

Systemes constructifs

Natterer Johannes

Ing. dipl. EPFL

Système constructif

- Madrier - Fuste
- Construction en colombage
- Ossature bois
- Poteau poutre
- Panneau massif

Madrier – Fuste

- Le principe
 - Empilage des bout de bois
- Le madrier
 - Bois équarris
- La fuste
 - Bois rond

Le chalet



Timberhouse.ca

La fuste



<http://www.lacompagniedesfustes.com>

Yelomart.fr

Le colombage

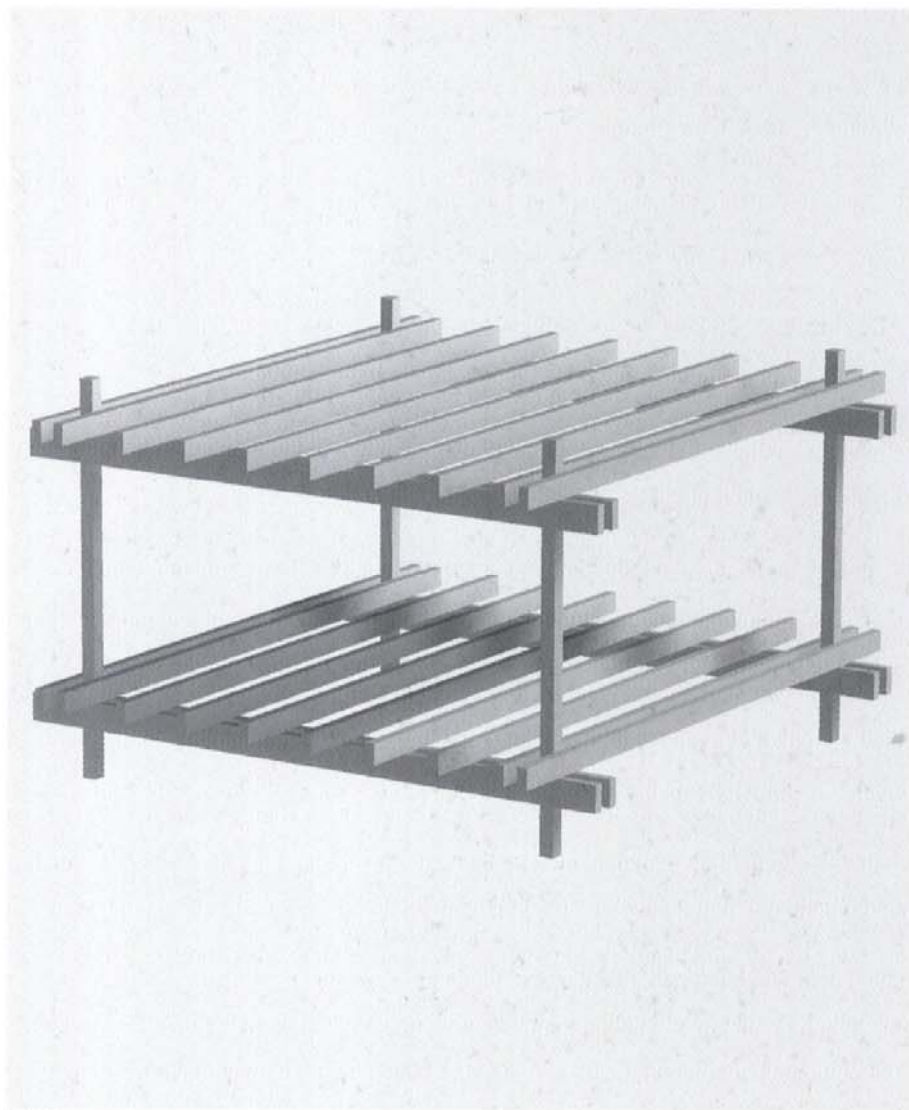


Le colombage

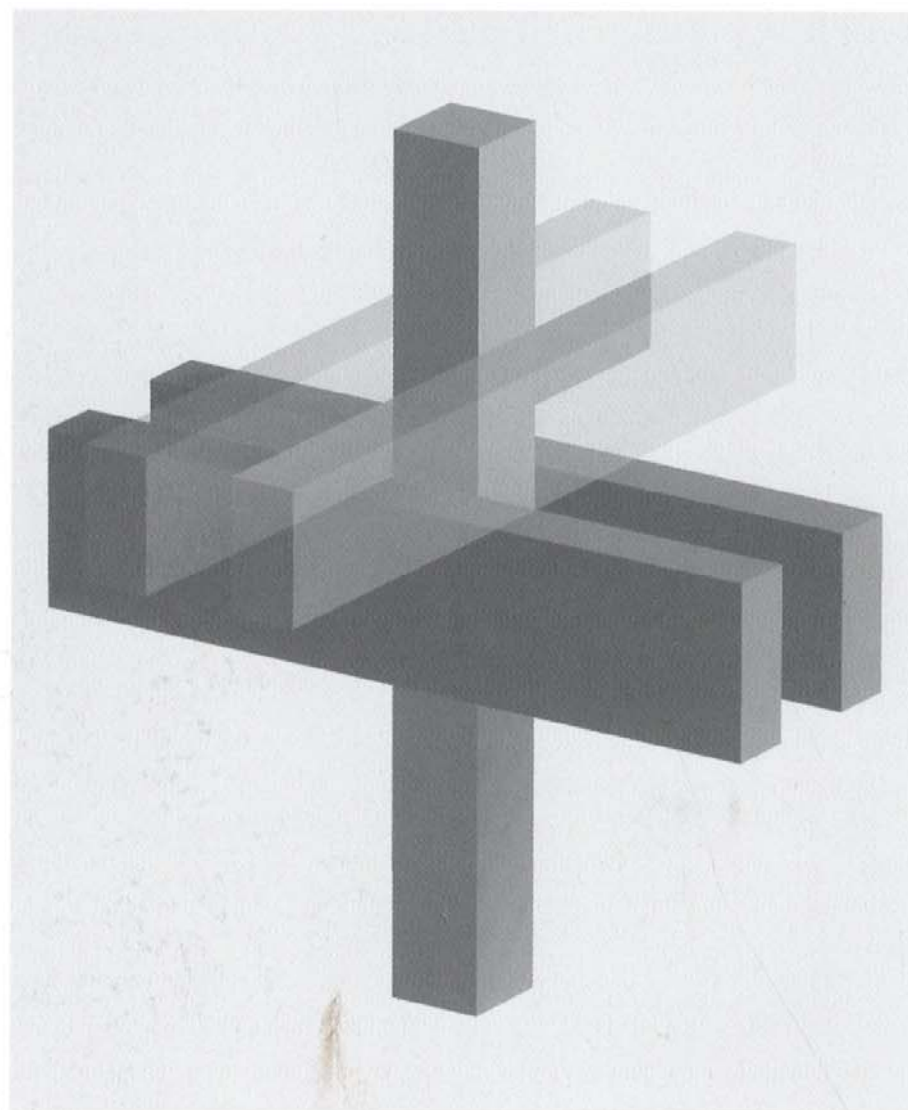


Poteaux poutres

Poteaux poutres

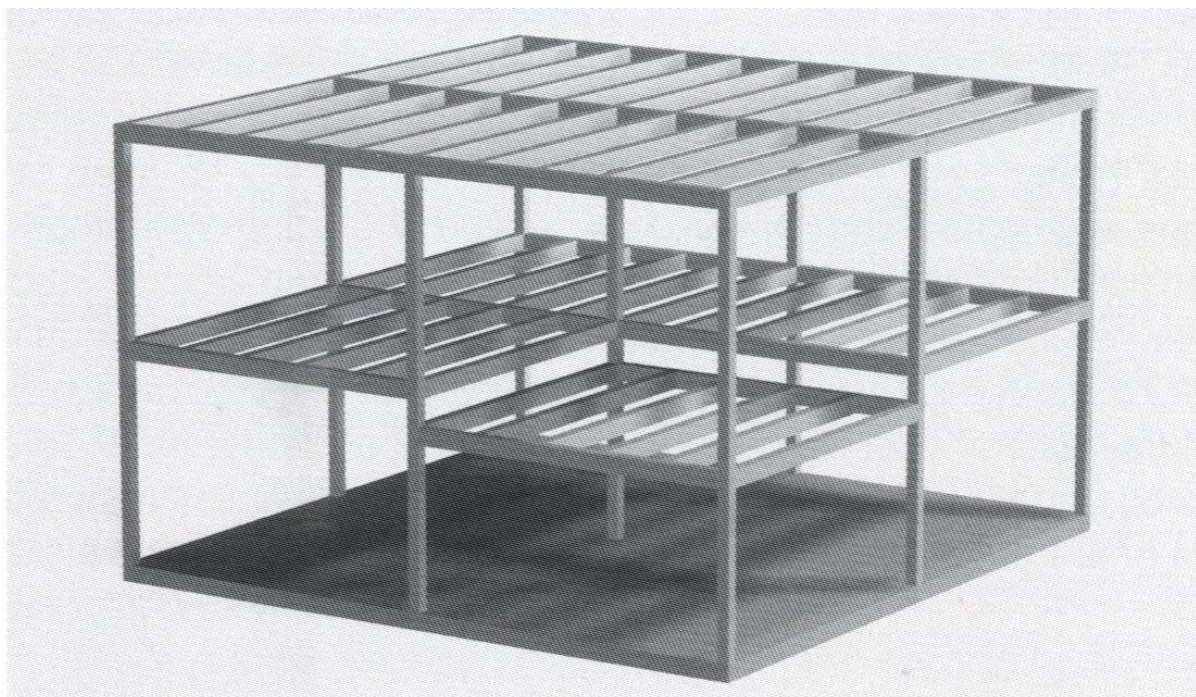


b145



b146

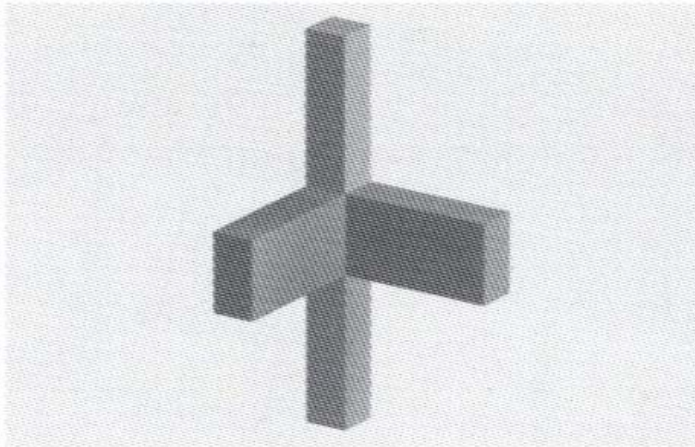
Poteaux poutres



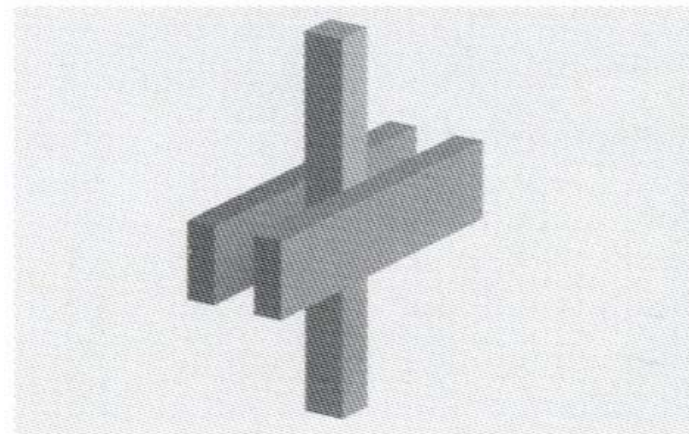
L122

