

Systèmes 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

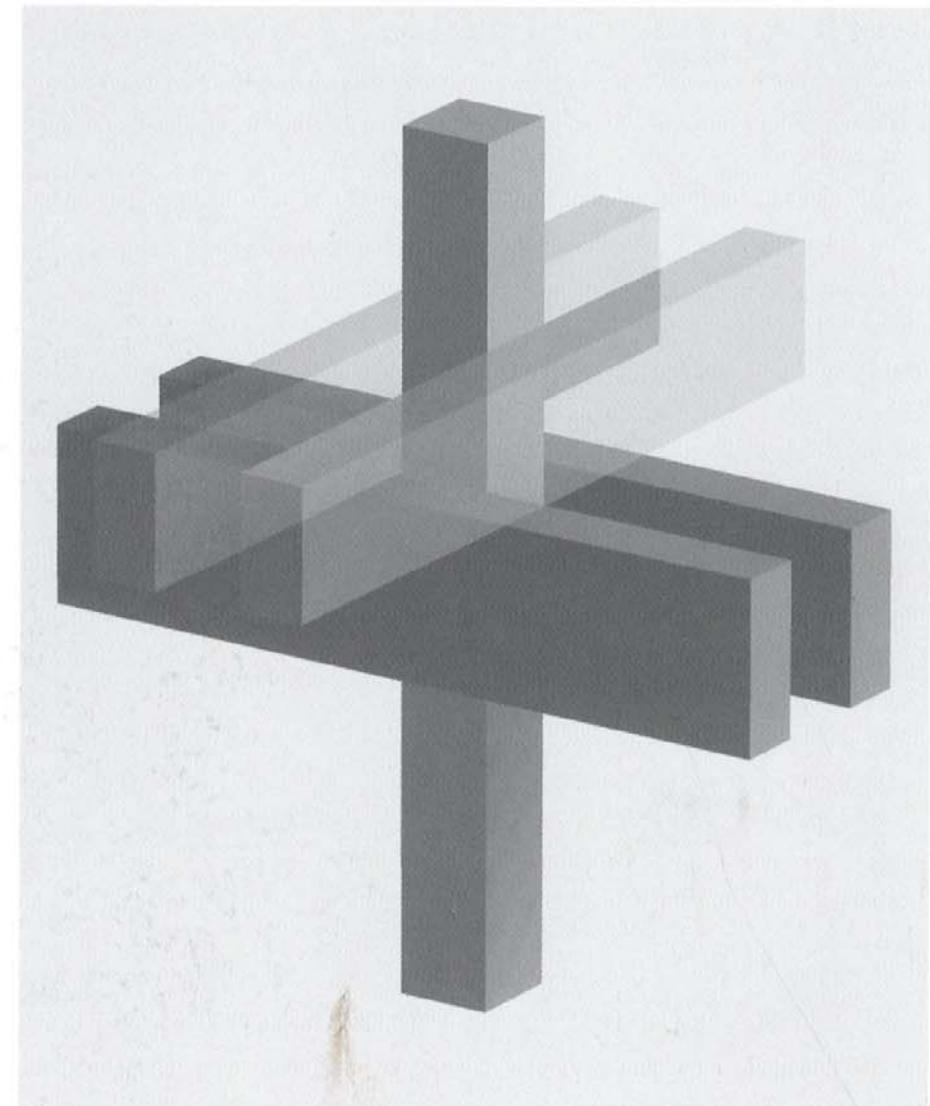


Poteaux poutres

Poteaux poutres

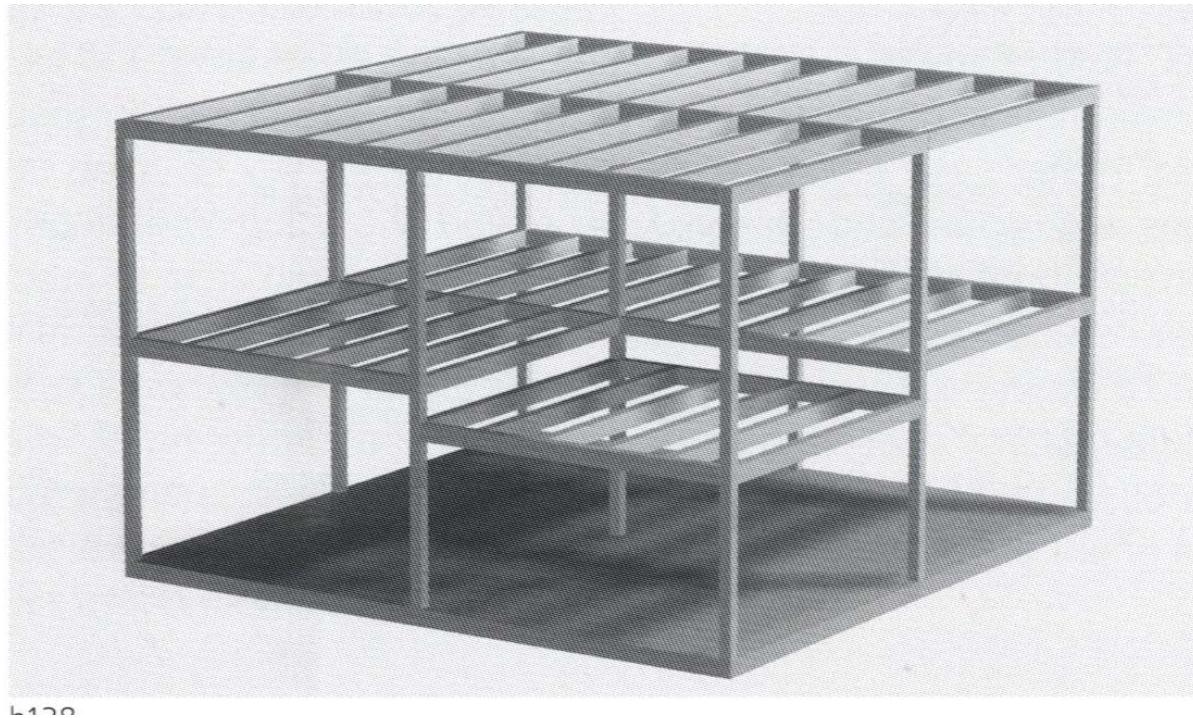


b145



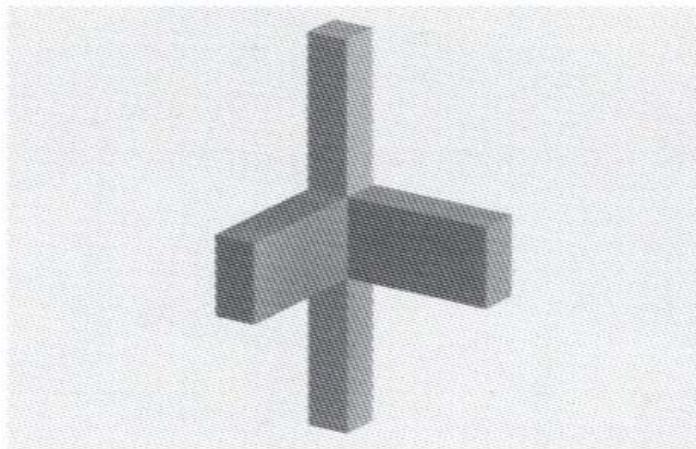
b146

Poteaux poutres

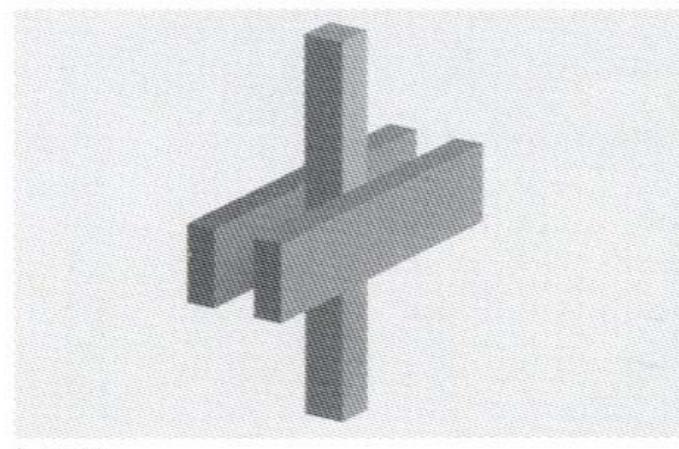


Bois système constructifs / Joseph Kolb / PPUR

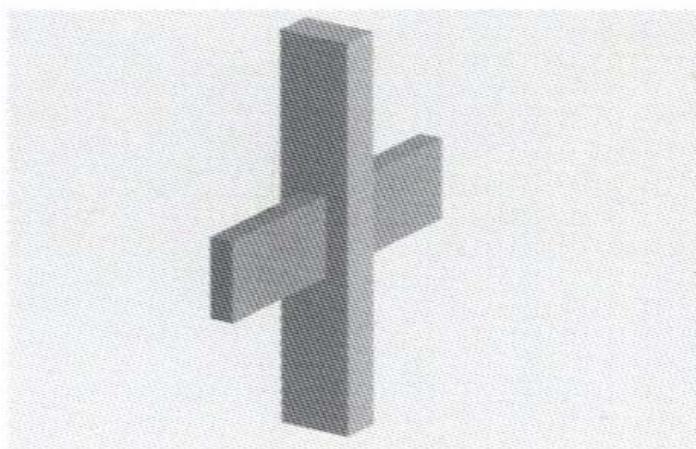
Poteaux poutres



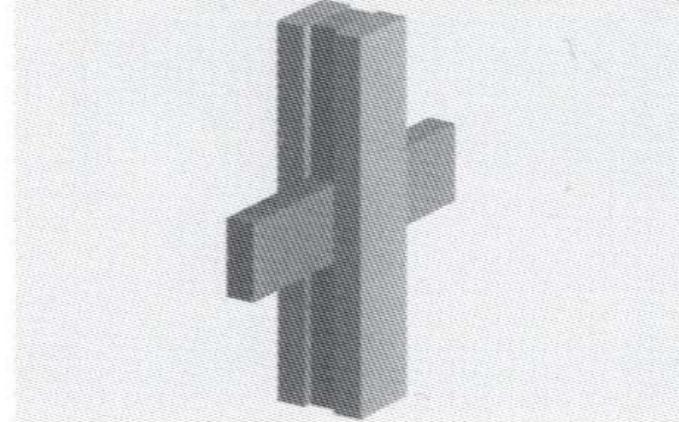
b142



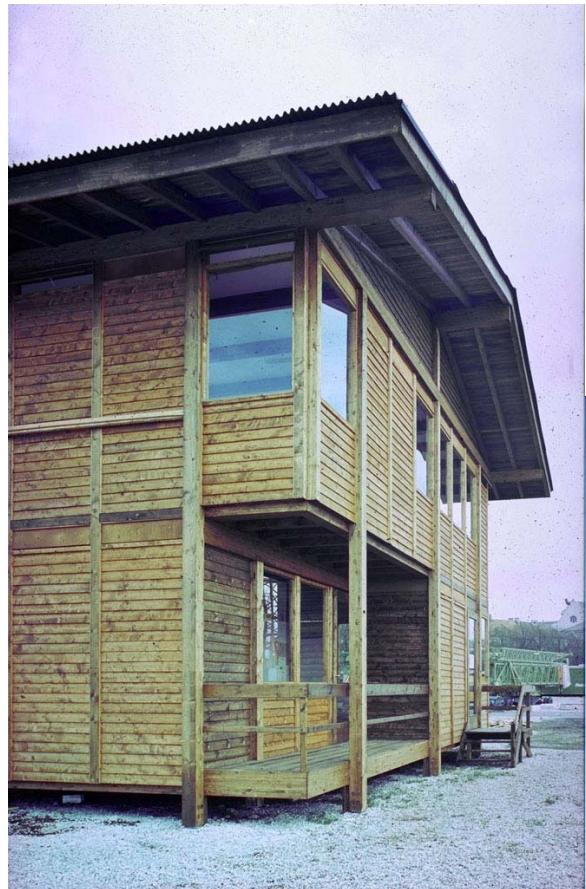
b139



b143



b140



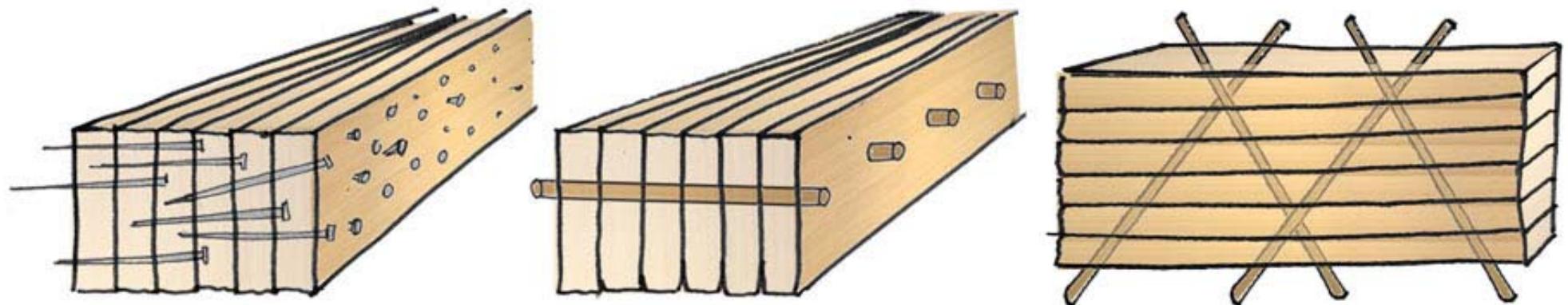
Poteaux poutres



Villa de l'entreprise
Huf Haus gmbH

Système 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-pli / 5-pli / 10-pli



Les panneaux en bois massif



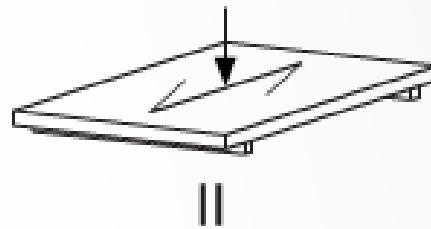
Attention aux performances des panneaux

		Epaisseur nominale des panneaux en mm	12 à 20	> 20 à 30	> 30 à 42	> 42	
Valeurs de calcul^{1) 2)}							
Sollicitation en plaque	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
