

Le Bois Lamellé Collé

1. Définition :

Le bois lamellé collé est un assemblage de lamelles aboutées de façon à obtenir la longueur de la poutre et superposée de façon à obtenir la hauteur. La cohésion est obtenue par collage. Contrairement à ce que l'on peut croire, le bois lamellé collé ne présente pas de caractéristiques mécaniques meilleures que le bois massif. Les caractéristiques mécaniques sont diminuées par la présence de défaut dans la section du bois. La probabilité d'avoir un défaut est plus faible dans une lamelle que dans une poutre en bois massif.

- Essences utilisées

Toutes les essences peuvent être utilisées sauf celles qui ne sont pas compatibles avec le collage.

Parmi les essences les plus utilisées, on distingue :

- sapin (*Abies alba*) ;
- épicéa (*Picea abies*) ;
- pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) ;
- douglas (*Pseudotsuga mensiesii*).

et

- western hemlock (*Tsuga heterophylla*) ;
- pin laricio et pin noir d'Autriche (*Pinus nigra*) ;
- mélèze (*Larix decidua*) ;
- pin maritime (*Pinus pinaster*) ;
- peuplier (*Populus robusta*, *Populus alba*) ;
- pin radiata (*Pinus radiata*) ;
- épicéa de Sitka (*Picea sitchensis*) ;
- western red cedar (*Thuja plicata*) .

Le bois doit être classé conformément aux prescriptions des normes EN 518 ou EN 519 relatives au classement des bois massifs pour l'emploi en structure et de la norme NF B 52001 - Partie 4.

En outre, pour des raisons d'aspect visuel, les défauts suivants sont à éliminer :

- flaches
- noeuds vicieux et non adhérents
- noeuds barrettes
- gerces profondes dans les lamelles

- lamelles fortement gauchies.

Il est possible d'utiliser d'autres bois feuillus, à condition de disposer des moyens et des données nécessaires pour pouvoir réaliser des assemblages collés satisfaisants et particulièrement de s'assurer de la compatibilité de la colle avec le bois.

2. Les colles

Les adhésifs utilisés pour les éléments de structures en bois lamellé collé sont principalement :

- Résorcine-formaldéhyde (R.F)
- Phénol-résorcine-formaldéhyde (R.P.F.)
- élamine-urée-formaldéhyde (M.U.F.)
- Urée-formaldéhyde (U.F.) modifiée

Cependant, la colle la plus utilisée est la résorcine ou la résorcine-formaldéhyde.

Tableau de choix des adhésifs.

Adhésif	Temps de serrage (x)	Précaution d'emploi (x)	Avantages	Inconvénients
Résorcine (RPF)	8 à 16 h à 20°C 2 à 4 h à 40°C 5 à 15 mn si HF + temps de stabilisation sous presse 1 à 3 mn	Conservation : 5 à 12 mois à 20°C Température minimale d'application : 15°C Toxicité	Tenue aux intempéries Tenue au feu Collage de matériaux divers Joints épais possible	Joints de couleur foncée Abrasivité
Résorcine : à application séparée pour lamellation	12 h à 20°C 2 à 3 h à 40°C	Conservation : 6 mois à 20°C Température minimale d'application : 18°C	Mêmes que RPF Durée de vie en pot plus longue Nettoyage réduit Limitation des déchets	Mêmes que RPF Nécessité d'une installation spécifique
Mélamine urée formol (MUF)	6 à 12 h à 20°C 1 à 3 h à 40°C 4 à 5 mn si HF plus temps de stabilisation sous presse 1 à 3 mn	Conservation : 2 à 6 mois à 20°C Température minimale d'application : 18°C	Tenue à l'eau et à l'humidité Tenue satisfaisante à la chaleur Rigidité très élevée Joints clairs Joints épais possible	Abrasivité
Urée formol modifiée (UF)	8 à 16 h à 20°C 15 à 30 mn à 60°C 5 à 10 mn si HF plus temps de stabilisation sous presse 1 à 3 mn	Conservation : 6 à 12 mois à 20°C Température minimale d'application : 15°C	Rigidité élevée Joints clairs Joints épais possible	Mauvaise tenue aux intempéries Sensibilité aux températures supérieures à 70°C Abrasivité

3. Dimensions des lamelles.

L'épaisseur des lamelles varie de 22 à 45 mm et le rayon de courbure minimum de celle-ci est régi par la relation

$$R=160.e \text{ pour les résineux}$$

Avec e : épaisseur de la lamelle.