Bois système constructifs / Joseph Kolb / PPUR

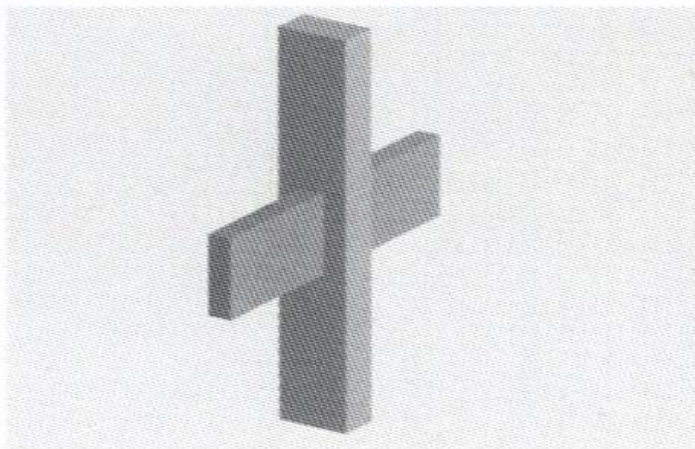
Poteaux poutres



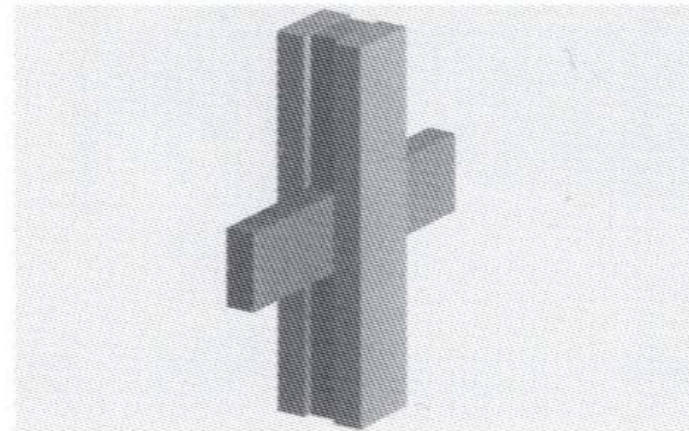
b142



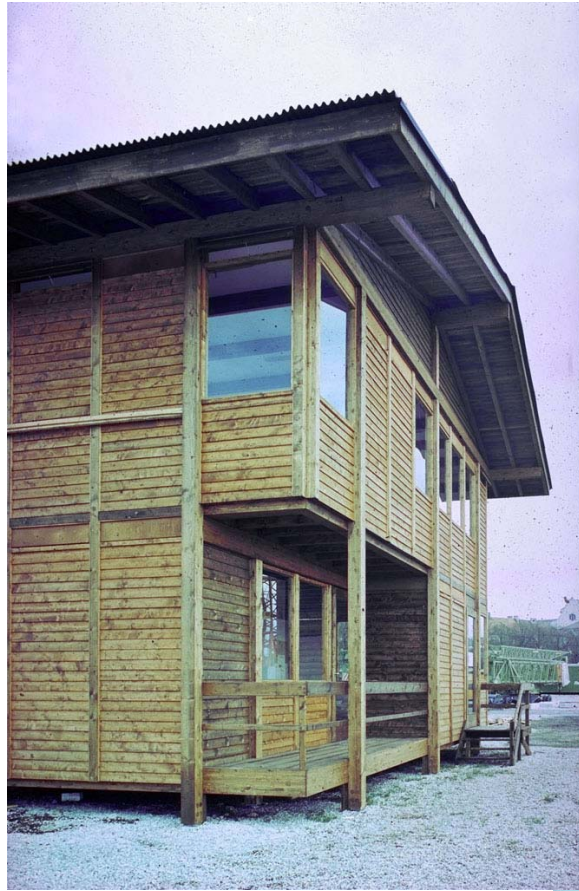
b139



b143



b140



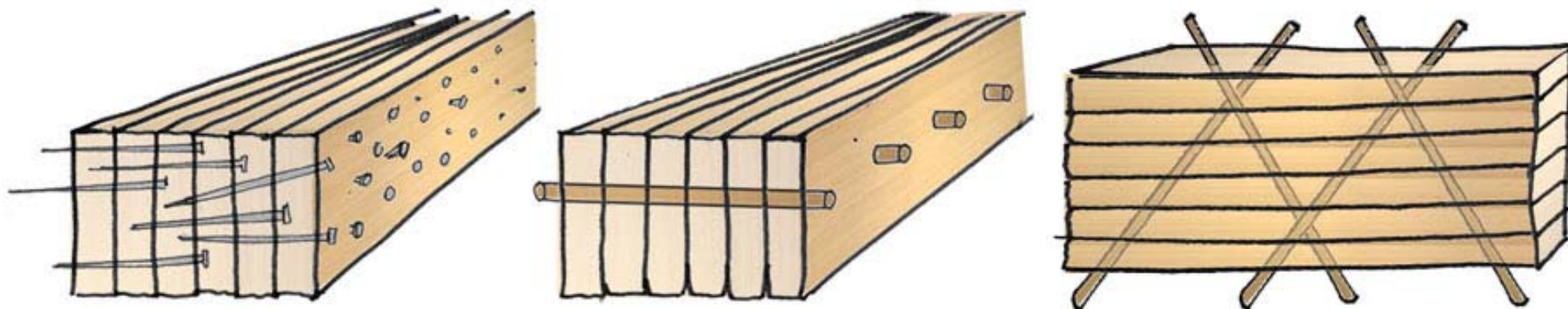
Poteaux poutres



Villa de l'entreprise
Huf Haus gmbH

Systeme dalle

Plancher cloué/chevillé/collé



Amélioration par le facteur K_{sys}

Regensburg

- Villa en bois massif



Logement pour étudiants



Les panneaux en bois massif

- Panneau 3-ply / 5-ply / 10-ply


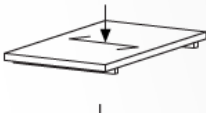
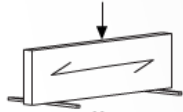
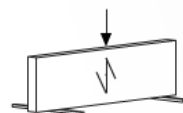
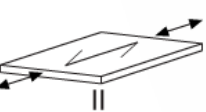
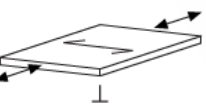