	perpendiculaire 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	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
	perpendiculaire 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
Densité caractéristique ^{1) 2)}	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
	perpendiculaire 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	

Attention aux performances des panneaux

TCB p.31

Valeurs de calcul^{1) 2)}



en plaque
parallelle⁴⁾

Epaisseur nominale des panneaux en mm

Epaisseur nominale des panneaux en mm	12 à 20	> 20 à 30	> 30 à 42	> 42
---------------------------------------	---------	-----------	-----------	------

parallelle 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 performances des panneaux

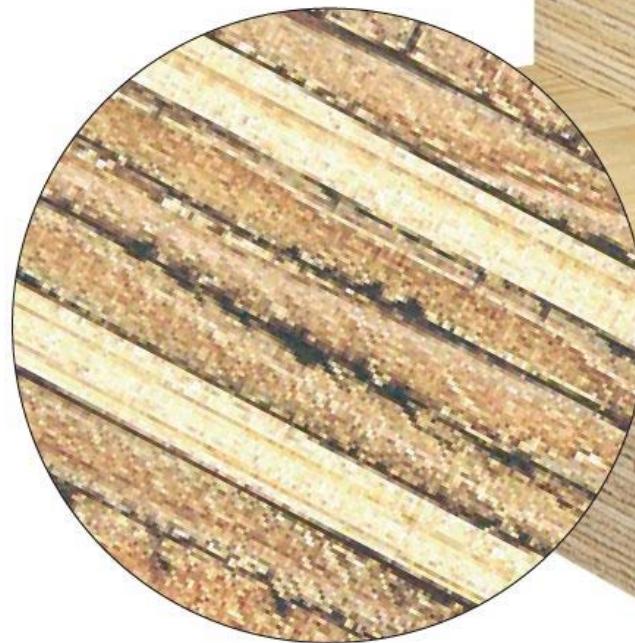
TCB p.31

Solicitation en plaque	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
perpendiculaire ⁴⁾	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	
perpendiculaire 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	
perpendiculaire ⁴⁾	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	

