

Le bois lamellé collé

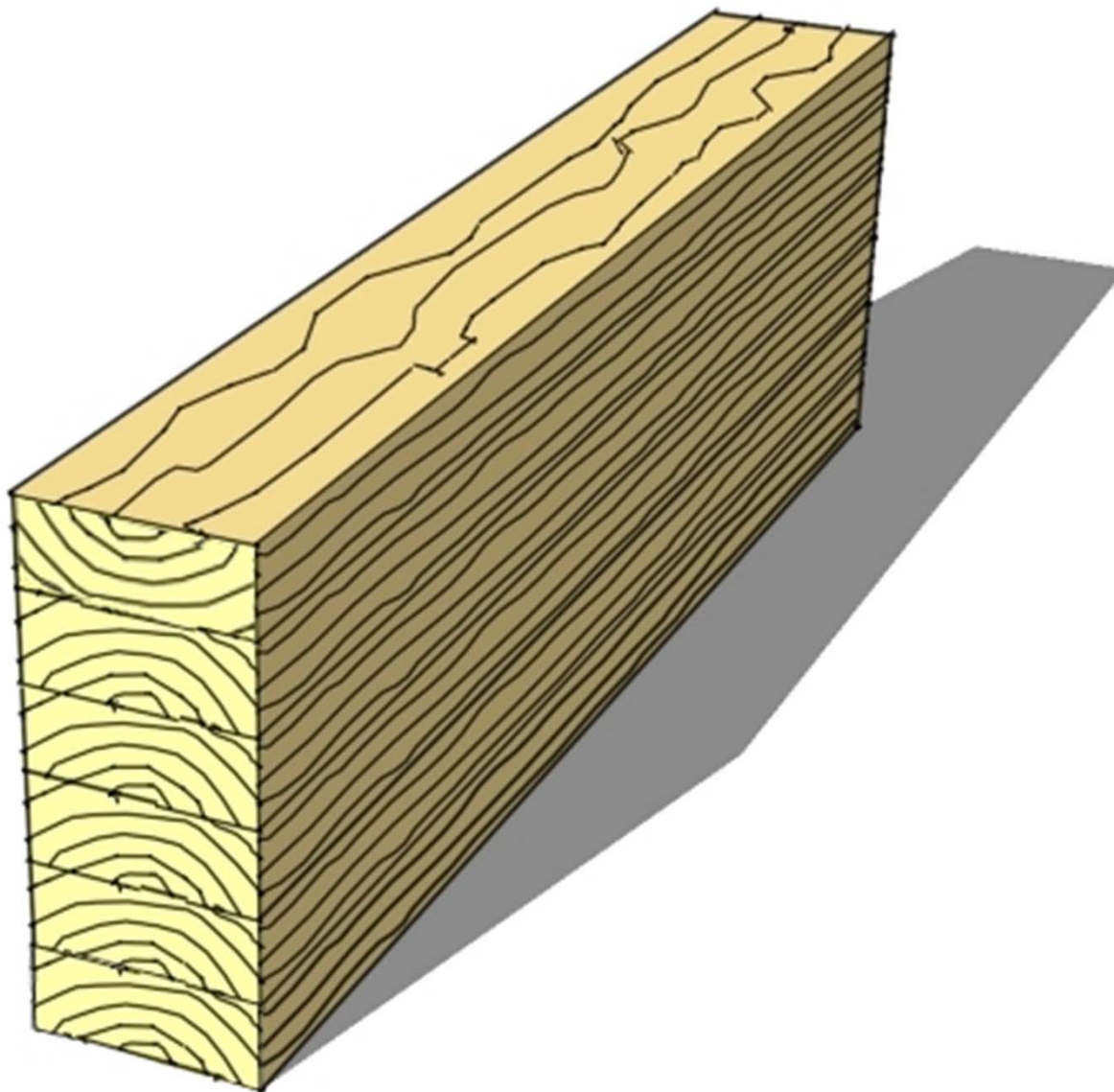
Tableau 7: Propriétés caractéristiques et valeurs de calcul pour le bois lamellé collé de résineux
(pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$)