Les panneaux en bois massif



Attention aux performance des panneaux

20

Epaisseur nominale des panneaux en mm					12 à 20	> 20 à 30	> 30 à 42	> 42
Valeurs de calcul ^{1) 2)}								
Sollicitation en plaque	 II	parallèle ⁴⁾	flexion	$f_{m,0,d}$ N/mm ²	21,5	18,5	9,8	7,4
			cisaillement	$f_{r,0,d}$ N/mm ²	1,0	1,0	0,75	0,75
			module d'élasticité ³⁾	$E_{m,0,mean}$ N/mm ²	10 000	8 200	7 600	7 100
			module de cisaillement ³⁾	$G_{0,mean}$ N/mm ²	41	41	41	41
	 ⊥	perpendi- culaire ⁴⁾	flexion	$f_{m,90,d}$ N/mm ²	3,1	3,1	5,5	5,5
			cisaillement	$f_{r,90,d}$ N/mm ²	0,85	0,85	0,85	0,85
			module d'élasticité ³⁾	$E_{m,90,mean}$ N/mm ²	550	550	1 500	1 500
			module de cisaillement ³⁾	$G_{90,mean}$ N/mm ²	41	41	41	41
Sollicitation en voile	 II	parallèle ⁴⁾	flexion	$f_{p,0,d}$ N/mm ²	15,4	8,6	7,4	6,2
			cisaillement	$f_{v,0,d}$ N/mm ²	2,5	2,5	2,2	1,5
			module d'élasticité ³⁾	$E_{p,0,mean}$ N/mm ²	4 700	2 900	2 400	1 800
			module de cisaillement ³⁾	$G_{0,mean}$ N/mm ²	470	470	470	470
	 ⊥	perpendi- culaire ⁴⁾	flexion	$f_{p,90,d}$ N/mm ²	7,4	7,4	7,4	7,4
			cisaillement	$f_{v,90,d}$ N/mm ²	3,1	2,2	1,5	1,2
			module d'élasticité ³⁾	$E_{p,90,mean}$ N/mm ²	3 500	3 500	4 700	4 700
			module de cisaillement ³⁾	$G_{90,mean}$ N/mm ²	470	470	470	470
	 II	parallèle ⁴⁾	traction	$f_{t,0,d}$ N/mm ²	9,8	5,5	3,7	3,7
			compression	$f_{c,0,d}$ N/mm ²	9,8	9,8	6,2	6,2
			module d'élasticité ³⁾	$E_{t,0,mean}$ N/mm ²	4 700	3 500	2 400	2 400
	 ⊥	perpendi- culaire ⁴⁾	traction	$f_{t,90,d}$ N/mm ²	3,7	3,7	3,7	3,7
			compression	$f_{c,90,d}$ N/mm ²	6,2	6,2	9,8	9,8
			module d'élasticité ³⁾	$E_{t,90,mean}$ N/mm ²	2 900	2 900	2 900	2 900
Densité caractéristique ^{1) 2)}				ρ_k kg/m ³	410	410	410	410

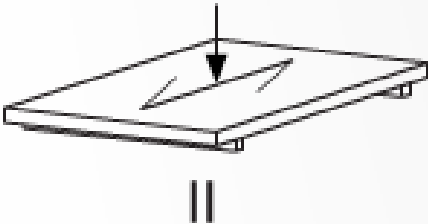
TCB p.31

¹⁾ Les valeurs en gras sont les valeurs de calcul. ²⁾ Les valeurs en gras sont les valeurs de calcul. ³⁾ Les valeurs en gras sont les valeurs de calcul. ⁴⁾ Les valeurs en gras sont les valeurs de calcul.

Attention aux performance des panneaux

21

TCB p.31

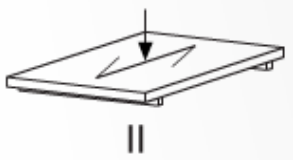
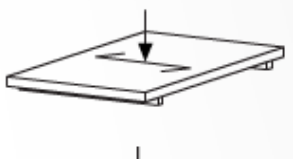
Valeurs de calcul ^{1) 2)}	
on en plaque	

Epaisseur nominale des panneaux en mm				12 à 20	> 20 à 30	> 30 à 42	> 42
parallèle ⁴⁾	flexion	$f_{m,0,d}$	N/mm ²	21,5	18,5	9,8	7,4
	cisaillement	$f_{r,0,d}$	N/mm ²	1,0	1,0	0,75	0,75
	module d'élasticité ³⁾	$E_{m,0,mean}$	N/mm ²	10 000	8 200	7 600	7 100
	module de cisaillement ³⁾	$G_{0,mean}$	N/mm ²	41	41	41	41

Attention aux performance des panneaux

22

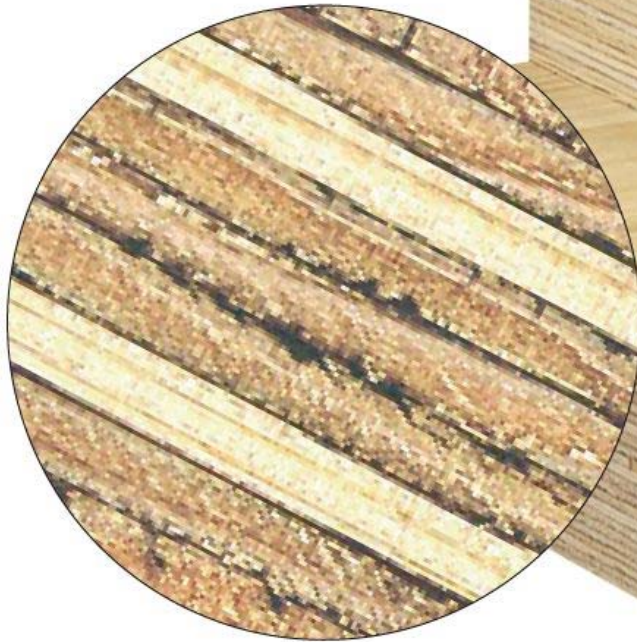
TCB p.31

Sollicitation en plaque	 II	parallèle ⁴⁾	flexion	$f_{m,0,d}$	N/mm ²	21,5	18,5	9,8	7,4
			cisaillement	$f_{r,0,d}$	N/mm ²	1,0	1,0	0,75	0,75
			module d'élasticité ³⁾	$E_{m,0,mean}$	N/mm ²	10 000	8 200	7 600	7 100
			module de cisaillement ³⁾	$G_{0,mean}$	N/mm ²	41	41	41	41
	 ⊥	perpendi- culaire ⁴⁾	flexion	$f_{m,90,d}$	N/mm ²	3,1	3,1	5,5	5,5
			cisaillement	$f_{r,90,d}$	N/mm ²	0,85	0,85	0,85	0,85
			module d'élasticité ³⁾	$E_{m,90,mean}$	N/mm ²	550	550	1 500	1 500
			module de cisaillement ³⁾	$G_{90,mean}$	N/mm ²	41	41	41	41



Lamibois – Kerto

Kerto-Q



Lamibois - Kerto



Lamibois – GL75 - Baubuche

- Existe en panneau BauBuche Q
- Ou poutre BauBuche S

BauBuche



Lamibois – GL75 - Baubuche

Résistance à la flexion	$f_{m,k}$	75 N/mm ² ¹⁾
-------------------------	-----------	------------------------------------

Module d'élasticité

Parallèle au sens des fibres	$E_{0,mean}$	16 800 N/mm ¹⁶
------------------------------	--------------	---------------------------

Résistance à la pression

Classe d'utilisation 1

Parallèle au sens des fibres des lamelles	$f_{c,0,k}$	59,4 N/mm ² ³⁾
---	-------------	--------------------------------------