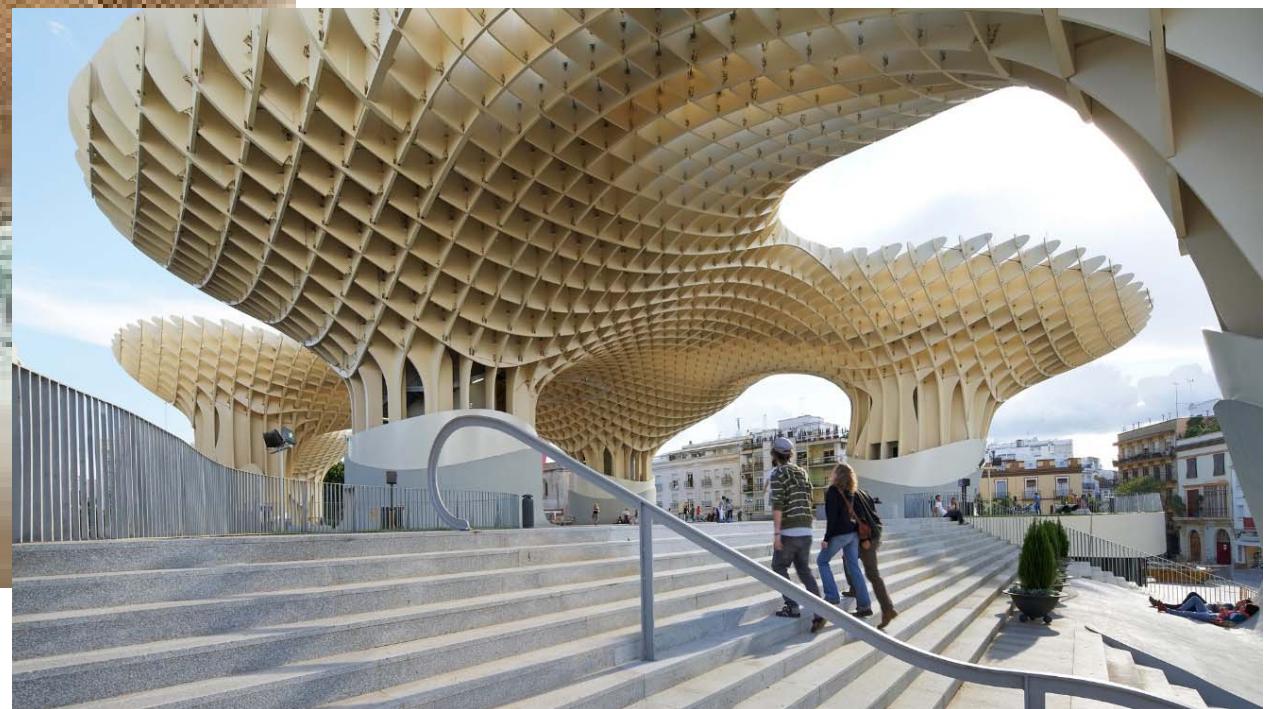


Lamibois – Kerto

Kerto-Q



Lambois - Kerto



Lamibois – GL75 - Baubuche

- Existe en panneau BauBuche Q
- Ou poutre BauBuche S



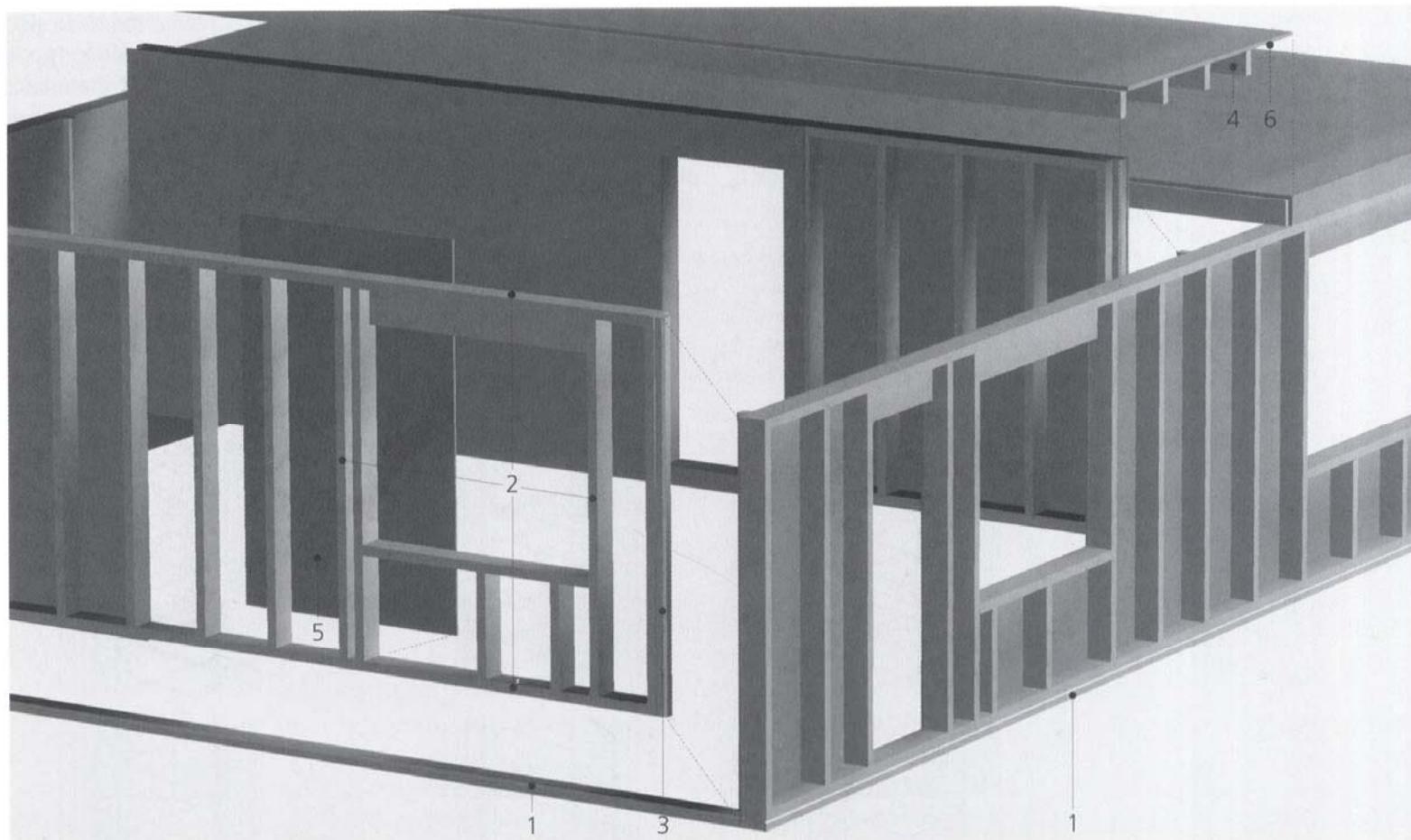
Lambois – GL75 - Baubuche

Résistance à la flexion	$f_{m,k}$	75 N/mm ² <small>1)</small>
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 <small>3)</small>
Perpendiculaire au sens des fibres des lamelles	$f_{c,90,k}$	14,8 N/mm ² <small>3)</small>