Classes de résistance				BLC normal				BLC haute qualité ⁵⁾			
				GL24k	GL24h	GL28k	GL28h	GL32k	GL32h	GL36k	GL36h
Propriétés caractéristiques ¹⁾											
– Résistance à la flexion		$f_{m,k}$	N/mm ²	24	24	28	28	32	32	36	36
– Mod. d'élast. moyen en flexion		$E_{m,mean}$	N/mm ²	11 000	11 000	12 000	12 000	13 000	13 000	14 000	14 000
Valeurs de calcul ¹⁾											
Résistance	Flexion	$f_{m,d}$	N/mm ²	16	16	18,5	18,5	21	21	24	24
	Traction au fil	$f_{t,0,d}$	N/mm ²	10	12	12	14	14	16	16	18
	Compression au fil	$f_{c,0,d}$	N/mm ²	13	14,5	16	17	17,5	19	18	20,5
	Traction ⊥ au fil	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Compression ⊥ au fil	$f_{c,90,d}$									
	– en général		N/mm ²	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2
	– avec un avant-bois ^{2) 3)}		N/mm ²	2,5 (4,0)	2,5 (4,0)	2,7 (4,3)	2,7 (4,3)	2,8 (4,4)	2,8 (4,4)	3,0 (4,7)	3,0 (4,7)
	– appui d'extrémité ³⁾		N/mm ²	2,5 (4,0)	2,5 (4,0)	2,7 (4,3)	2,7 (4,3)	2,8 (4,4)	2,8 (4,4)	3,0 (4,7)	3,0 (4,7)
Contrainte de cisaillement		$f_{v,d}$	N/mm ²	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Rigidité	$E_{0,mean}$ au fil ⁴⁾	$\begin{Bmatrix} E_{m,mean} \\ E_{t,0,mean} \\ E_{c,0,mean} \end{Bmatrix}$	N/mm ²	11 000	11 000	12 000	12 000	13 000	13 000	14 000	14 000
	$E_{90,mean}$ ⊥ au fil ⁴⁾	$\begin{Bmatrix} E_{t,90,mean} \\ E_{c,90,mean} \end{Bmatrix}$	N/mm ²	300	300	300	300	400	400	400	400
	Module de cisaillement ⁴⁾		G_{mean}	N/mm ²	500	500	500	500	600	600	600
Densité ¹⁾		ρ_k	kg/m ³	350	380	380	410	410	430	430	450

¹⁾ Toutes les propriétés et les valeurs de calcul correspondent à une teneur en eau de 12%.

²⁾ L'avant-bois doit dépasser de 100 mm de chaque côté, sinon prendre la valeur «en général».

Bois lamellé collé



Le bois lamellé collé

■ Classe des lamelles

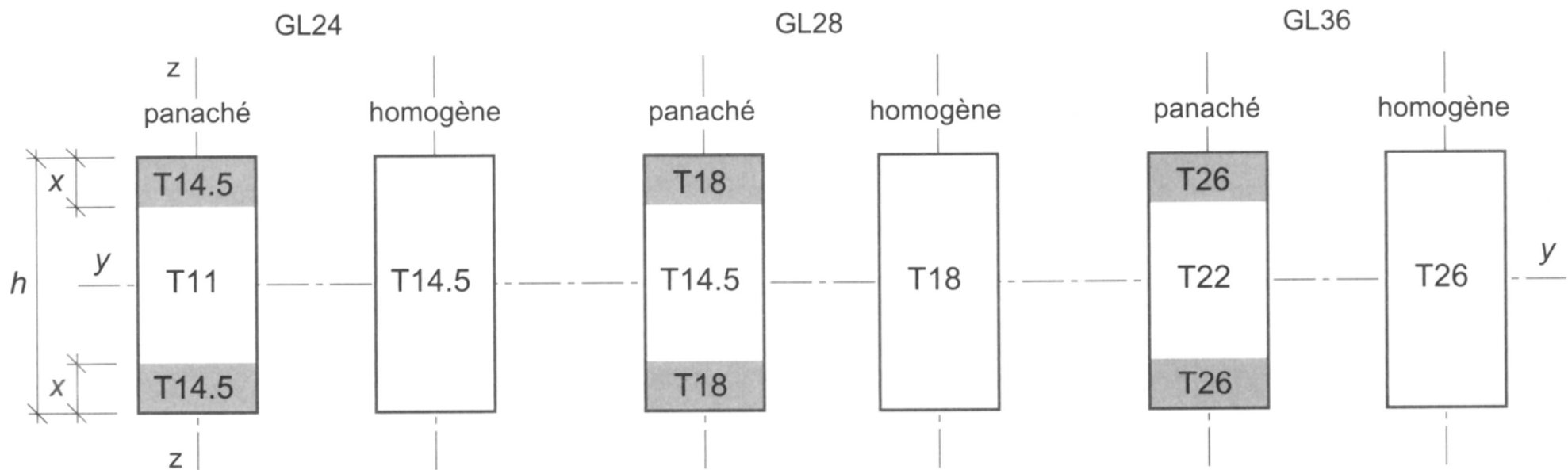
Tableau 12: Exigences relatives aux propriétés des lames et des aboutages