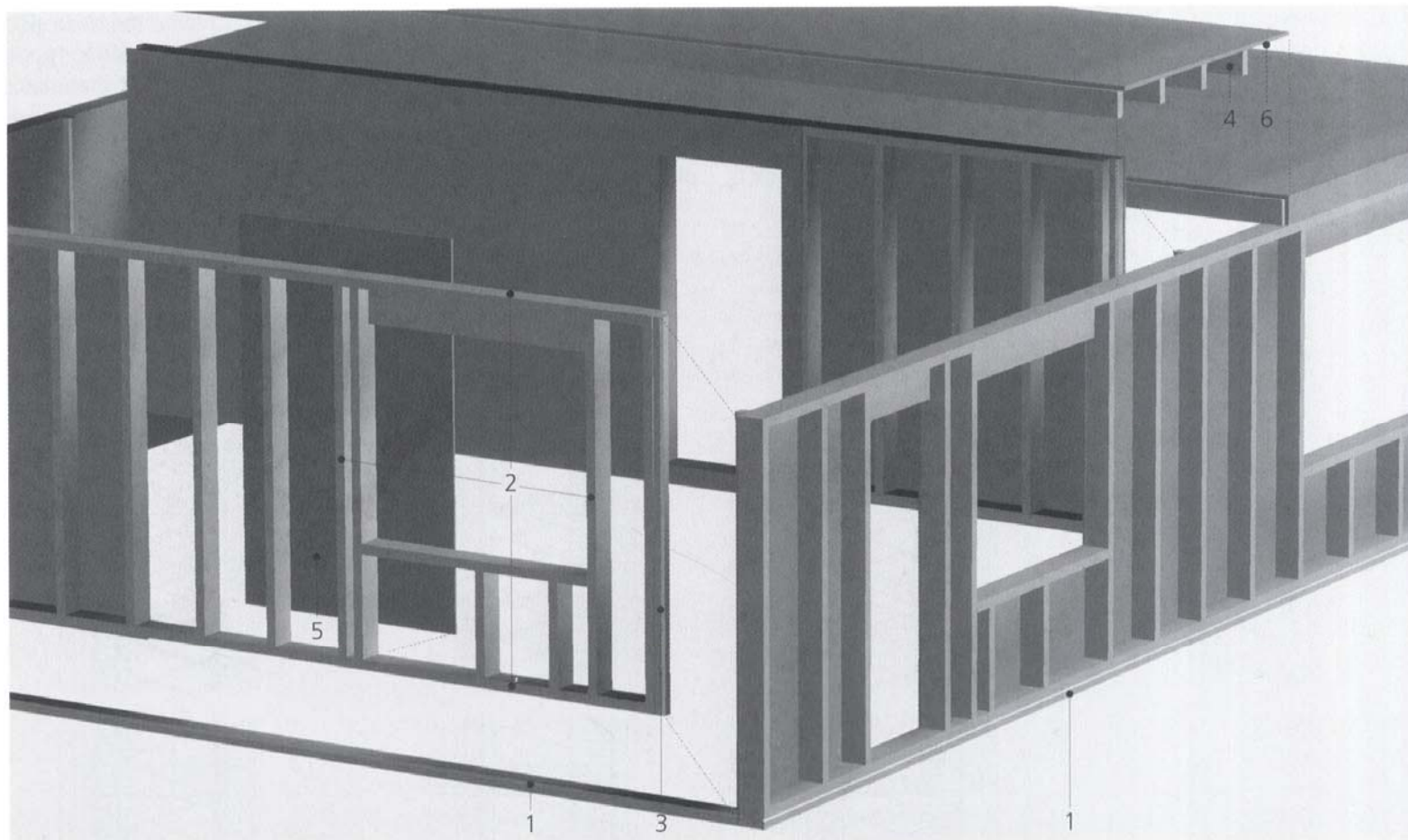
Perpendiculaire au sens
des fibres des lamelles

$f_{c,90,k}$	14,8 N/mm ² ³⁾
--------------	--------------------------------------

Lamibois – GL75 - Baubuche



La construction à ossature



La construction à ossature



Le panneau OSB

- Oriented Strand Board - panneaux à copeaux orientés



Le panneau OSB

■ Propriété mécanique

Caractéristiques essentielles	Performance	
Gamme d'épaisseurs	>10 <18 mm	
Sens du panneau	0° (axe principal)	90° (axe secondaire)
Résistance		
- Flexion	16,4	8,2
- Compression	15,4	12,7
- Traction	9,4	7,0
- Contrainte perpendiculaire au plan du	6,8	6,8
- Contrainte dans le plan du panneau	1,0	1,0
Rigidité moyenne		
- Flexion	4930	1980
- Compression	3800	3000

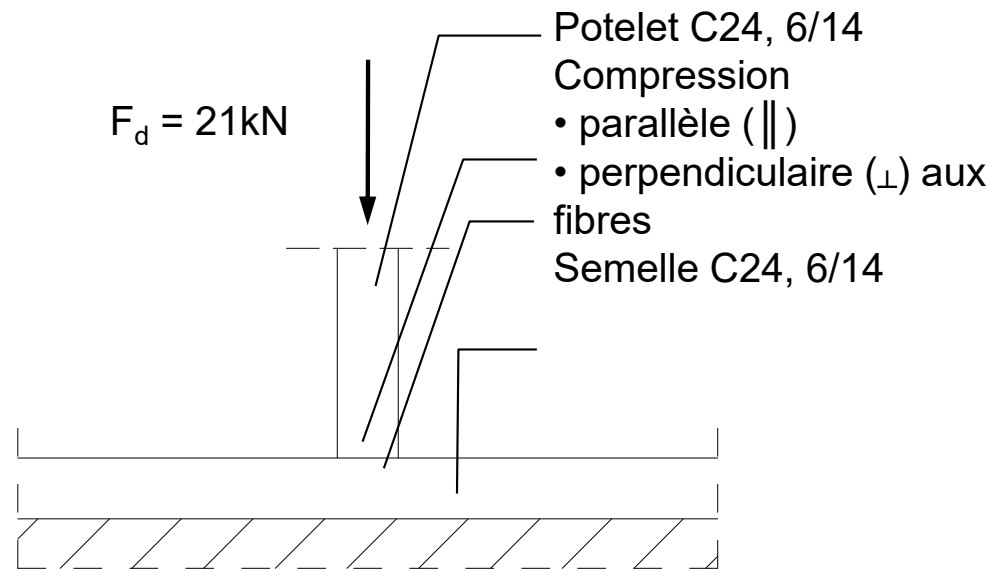
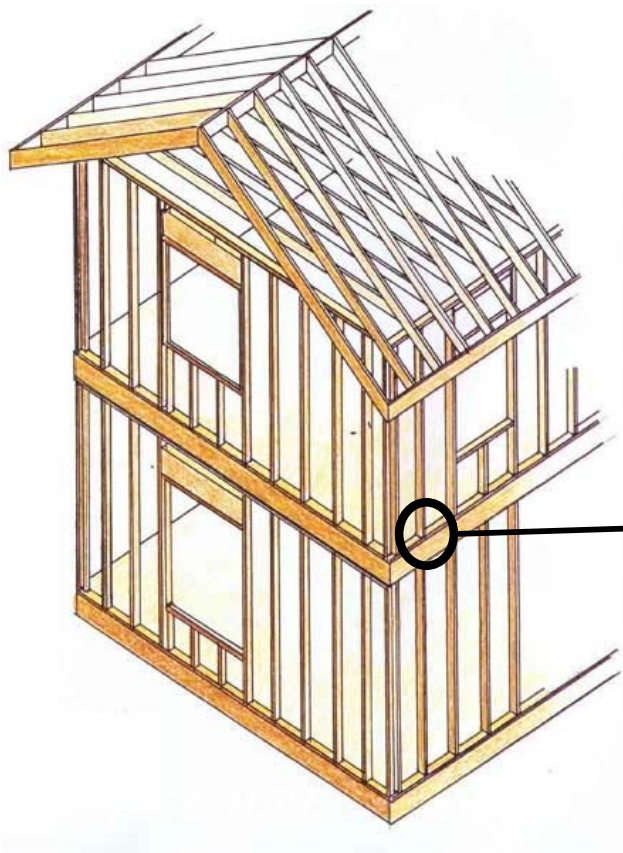
Processus de fabrication



<https://www.youtube.com/watch?v=PH6yT5rRRcw>

Ossature bois

- Exemple semelle :
- Potelet sur semelle dans une parois ossature bois.



Vérification des deux pièces :

La résistance parallèle à la fibre est supérieure à la résistance perpendiculaire à la fibre → la vérification se fait uniquement pour la semelle.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{21000N}{40mm \cdot 140mm} = 2.5 \frac{N}{mm^2}$$

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
			C20	C24	C27	C35 ⁴⁾	C45 ⁴⁾	D30
Propriétés caractéristiques ¹⁾								
– Résistance en flexion	$f_{m,k}$	N/mm ²	20	24	27	35	45	30
– Module d'élasticité moyen en flexion	$E_{m,mean}$	kN/mm ²	9,5	11	12	13	15	10
– Densité apparente	ρ_k	kg/m ³	330	350	370	400	440	530
Valeurs de calcul ¹⁾								
Résistance	Flexion	$f_{m,d}$	12	14	16	23	30	17
	Traction parallèle aux fibres	$f_{t,0,d}$	7 ³⁾	8	9,5	14	18	10
	Comp. parallèle aux fibres	$f_{c,0,d}$	11	12	13	17	18	13
	Traction perpen. aux fibres	$f_{t,90,d}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	Comp. perpen. aux fibres	$f_{c,90,d}$	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	5,3
	– en général		1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	5,3
	– avec un avant-bois ^{5) 6)}		2,2 (2,8)	2,3 (2,9)	2,5 (3,1)	2,7 (3,3)	2,9 (3,7)	7,0
	– appui d'extrémité ⁶⁾		1,7 (2,8)	1,8 (2,9)	1,9 (3,1)	2,0 (3,3)	2,2 (3,7)	5,3
	Contrainte tangentielle	f_{vd}	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	2,0
Déformation	$E_{0,mean}$ parallèle aux fibres ²⁾	$\left\{ \begin{matrix} E_{m,mean} \\ E_{t,0,mean} \\ E_{c,0,mean} \end{matrix} \right\}$	9,5	11	12	13	15	10
	$E_{90,mean}$ perpen. aux fibres ²⁾	$\left\{ \begin{matrix} E_{m,mean} \\ E_{t,90,mean} \\ E_{c,90,mean} \end{matrix} \right\}$	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6
	Module de cisaillement ²⁾	G_{mean}	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	1,0

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

²⁾ Le fractile 5% est défini par les $2/3$ de la valeur moyenne.