Lamibois – GL75 - Baubuche



La construction à ossature

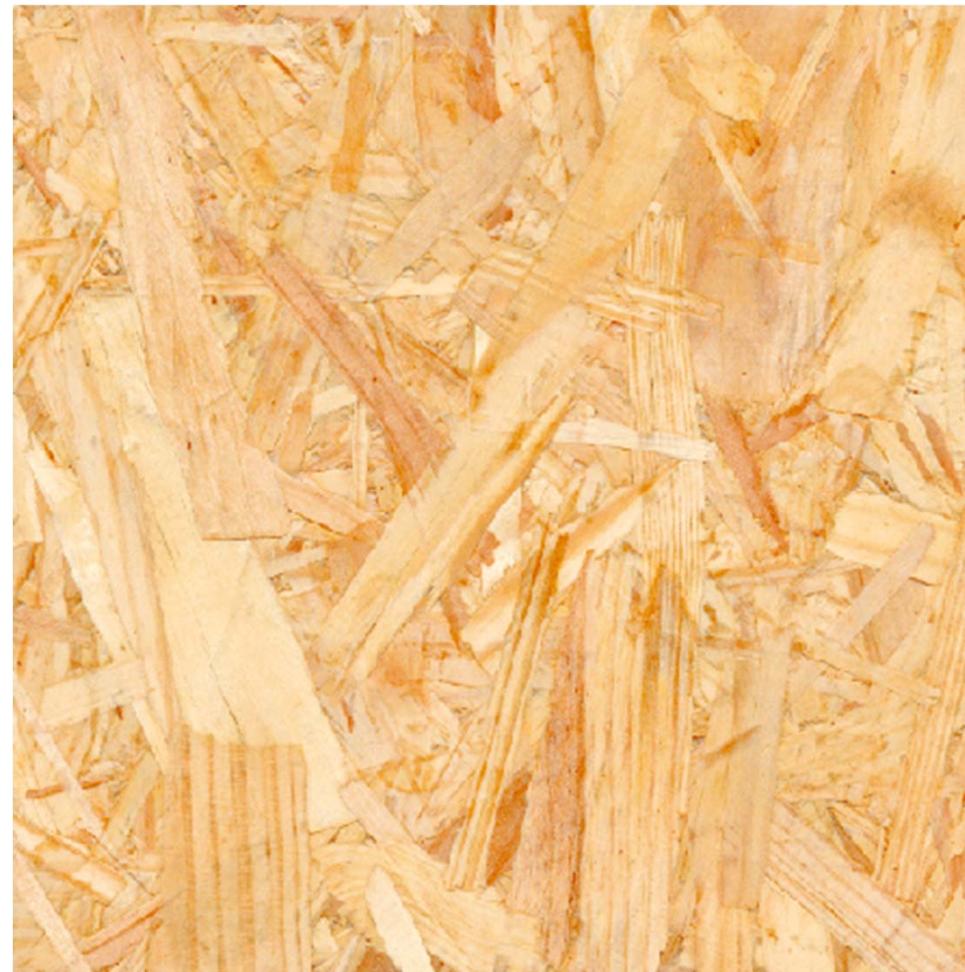


La construction à ossature



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 panneau	6,8	6,8
- Contrainte dans le plan du panneau	1,0	1,0
Rigidité moyenne		
- Flexion	4930	1980
- Compression	3800	3000

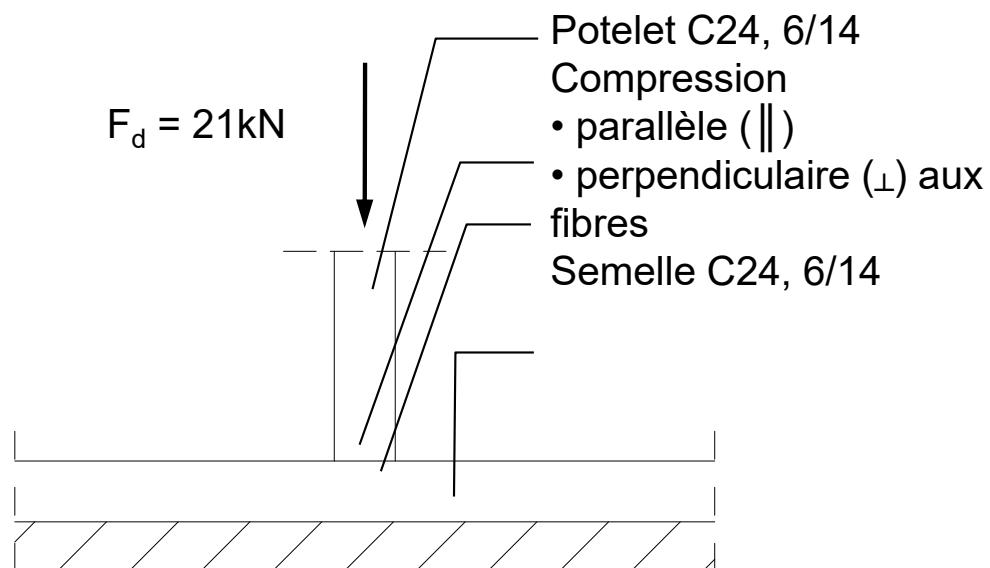
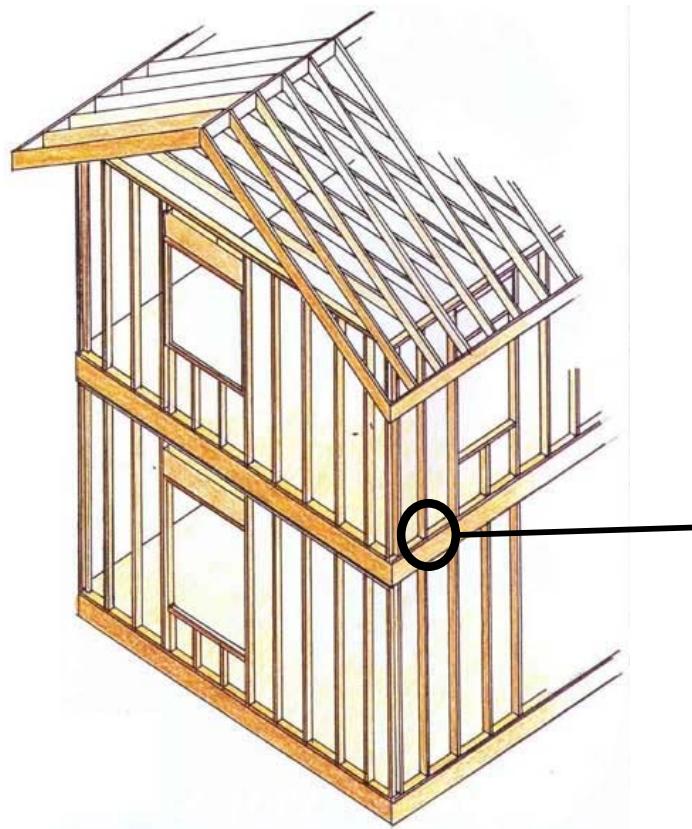
Processus de fabrication



<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 caractéristiques¹⁾							
- Résistance en flexion $f_{m,k}$ N/mm ²	20	24	27	35	45	30	
- Modul 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 calcul¹⁾							
Flexion $f_{m,d}$ N/mm ²	12	14	16	23	30	17	
Traction parallèle aux fibres $f_{t,0,d}$ N/mm ²	7 ³⁾	8	9,5	14	18	10	
Comp. parallèle aux fibres $f_{c,0,d}$ N/mm ²	11	12	13	17	18	13	
Traction perpen. aux fibres $f_{t,90,d}$ N/mm ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	
Comp. perpen. aux fibres $f_{c,90,d}$ N/mm ²							
- 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)	1,9 (2,5)	1,9 (3,1)	2,0 (3,3)	2,2 (3,7)	5,3	
Contrainte tangentielle f_{vd} N/mm ²	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	2,0	
Déformation	$E_{0,mean}$ parallèle aux fibres ²⁾ $E_{t,0,mean}$ $E_{c,0,mean}$	kN/mm ²	9,5	11	12	13	15
	$E_{90,mean}$ perpen. aux fibres ²⁾ $E_{t,90,mean}$ $E_{c,90,mean}$	kN/mm ²	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
	Module de cisaillement ²⁾ G_{mean}	kN/mm ²	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
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

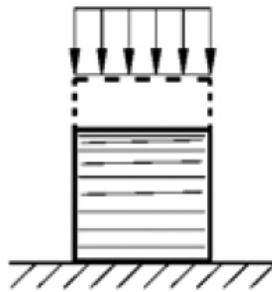
$$f_{c,90,d} \text{ (2.3 N/mm}^2\text{).}$$

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

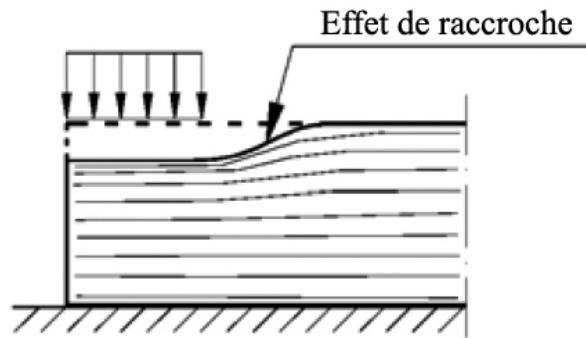
$$2.5 \text{ N/mm}^2 < 2.9 \text{ N/mm}^2 \text{ ☺}$$