Désignation des lames	T11	T14,5	T18	T22 ³⁾	T26 ³⁾
Valeur caractéristique de la résistance à la traction, en N/mm ² $f_{t,0,l,k}$ ¹⁾	11	14,5	18	22	26
Module E moyen en traction, en N/mm ² $E_{t,0,mean}$	9000	11 000	12 000	13 000	14 000
Valeur caractéristique de la résistance à la traction des aboutages à entures multiples, en N/mm ² $f_{t,j,k}$ ²⁾	16	19,5	23	27	31
¹⁾ définie pour la section totale de la planche, pour une longueur libre de 2000 mm. ²⁾ définie pour la section totale de l'aboutage, pour une longueur libre ≥ 200 mm. ³⁾ vérifier les possibilités de fabrication (nécessite un tri mécanique).					

Le bois lamellé collé

■ Homogène / panaché

Figure 14: Composition de la section de bois lamellé collé (SN EN 1194)



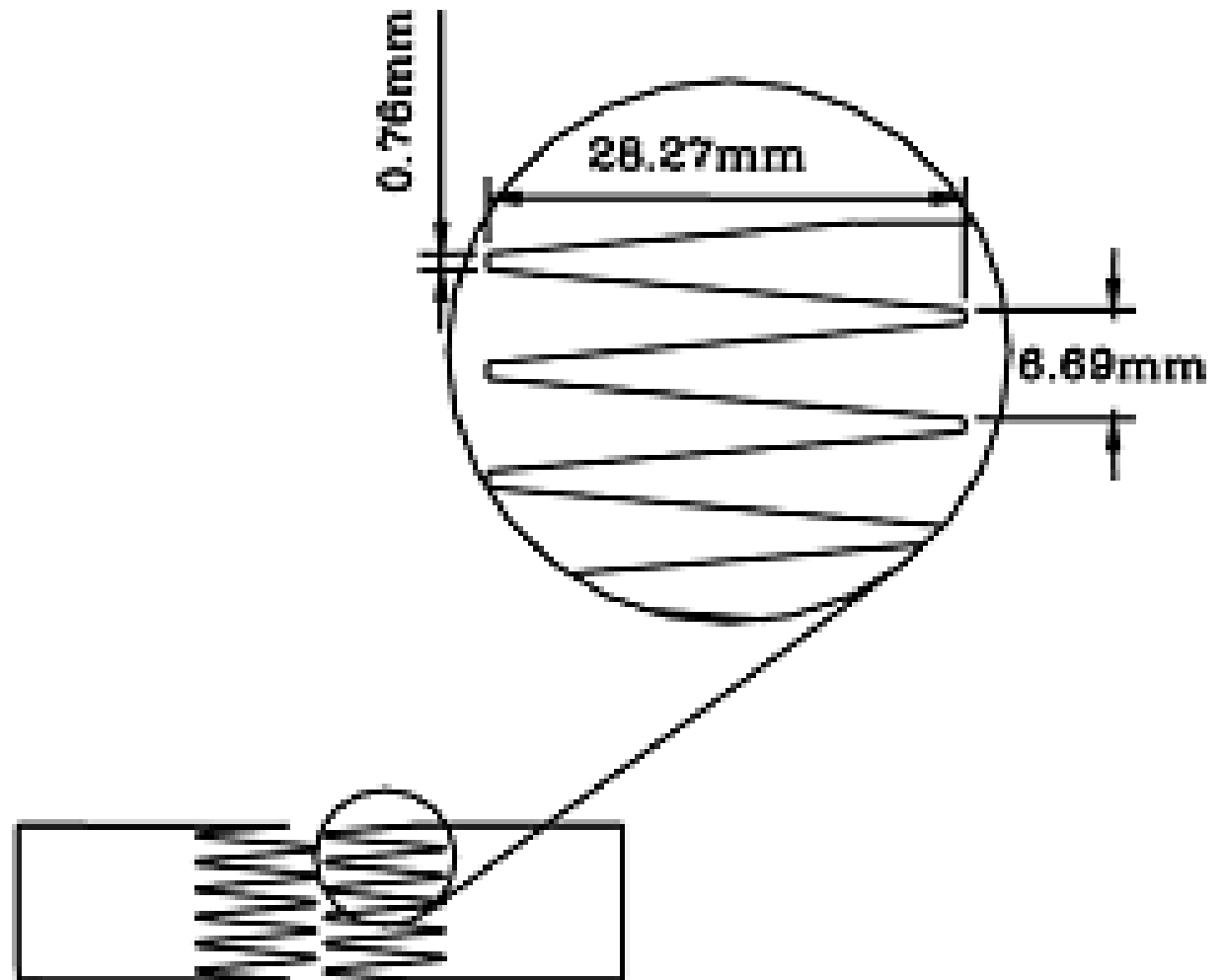
$x \geq \frac{h}{6}$, au minimum 2 lames