³⁾ Pas admis pour des barres tendues.

⁴⁾ Pour ces classes (triées mécaniquement), il faut vérifier qu'elles sont disponibles sur le marché.

⁵⁾ L'avant-bois doit dépasser de 100 mm de chaque côté, sinon prendre la valeur « en général ».

⁶⁾ La valeur supérieure (entre parenthèses) n'est admissible que si les déformations qui en résultent sont sans conséquence sur le comportement de l'élément porteur.

La valeur dépasse la résistance

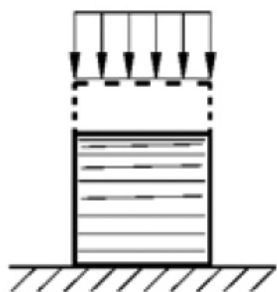
$f_{c,90,d}$ (2.3 N/mm²).

Mais la SIA 265 prévoit une augmentation de la résistance, si l'écrasement local sont sans conséquence structurel sur de l'élément porteur

$2.5 \text{ N/mm}^2 < 2.9 \text{ N/mm}^2$ ☺

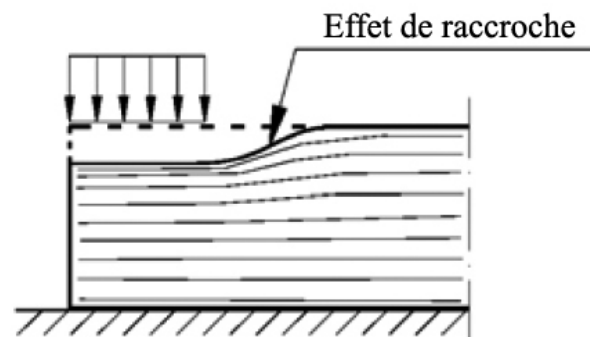
Compression \perp

Pas de débordement



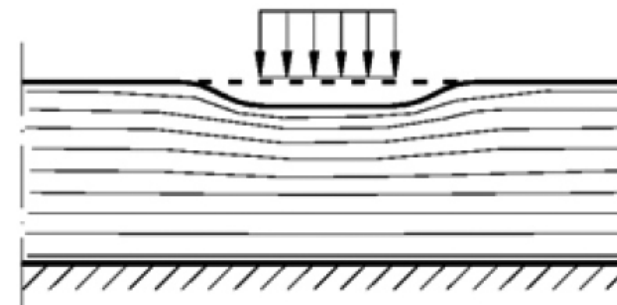
Cas général

Débordement simple



avec un avant bois > 10cm
ou
appui d'extrémité

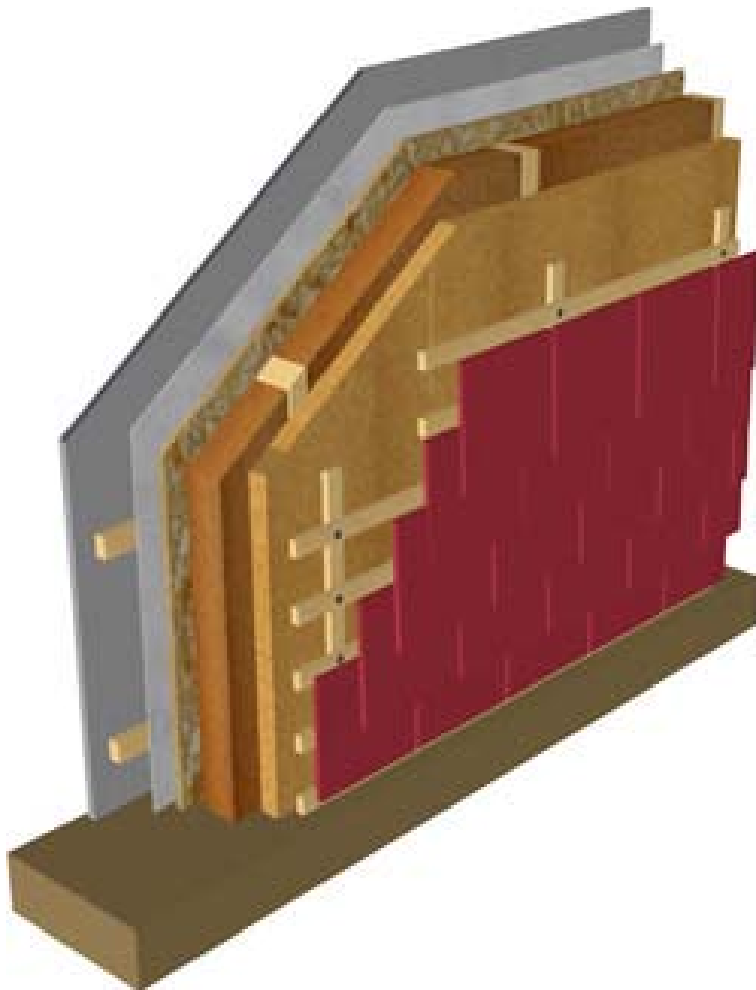
Double débordement



double débordement
>>
selon Eurocode

		C24	D30	GL24H
Comp. perpen. aux fibres $f_{c,90,d}$				
- en général	N/mm^2	1.8	5.3	1.9
- avec un avant bois ⁵⁾⁶⁾	N/mm^3	2.3 (2.9)	7.0	2.5 (4.0)
- appui d'extrémité ⁶⁾	N/mm^4	1.8 (2.9)	5.3	2.5 (4.0)

Composition de la paroi



Composition:

- Finition intérieure
- Lattage technique
- Pare-vapeur / pare vent
- Panneaux OSB 15mm
- Isolation avec ossature
- Isolation
- Sous-toiture
- Lattage
- Contre-lattage
- Finition extérieure

Dégradation



Le pare vapeur

- Film plastique



Isolation de fibre

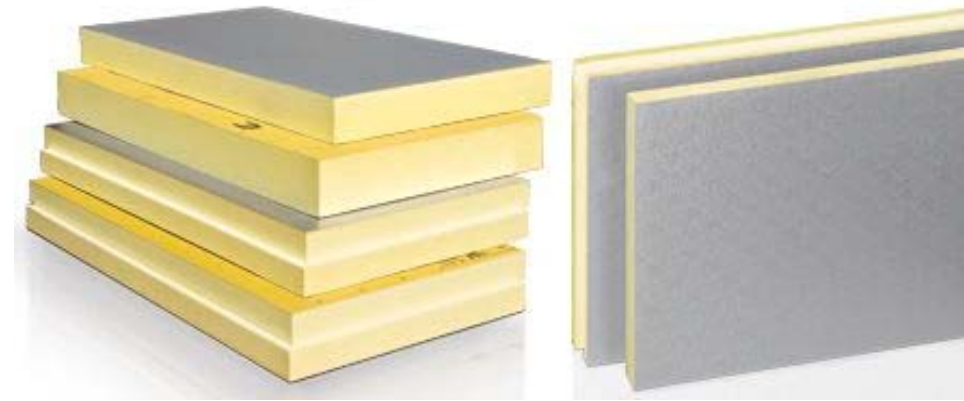
- Fibre de verre - ISOVER
- Fibre de roche - Flumroc
- Fibre naturelle
 - Bois
 - Chanvre
 - ...



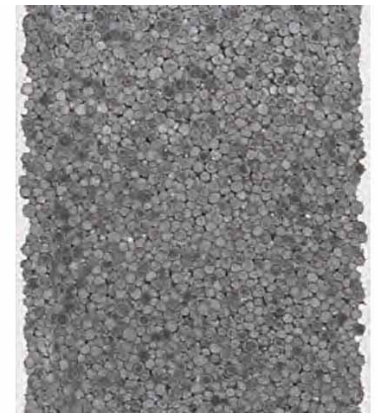
pavatex
Construire. Isoler. Bien vivre.