On peut être amené à utiliser des épaisseurs inférieures à 22 mm si l'on désire obtenir des rayons de courbure plus faibles.

Epaisseurs utilisées : 22, 27, 33,45

La section maximale des lamelles ne peut excéder 70cm².

4. Fabrication

- 1ère opération:

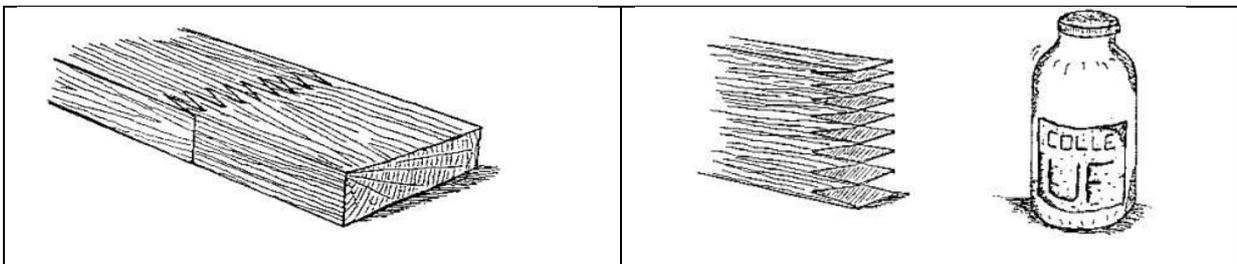
Séchage ou stabilisation:

Consiste à amener l'humidité du bois approvisionné à celle requise pour la fabrication. Pour le bois non traité, l'humidité doit être homogène (entre 8 et 15 % avec un écart de 4 %). Pour le bois traité l'humidité doit être comprise entre 11 et 18 %. Le premier poste consiste en une mesure de l'humidité par mesure de résistance. On procède ensuite à l'élimination des défauts visibles par sciage des zones

- 2ème opération:

L'aboutage et enturage:

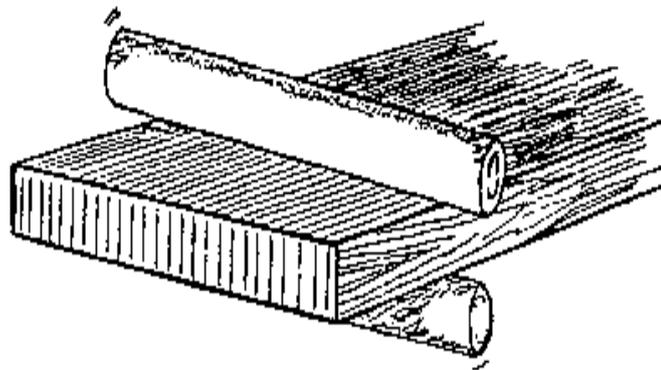
Les lamelles sont tronçonnées et aboutées afin de réaliser les longueurs nécessaires à la fabrication (Température du bois doit être > 15°C).



- 3ème opération:

Le rabotage des lamelles:

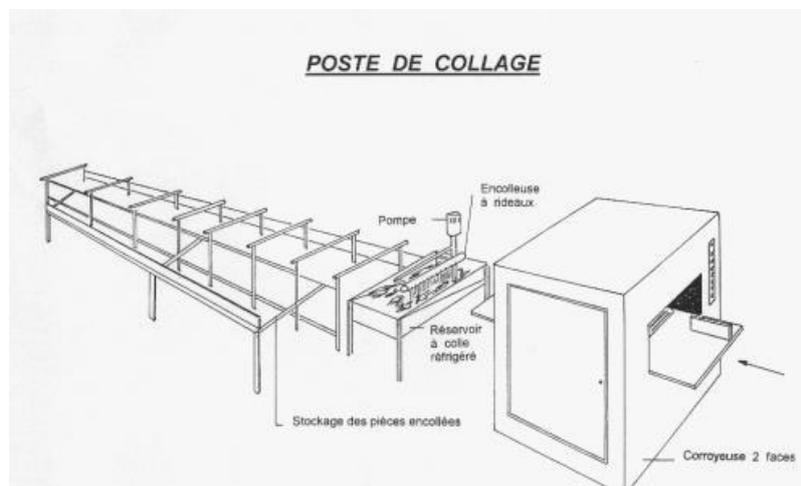
Il s'effectue 24h avant l'encollage. L'écart maximum admissible par rapport à l'épaisseur moyenne sur une longueur de lamelle de 1m est égal à 0.2 mm.