Compression \perp

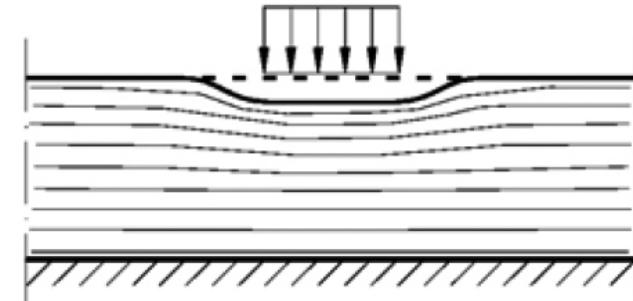
Pas de débordement



Débordement simple



Double débordement



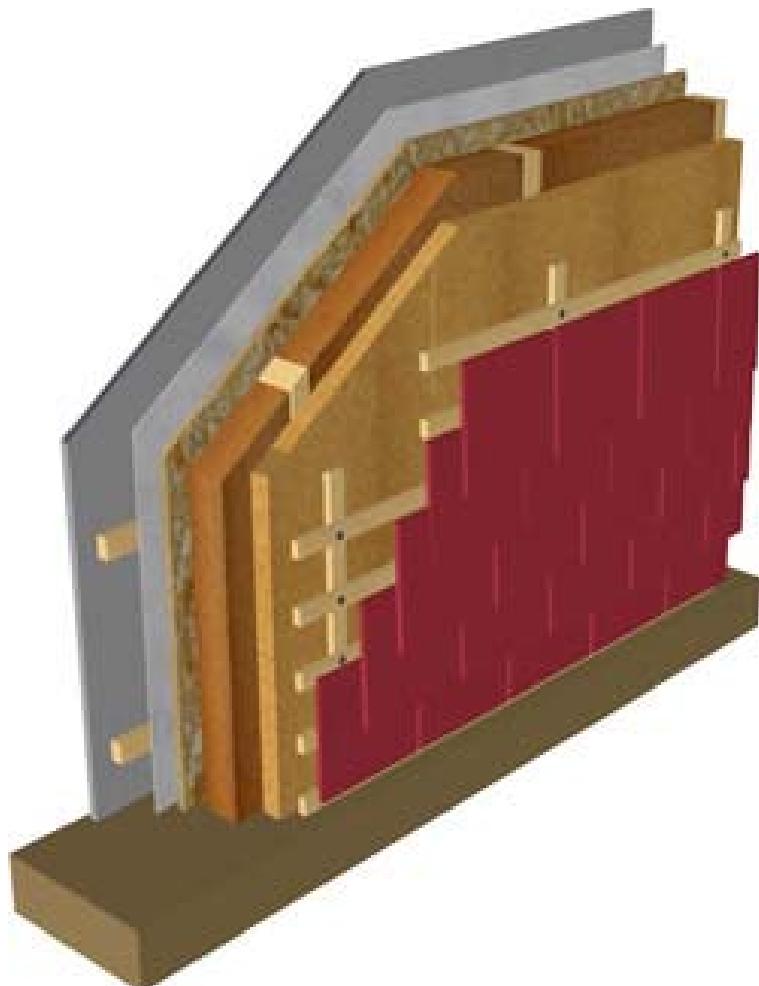
Cas général

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

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



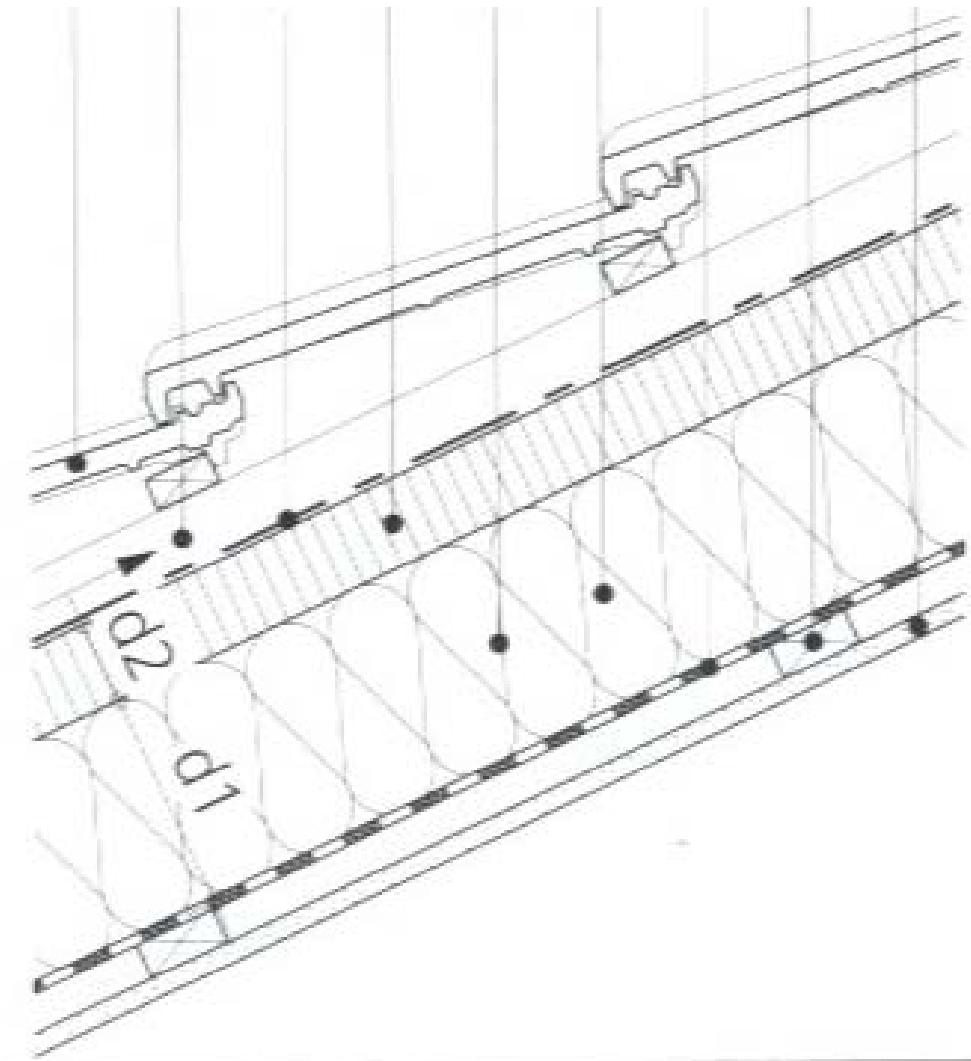
- Isolation EPS – Expanded Polystyrene