Isolation de «masse»

- Isolation PUR – polyuréthane



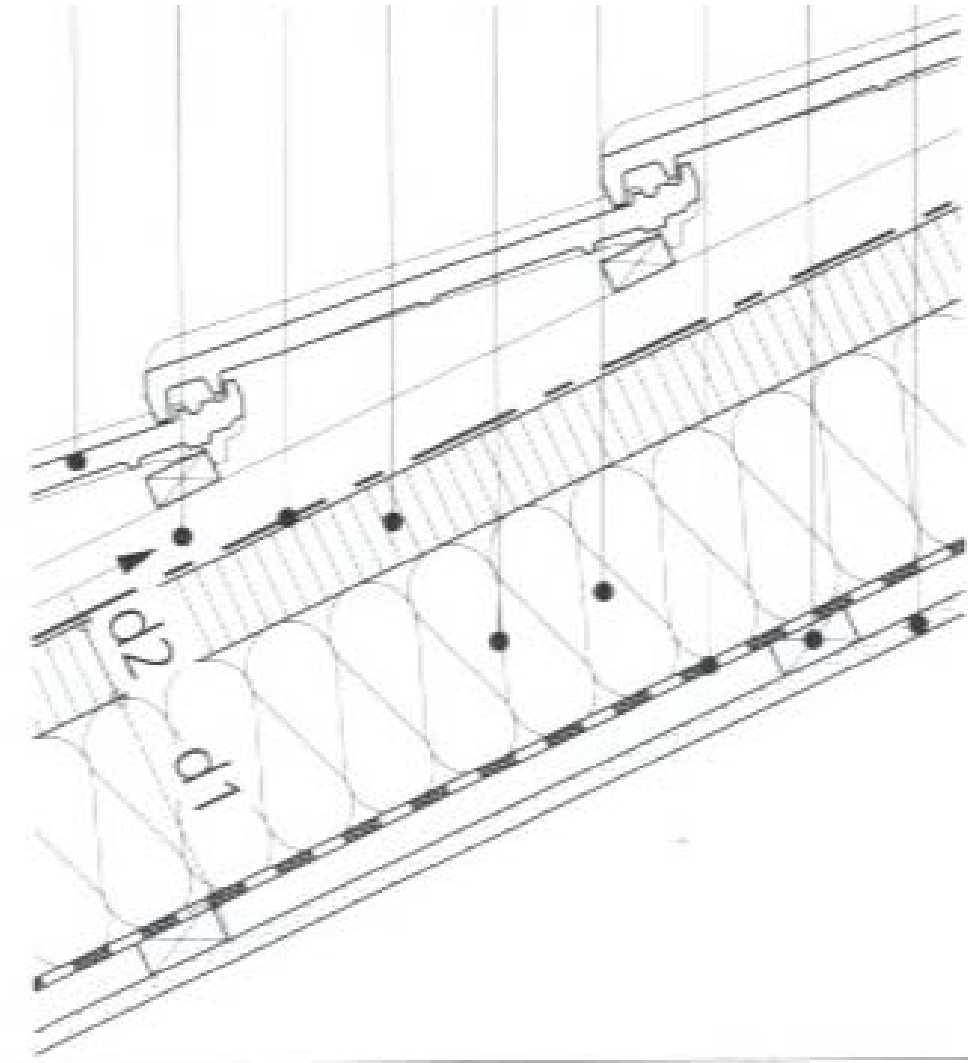
- Isolation EPS – Expanded Polystyrène



- Granule de verre expansé - Misapor



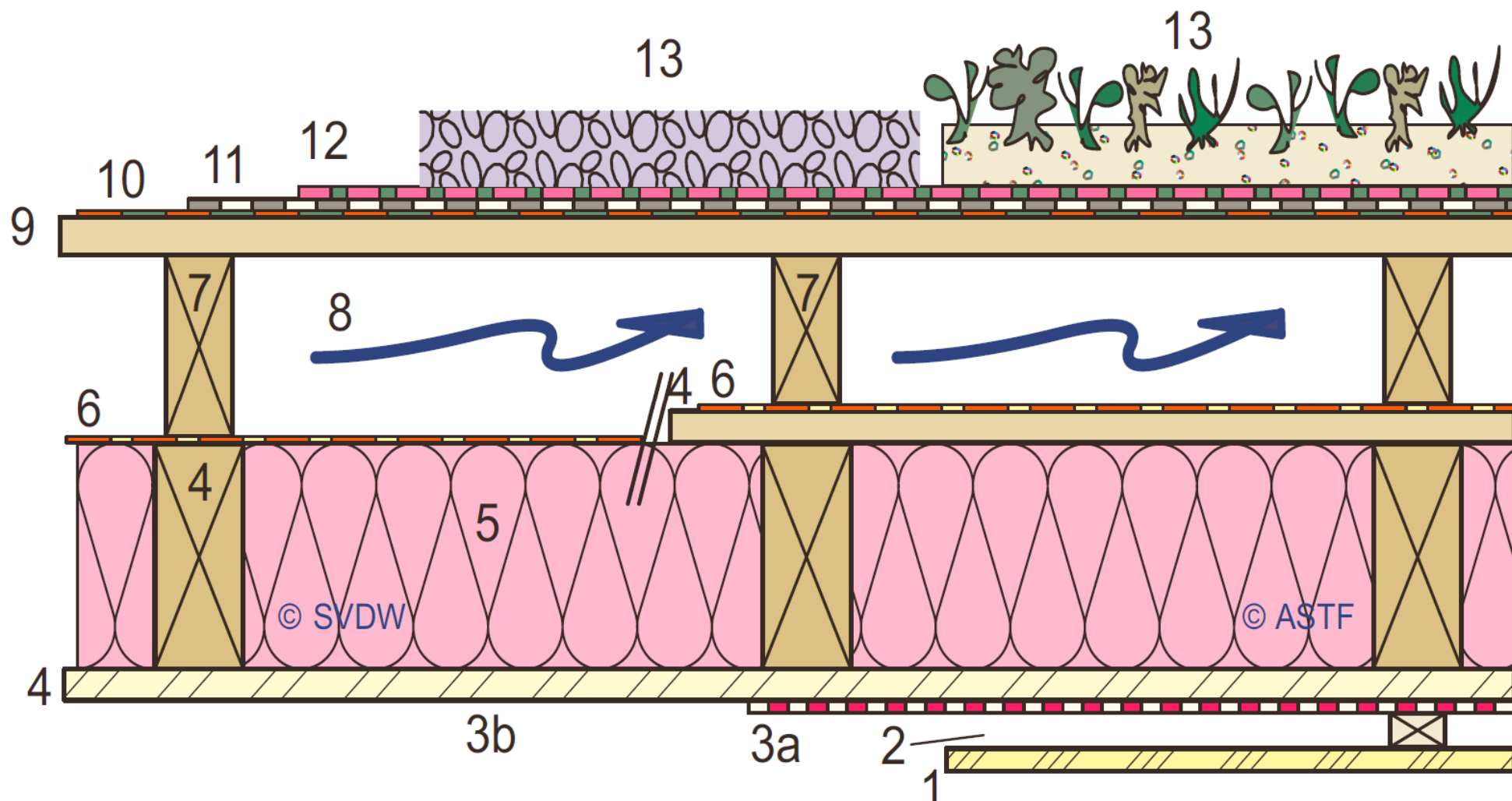
Toiture



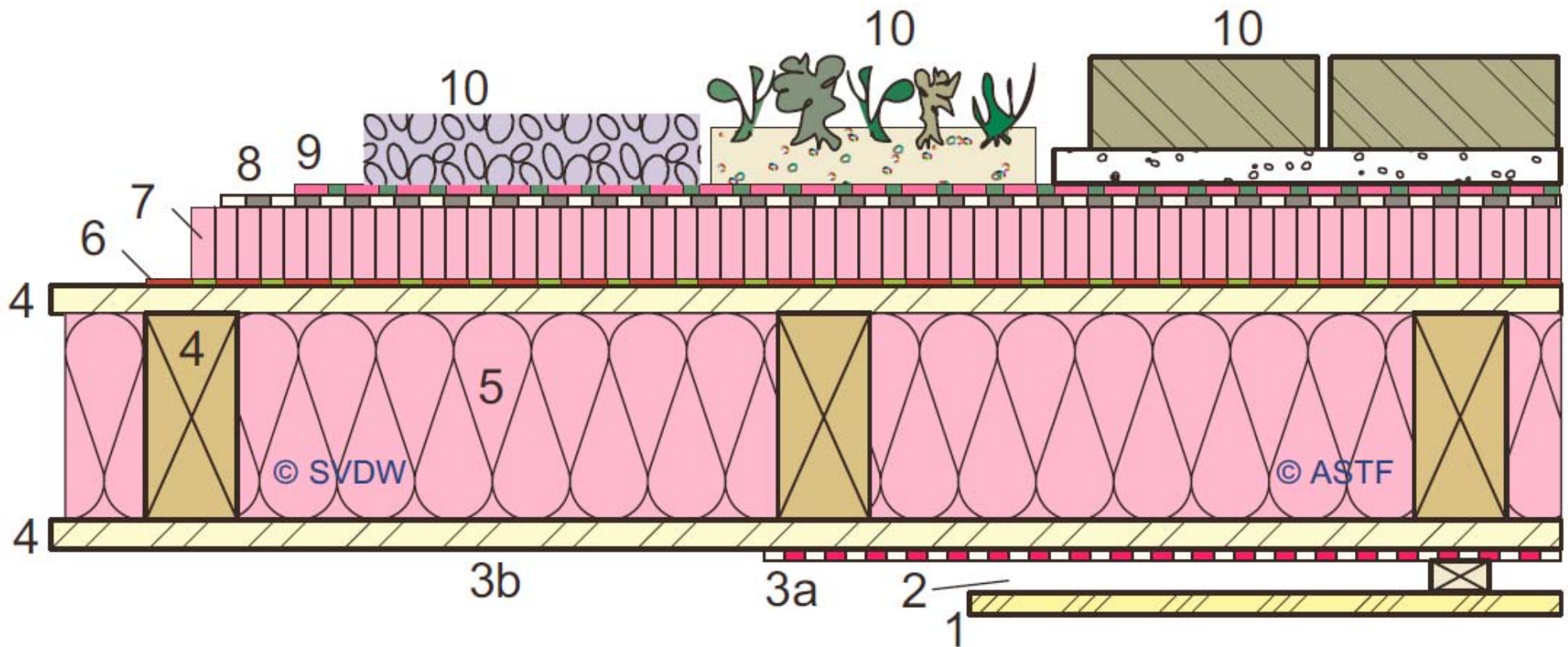
Composition:

- Tuiles
- Contre-lattage
- Lattage de ventilation
- Sous-toiture
- Isolation
- Chevron + isolation
- Pare-vapeur
- Lattage
- Finition int.

Le toit plat (ventilé)



Toit plat = DANGER



Toit plat = DANGER

- Conditions:

1. Faire un test d'étanchéité – Blowertest
2. Faire une vérification dynamique avec programme de simulation précis type WUFI

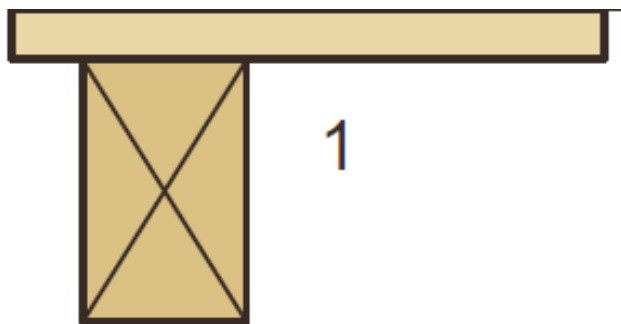
Le bois est un matériaux naturelle et dégradable

46

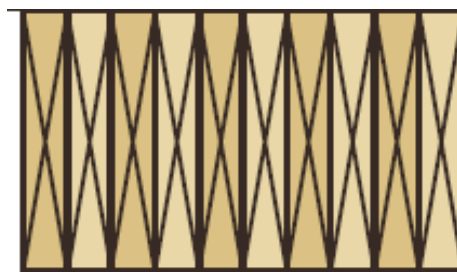


Structure de la dalle

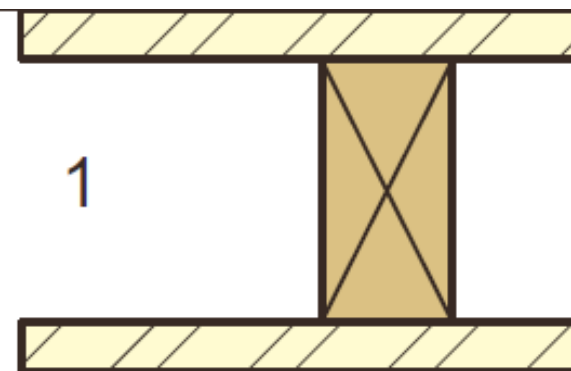
- Les principaux



Solive



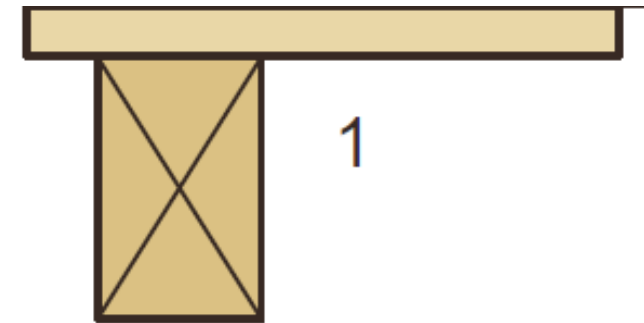
Massive



Caisson

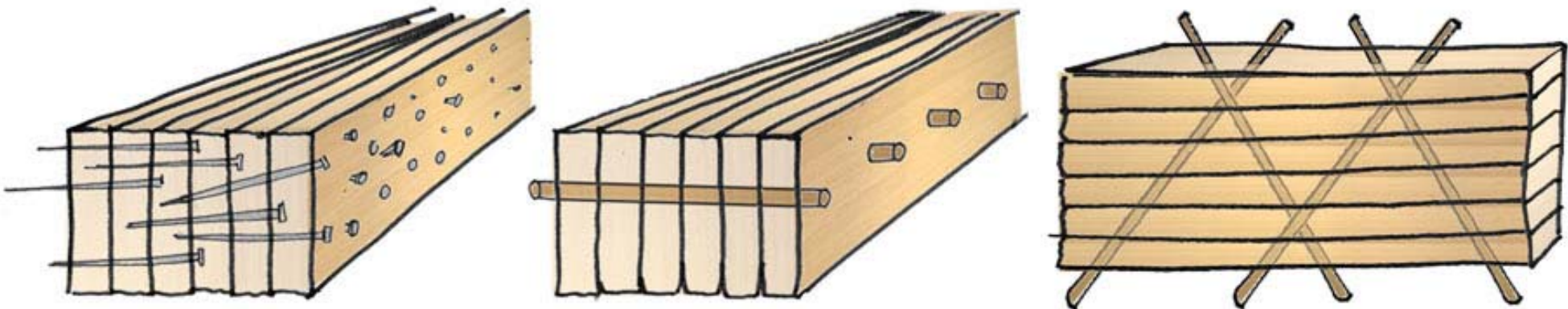
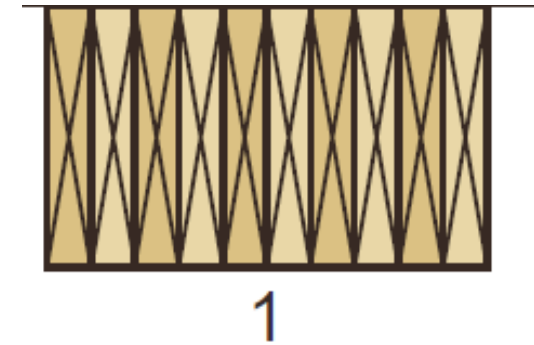
Structure de la dalle poutre / solive