- 4ème opération:

Encollage des lamelles:

Opération réalisée avec des encolleuses à rideaux ou à rouleaux. Au moment du collage, les surfaces doivent être propres et l'adhésif appliqué uniformément.



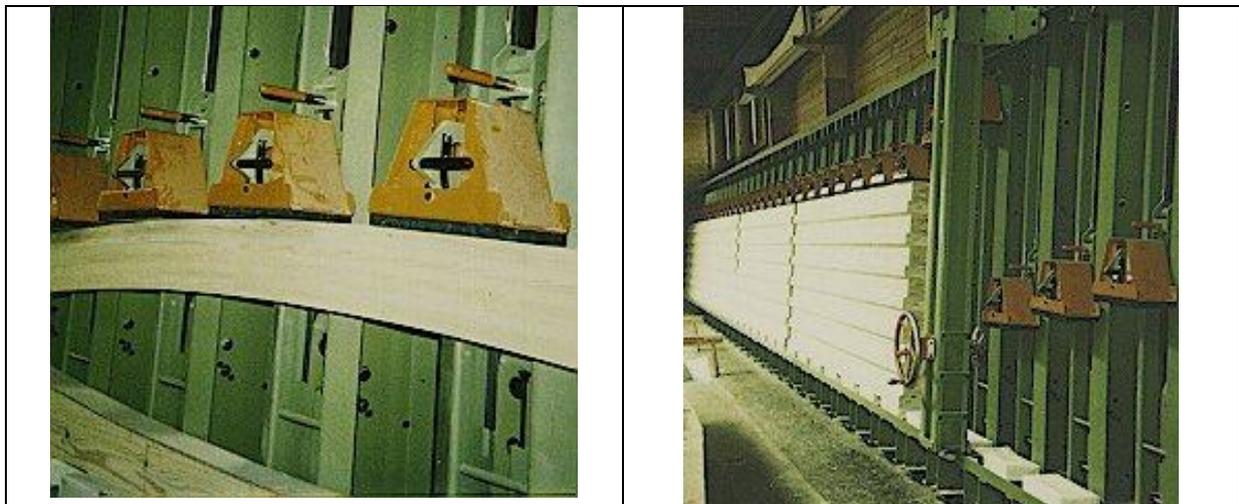
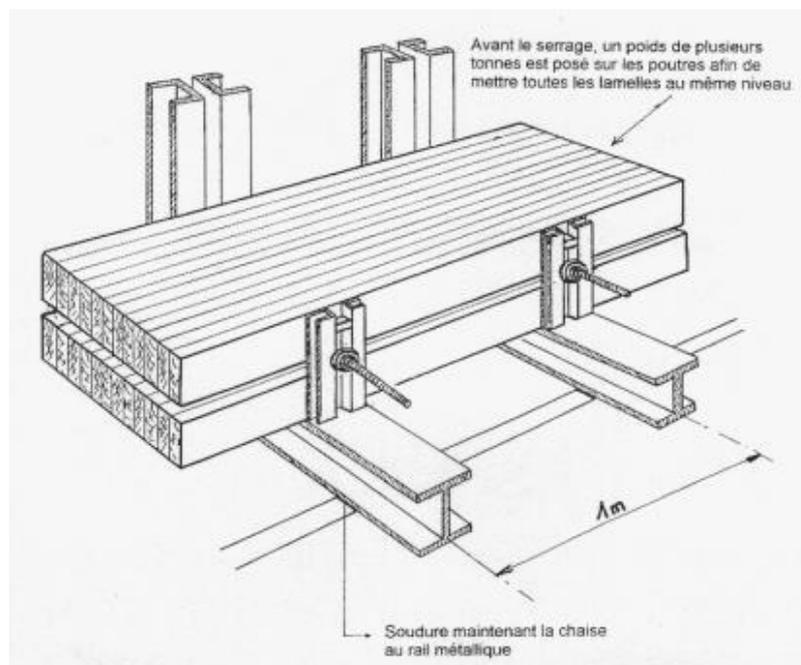
- 5ème opération:

Serrage des lamelles

Il a pour but de maintenir des pièces encollées à la pression voulue dans la forme désirée pendant le temps de polymérisation de la colle.