T11: désignation des lames par:

T = traction

11 = valeur caractéristique de la résistance à la traction, en N/mm².

Joint d'enture multiple



Collage des lamelles

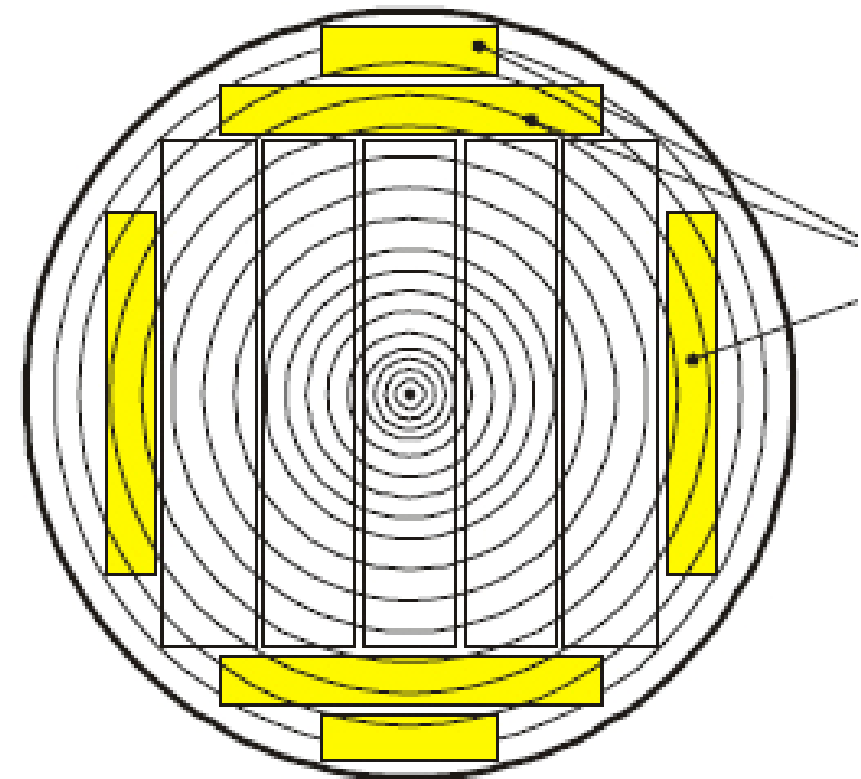


Longueur maximale

- La longueur de collage est limité par la longueur de la halle de production de l'entreprise.
- En général «on» dit 25-30m
- Cette longueur est aussi liée au possibilité de transport sur site
- L'entreprise JPF-Ducret à fabriqué des poutre de 38m de longueur pour la piscine de St Prex
- Pour la construction de la piscine à Nyon, des BLC de 40m de long ont été utilisé.