- Granule de verre expansé - Misapor



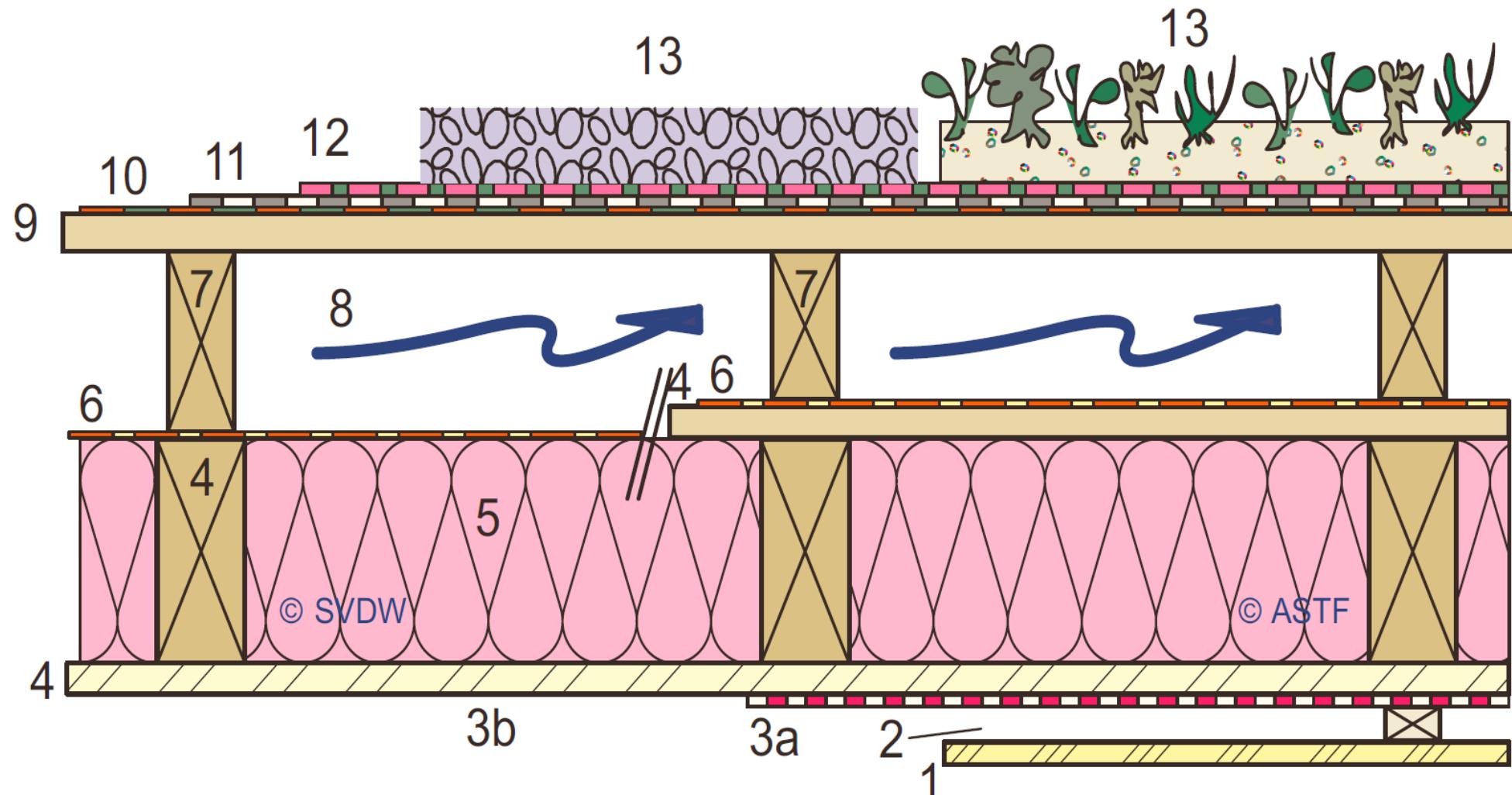
Toiture



Composition:

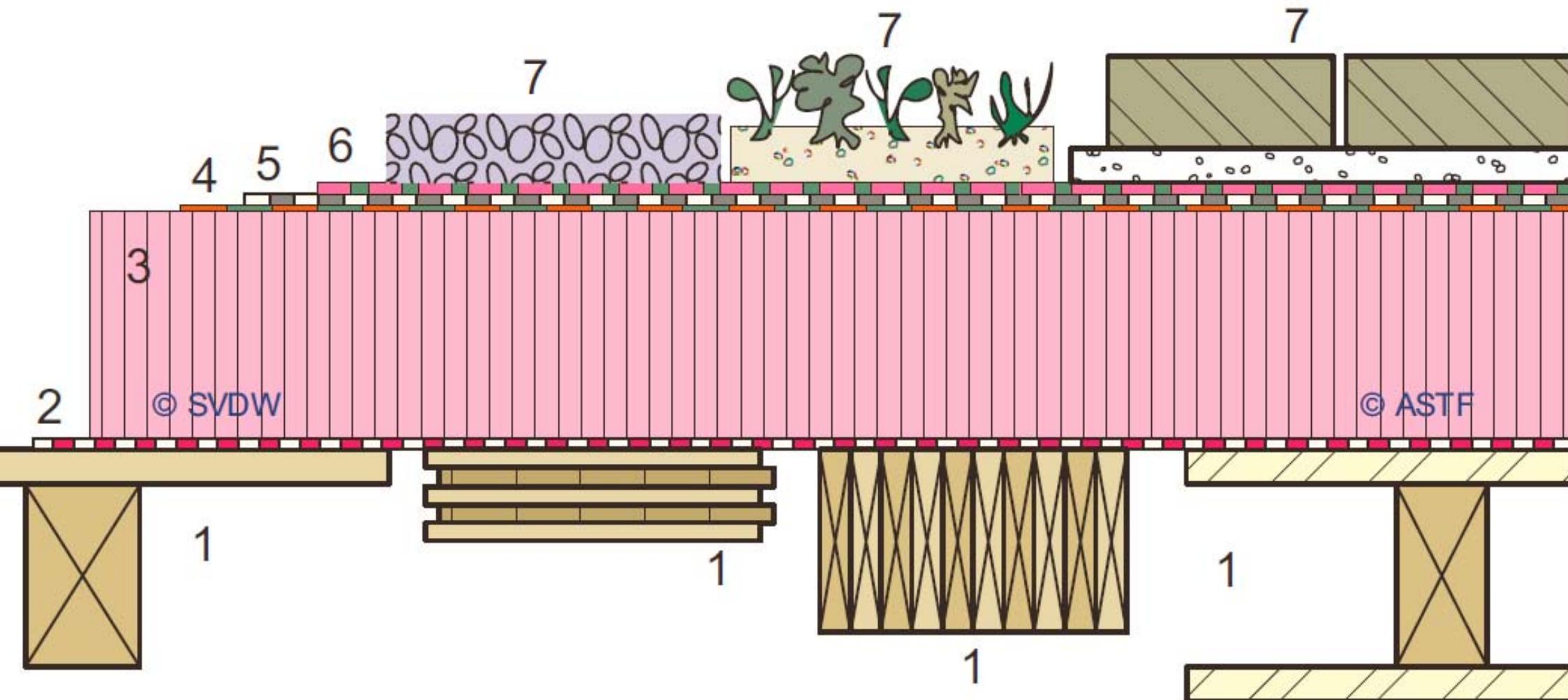
- Tuiles
- Contre-lattage
- Lattage de ventilation
- Sous-toiture
- Isolation
- Chevron + isolation
- Pare-vapeur
- Lattage
- Finition int.

Le toit plat (ventilé)



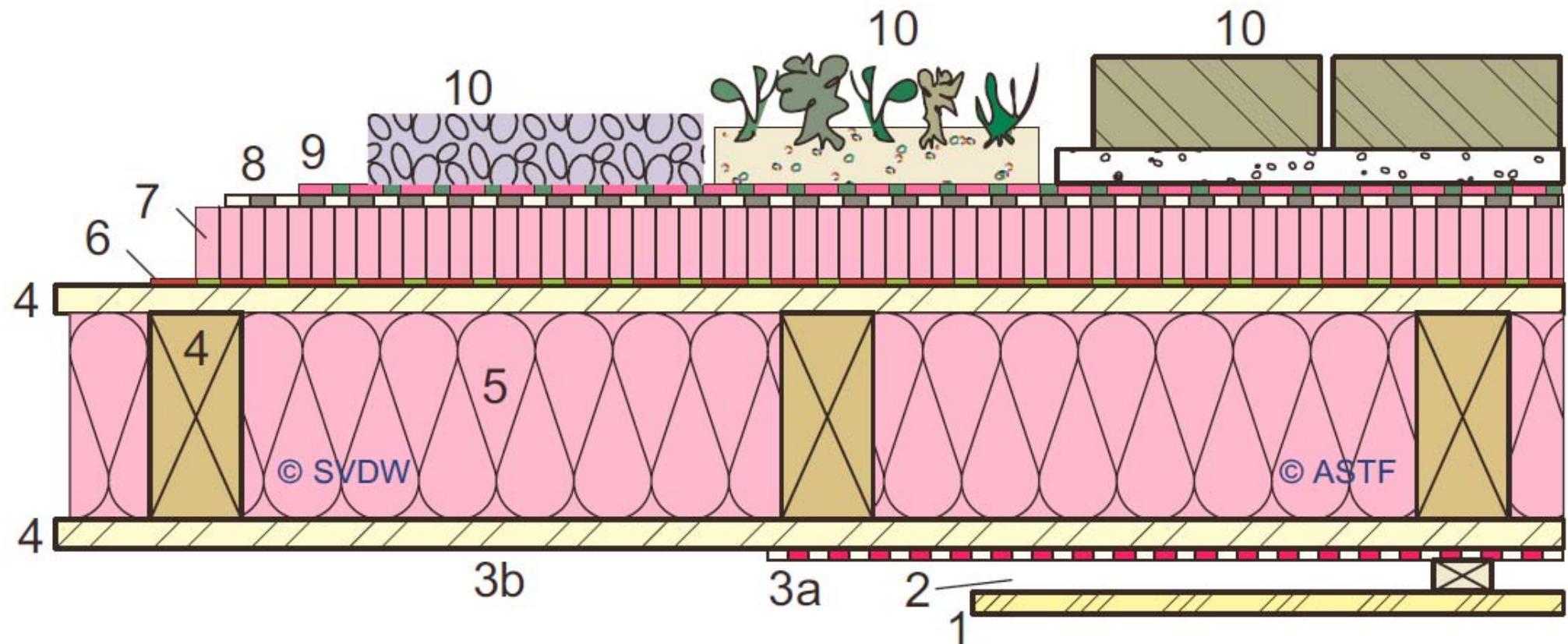
Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices

Le toit plat (compact)



Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices

Toit plat = DANGER



Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices

Toit plat = DANGER

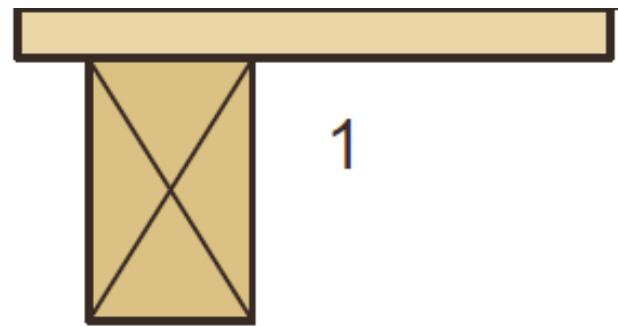
- Conditions:
 1. Faire un test d'étanchéité – Blowertest
 2. Faire une vérification dynamique avec programme de simulation précis type WUFI

Le bois est un matériaux naturelle et dégradable

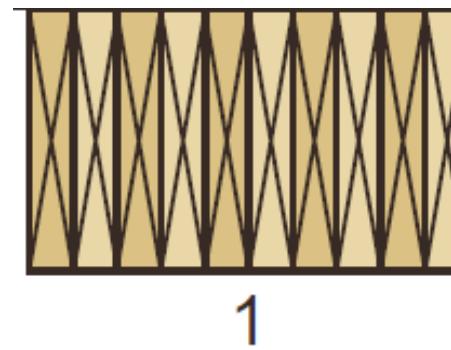


Structure de la dalle

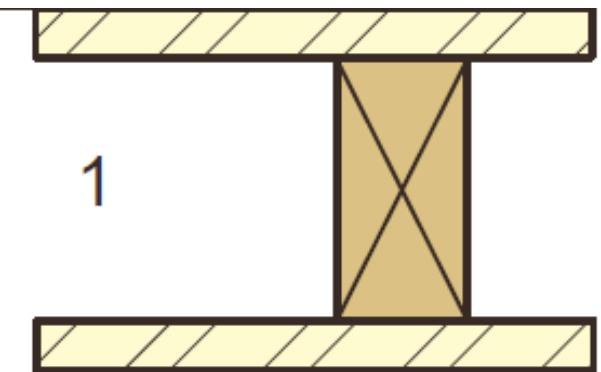
- Les principaux



Solive



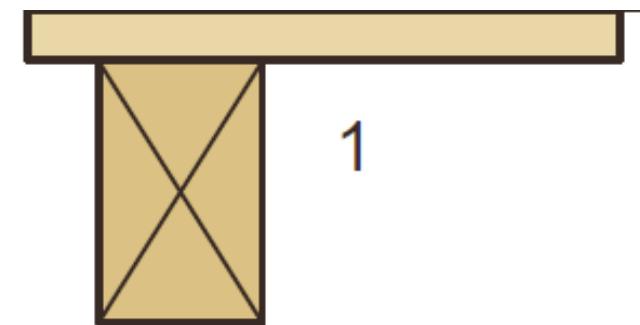
Massive



Caisson

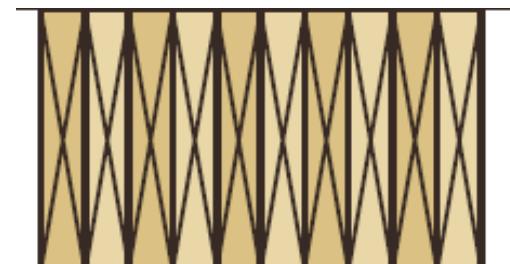
Structure de la dalle poutre / solive

- La poutre simple

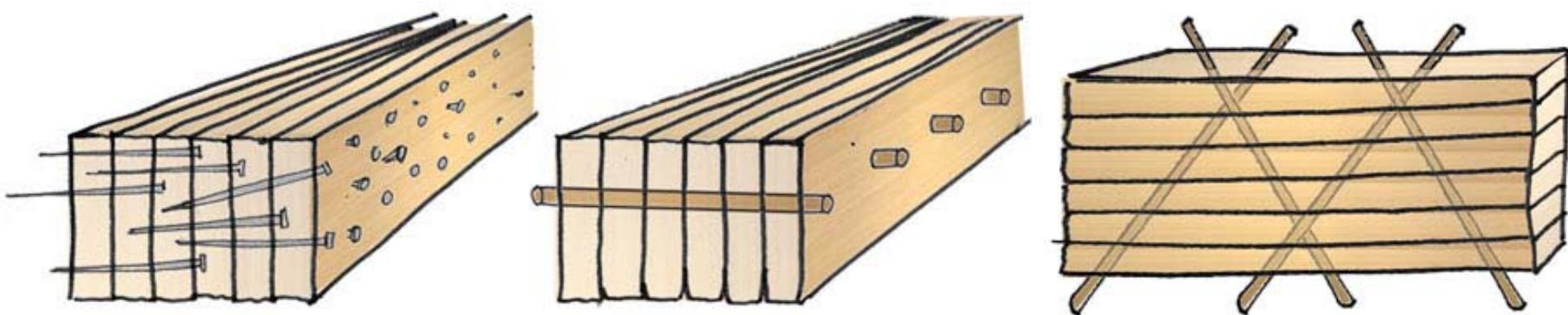


Structure de la dalle massive

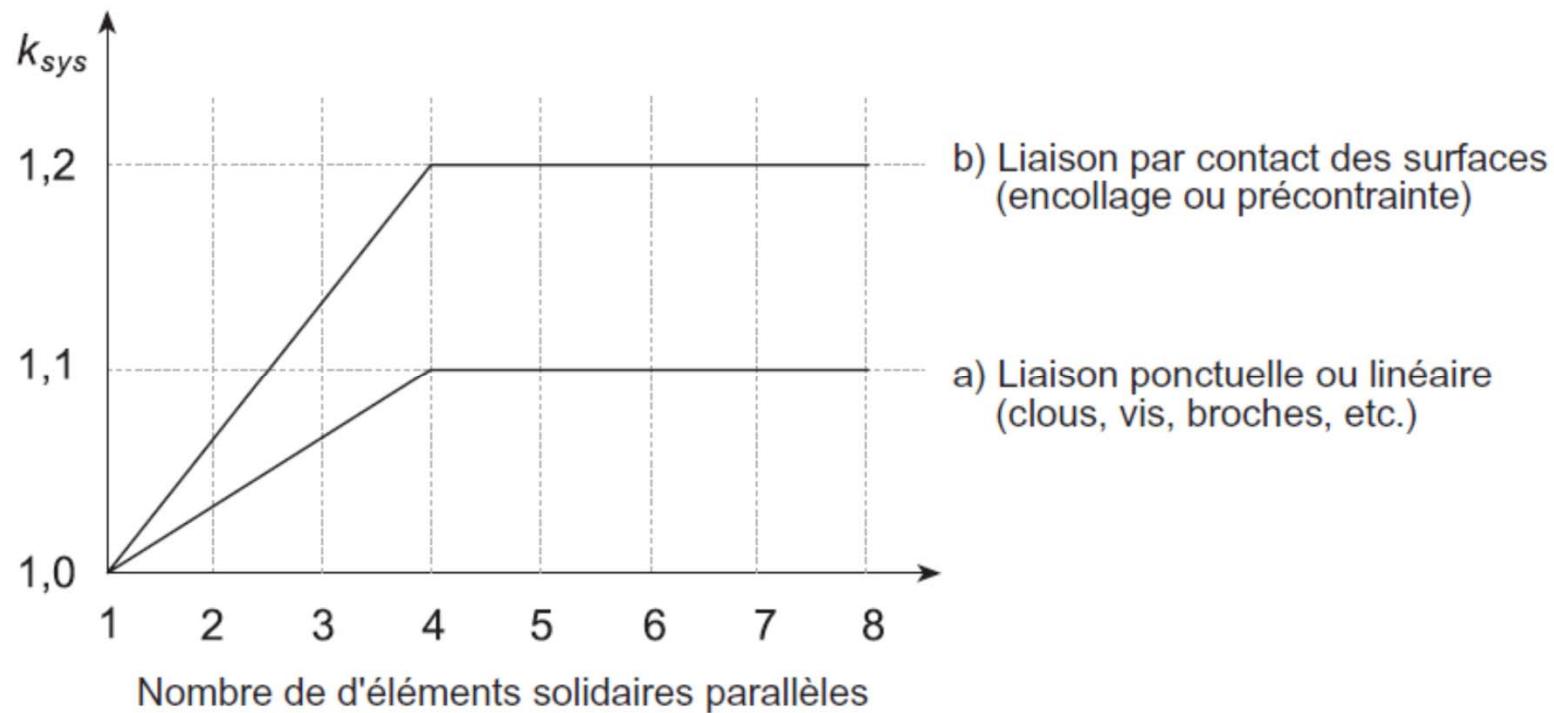
- Plancher cloué
 - Amélioration par le facteur K_{sys}