- La poutre simple

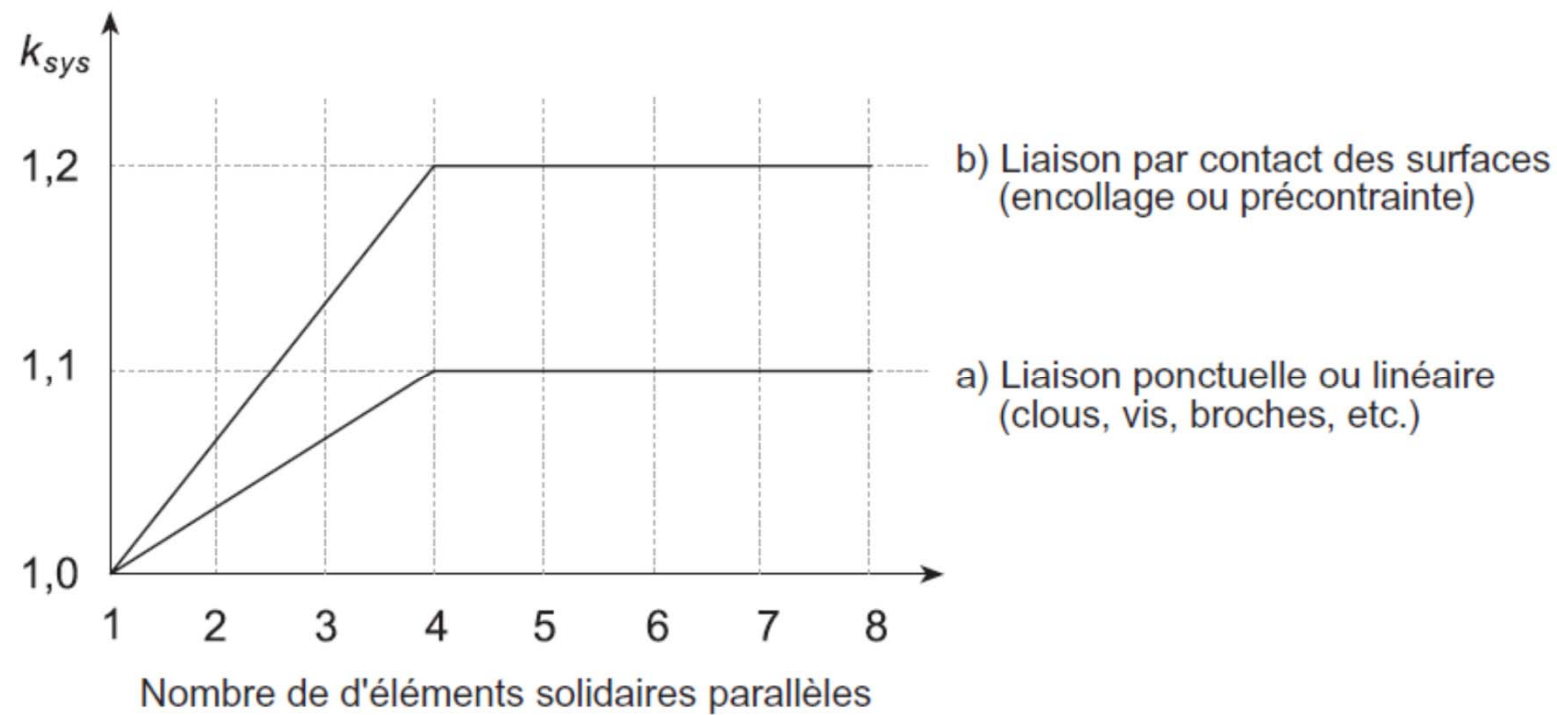


Structure de la dalle massive

- Plancher cloué
 - Amélioration par le facteur K_{sys}

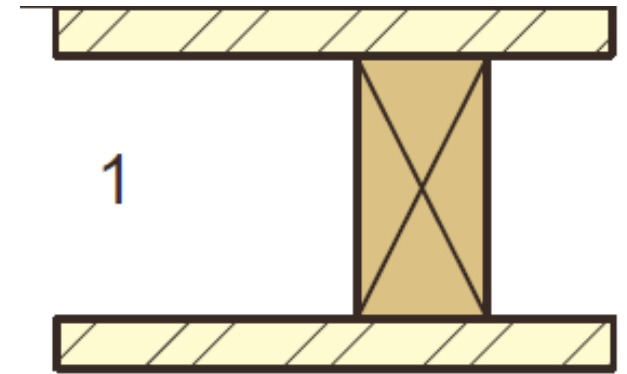


Facteur K_{sys}



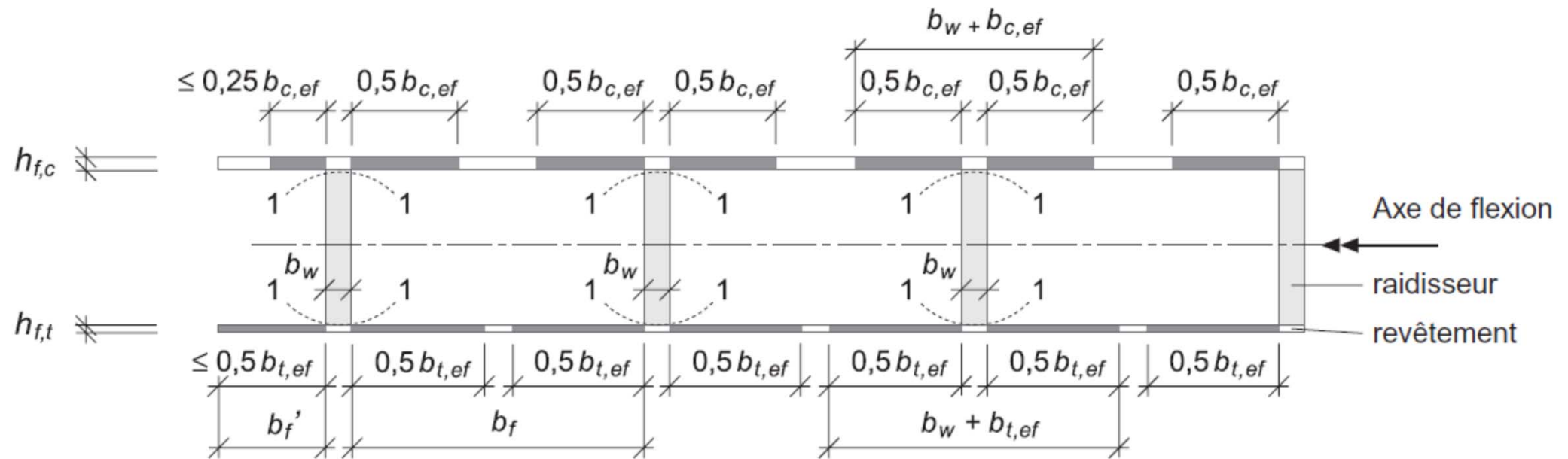
Structure de la dalle caisson

- La poutre caisson



Structure de la dalle caisson

Figure 16: Éléments de plaques avec panneaux sur les deux côtés



Structure de la dalle

- Panneau
 - 3-ply
 - Bois massif C24
 - Kerto
 - Baubuche
 - CLT

Structure de la dalle caisson

- Bois Massif
 - Classe C24
 - Classe GL24h
 - Classe GL36h

Pas courant !!!

Mais possible



Structure dalle

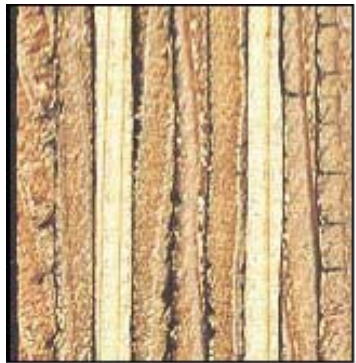
- Kerto S

$E = 13'800 \text{ N/mm}^2$

$f_{m,d} = 32 \text{ N/mm}^2$



Structure de la dalle



KERTO ® Q



KERTO ® S

② Scheibenbeanspruchung

Biegung ¹⁾	$f_{m,k}$	48
Zug zur Faser	$f_{t,0,k}$	38
Zug \perp zur Faser	$f_{t,90,k}$	0,8
Druck zur Faser	$f_{c,0,k}$	38
Druck \perp zur Faser	$f_{c,90,k}$	6,0
Schub	$f_{v,k}$	4,4
Ausklinkung	k_n	6,0
Elastizitätsmodul	$E_{0,mean}$	13800
Schubmodul	G_{mean}	500

PLATTENAUFBAU

d	
21	
24	
27	
33	
39	
45	
51	
57	
63	
69	

La valeur de calcul de la résistance f_d est

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

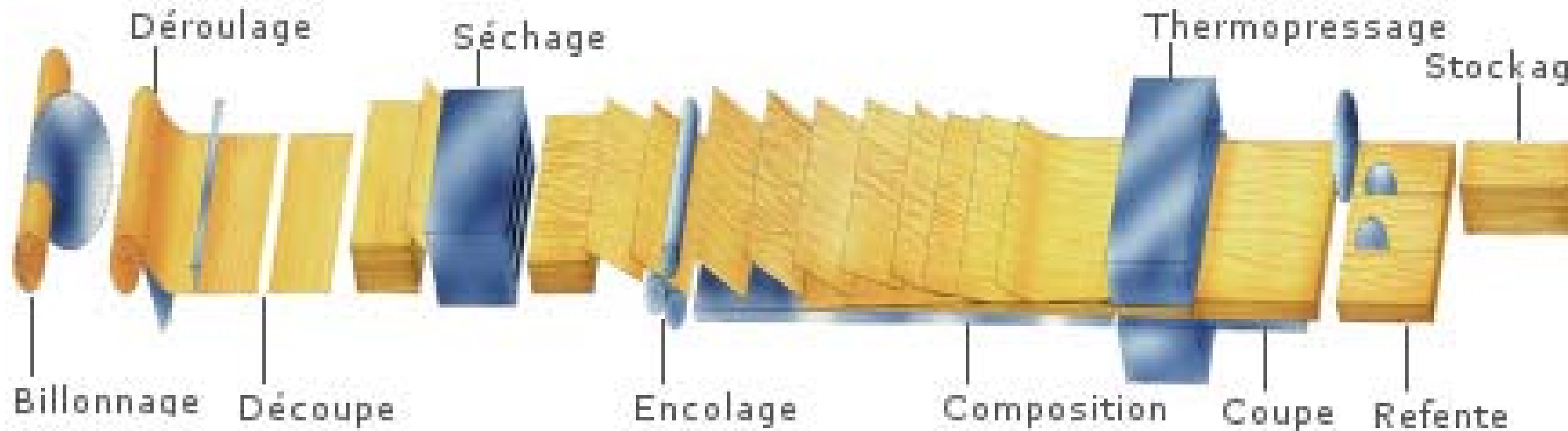
avec: f_k , γ_M , η_M , η_t , η_w selon chiffres 2.2.3 à 2.2.7.

Tableau 1: Rapport γ_M/η_M

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

Structure de la dalle caisson

- Processus de fabrication



Fabrication du lamibois



**Fabrication
de lamibois
STEICO LVL**

Structure de dalle

- Dalle caisson