La pression minimale de serrage dépend de l'épaisseur de la lamelle.

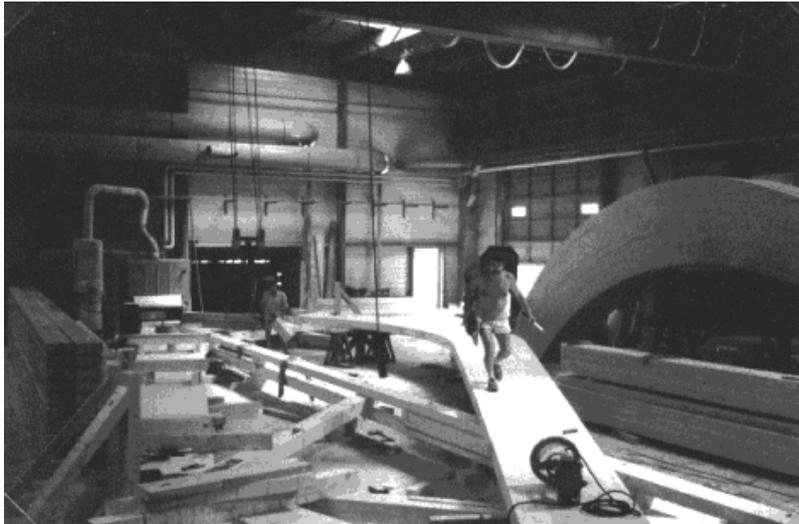
Elle varie de 6 bars pour les faibles épaisseurs à 10 bars pour les plus fortes.



- **6ème opération:**

Taillage et finition:

Opération de rabotage, de perçage, de taillage et application de produits de traitement et/ou finition (dépend de la classe d'exposition aux risques biologiques).



5. Caractéristiques du bois lamellé collé

Désignation normalisée :

Ex1 : GL24h

GL comme GLULAM ;

Contrainte admissible à la flexion simple : 24 MPa ;

H : toutes les lamelles ont la même caractéristique

Ex2 : GL32c

GL comme GLULAM ;

Contrainte admissible à la flexion simple : 32 MPa ;

C : combinée 1/3 des lamelles ont une contrainte admissible à la flexion de 40 MPa et 2/3 30 MPa.

Classe de résistance :

	Classes de résistance des lamelles de bois selon EN 338		
Lamellé collé homogène	C 24	C 30	C40
Lamellé collé combiné	C 24 / C 18	C 30 / C 24	C 40 / C 30
Classes du BLC	GL 24	GL 28	GL 32

Pour utiliser les Règles CB 71, les valeurs de contraintes admissibles et les propriétés associées aux classes de résistance du Bois Lamellé Collé sont définies dans les tableaux Ia et Ib (Règles Professionnelles SNCCBLC/FIBC)

**CONTRAINTES ADMISSIBLES ET PROPRIETES ASSOCIEES DU BOIS
LAMELLE COLLE PANACHE à 12 % en N/mm₂ (*), KN/mm² ** et Kg/m³ *** et
relevant du marquage réglementaire (Note SNCCBLC/FIBC)**

Classe de résistance du Bois Lamellé Collé		GL 24 c combiné	GL 28 c combiné	GL 32 c combiné	GL 36 c combiné
	NOT. CB 71				
Résistance en flexion	σ_f	11,4	13,3	15,2	17,1
Traction axiale	σ	6,7	7,9	9,3	10,7
Traction transversale	σ_t	0,2	0,2	0,2	0,2
Compression axiale	σ'	10	11,4	12,6	13,8
Compression transversale	σ'_t	2,2	2,6	2,8	3,2
Cisaillement	τ	1,0	1,3	1,5	1,8
Module moyen d'élasticité axiale **	E_F	11,60	12,60	13,7	14,7
Module moyen de cisaillement **	E_G	0,59	0,72	0,78	0,85
Masse volumique moyenne***		420	460	500	540

**CONTRAINTES ADMISSIBLES ET PROPRIETES ASSOCIEES DU BOIS
LAMELLE COLLE HOMOGENE à 12 % en N/mm₂ (*)(*), KN/mm² ** et Kg/m³ ***
et relevant du marquage règlementaire (Note SNCCBLC/FIBC)**