1

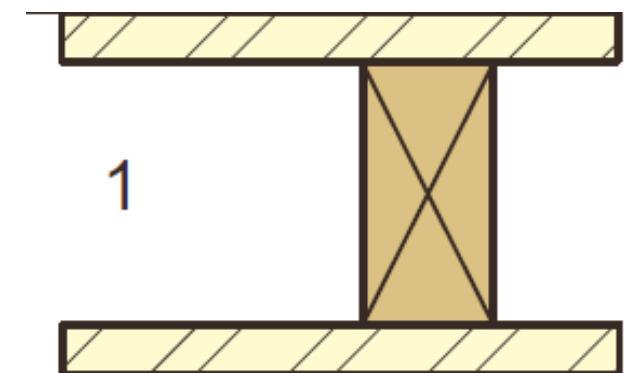


Facteur K_{sys}



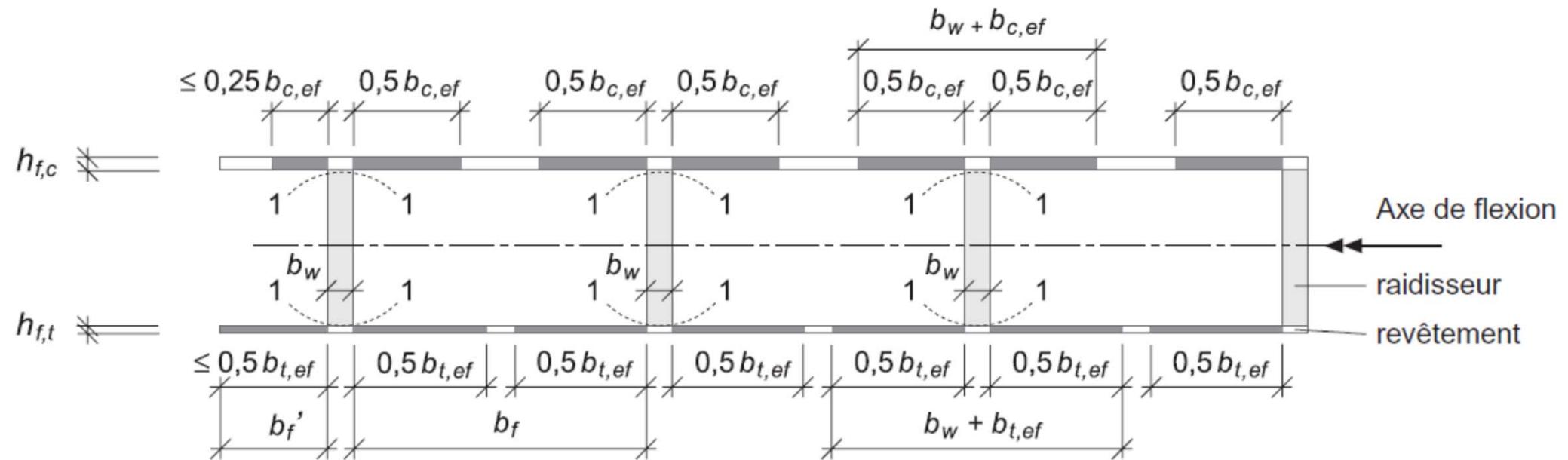
Structure de la dalle caisson

- 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-pli
- 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

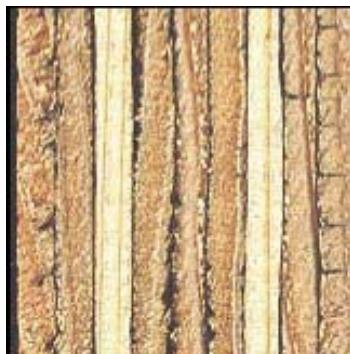
- Kerto S

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

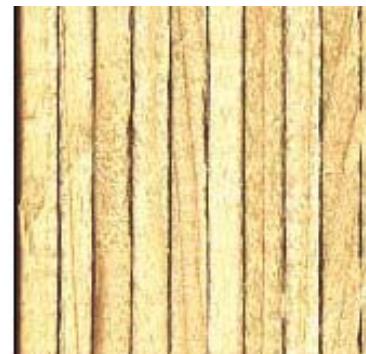
$f_{m,d} = 32 \text{ N/mm}^2$



Structure de la dalle



KERTO ® Q



KERTO ® S

PLATTENAUFBAU

d

21

24

27

33

39

45

51

57

63

69

② Scheibenbeanspruchung

Biegung ¹⁾	$f_{m,k}$	48
Zug ll zur Faser	$f_{t,0,k}$	38
Zug \perp zur Faser	$f_{t,90,k}$	0,8
Druck ll 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

La valeur de calcul de la résistance f_d est

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

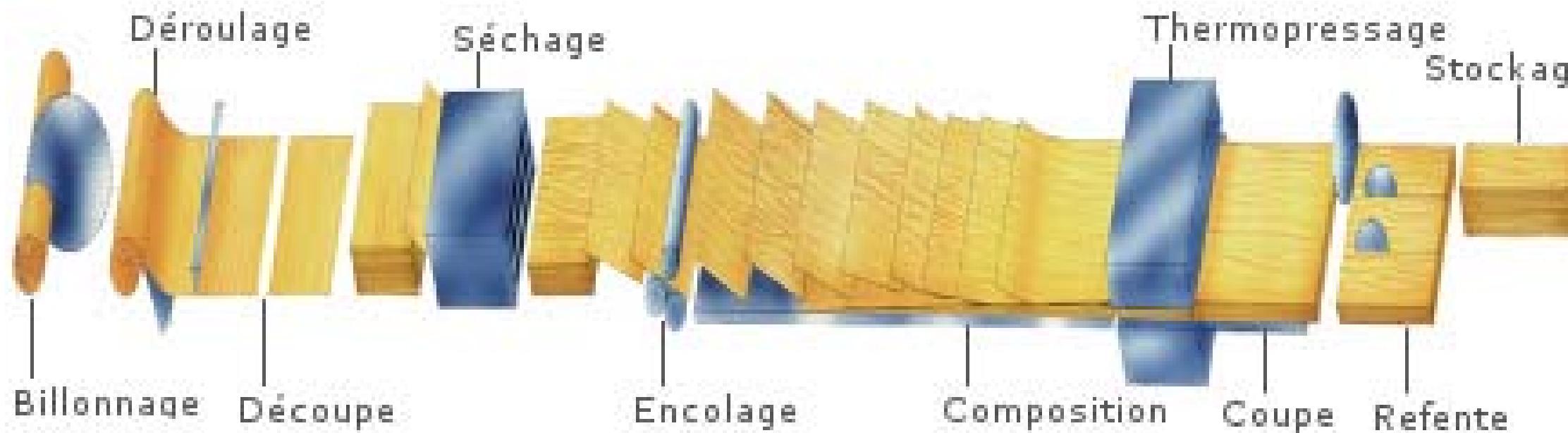
avec: f_k , γ_M , η_M , η_t , η_w selon chiffres 2.2.3 à 2.2.7.

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