L'origine du bois

- Les lamelles viennent du tronc
- Largeurs: 80-100-120-140-160-180-200-220-240-260 mm

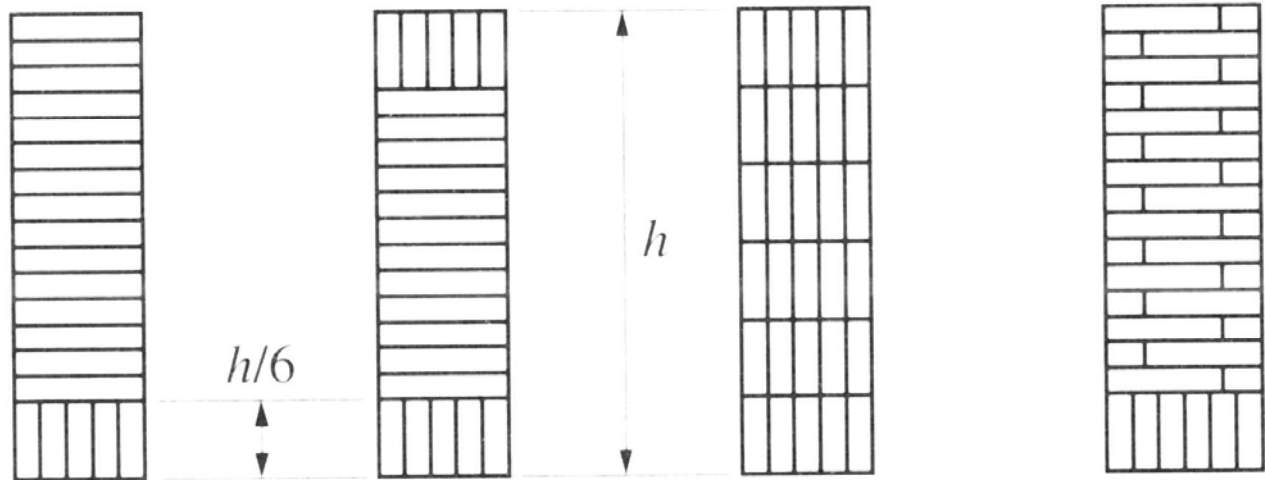


Le bois lamellé collé

- Effet de groupe k_{sys}



(a) Bois lamellé-collé.

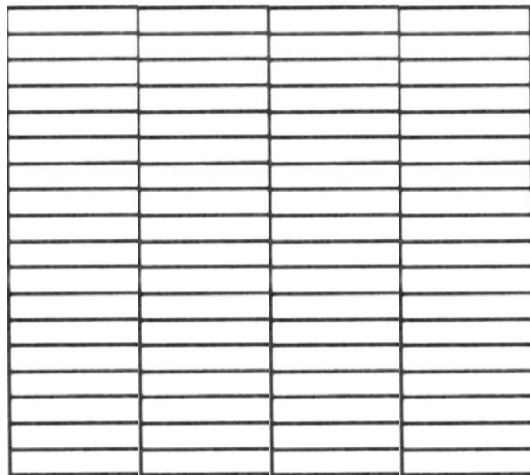


(b) Bois lamellé-multicollé.

Fig. 3.19 Schéma de principe des poutres en bois collé.

Bois lamellé collé

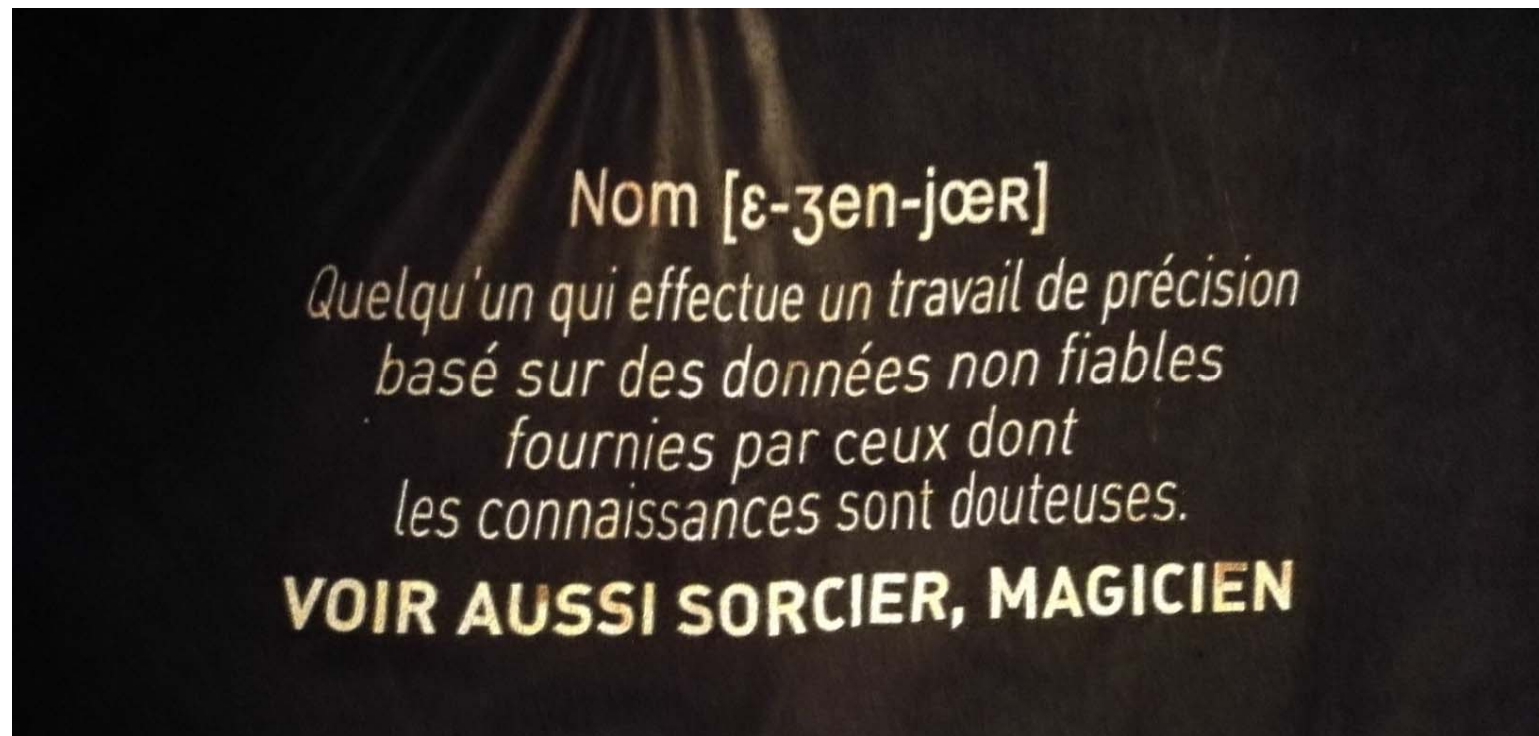
- Section XXL – contrecollage



- $4 \times 20 / 120 = 80 / 120 \text{ cm}^2$



Definition de Ingénieur



Exercice du jour

- La poutre
- Une poutre sur deux appuis a une portée de 5,0 m. Les charges sont les suivantes :
 - Poids propre (y compris structure) $g = 0.9 \text{ kN/m}$
 - Charge utile $q = 2.4 \text{ kN/m}$
- 1. Quelles sont les dimensions de la poutre si elle se trouve à l'intérieure
- 2. Quelles sont les dimensions de la poutre si elle se trouve à l'extérieure, exposé aux intempéries

Aptitude au fonctionnement pour structures porteuses avec éléments incorporés peu sensibles aux déformations Conséquences réversibles de l'effet d'une action dues à un cas de charge fréquent	$Q_{Ed} = G_{ki} + \psi_1 \cdot Q_{k1} + \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$w \leq \frac{l}{350}$ <ul style="list-style-type: none"> – après déduction de la contreflèche – effet à long terme compris (fluage) – après montage des principaux éléments non porteurs
Confort/apptitude au fonctionnement Conséquences réversibles de l'effet d'une action dues aux actions variables d'un cas de charge fréquent	$Q_{Ed} = \psi_1 \cdot Q_{k1} + \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$w \leq \frac{l}{350}$
Aspect Conséquences réversibles de l'effet d'une action dues à un cas de charge quasi permanent	$Q_{Ed} = G_{ki} + \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$w \leq \frac{l}{300}$ <ul style="list-style-type: none"> – après déduction de la contreflèche – effet à long terme compris (fluage)

Coefficients de réduction pour bâtiments			
Actions	Coefficient de réduction		
	ψ_0 rare	ψ_1 fréquent	ψ_2 quasi permanent
Charges utiles dans les bâtiments			
– Cat. A Locaux d'habitation	0,7	0,5	0,3

Tableau p. 13 TCB1