Classe de résistance du Bois Lamellé Collé		GL 24 h	GL 28 h	GL 32 h	GL 36 h
		homogène	homogène	homogène	homogène
	NOT. CB 71				
Résistance en flexion	σ_f	11,4	13,30	15,2	17,1
Traction axiale	σ	7,9	9,3	10,7	12,4
Traction transversale	σ_t	0,2	0,20	0,20	0,30
Compression axiale	σ'	11,40	12,60	13,8	14,80
Compression transversale	σ'_t	2,6	2,80	3,2	3,4
Cisaillement	τ	1,30	1,50	1,80	2,0
Module moyen d'élasticité axiale **	E_F	11,60	12,60	13,70	14,70
Module moyen de cisaillement **	E_G	0,72	0,78	0,85	0,91
Masse volumique moyenne ***		440	480	520	560

6. Les assemblages

Les assemblages bois sur bois

Ce sont tous les assemblages de la charpente traditionnelle, et qui peuvent être réalisés de manière classique avec du bois lamellé collé :

- Tenon et mortaise
- Embrèvement
- Entaille
- Assemblage à mi bois

Bien évidemment, la purge des singularités du bois lors de la fabrication du Lamellé Collé, contribue à fiabiliser ce type d'assemblages.

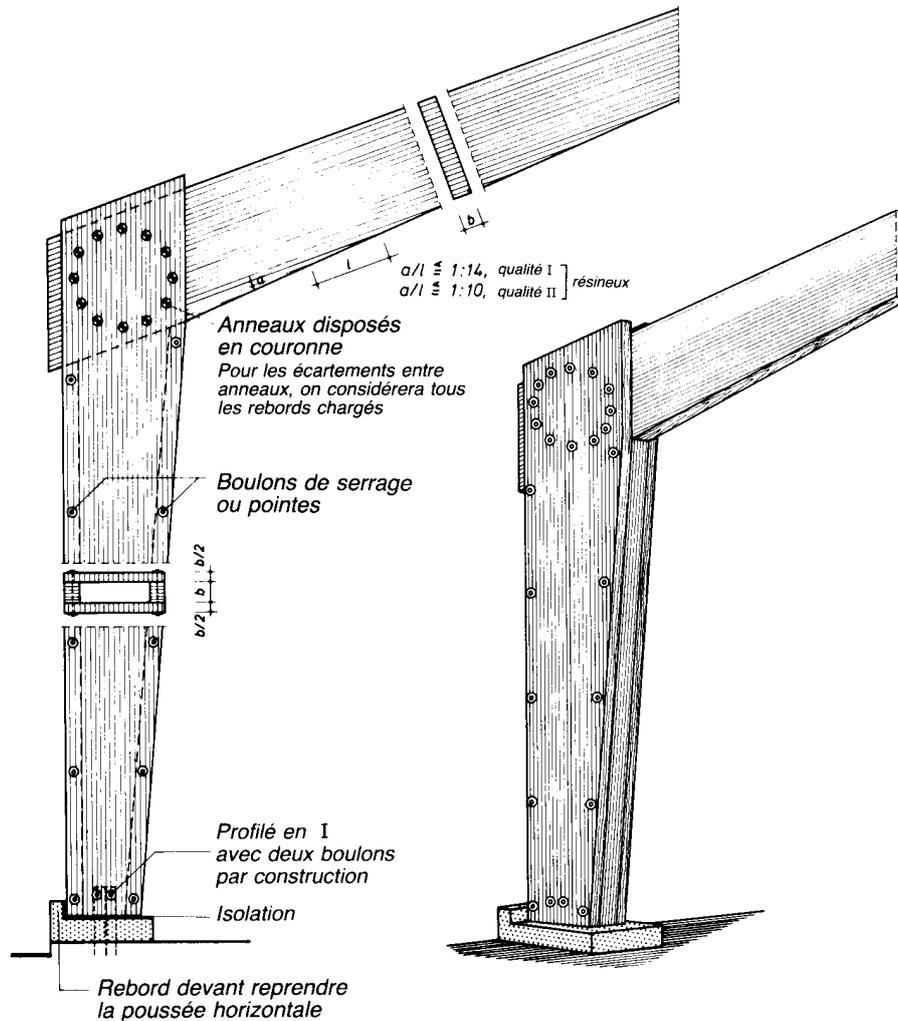
Les assemblages par organes métalliques



Ils sont principalement réalisés par les organes suivants :

- pointes ou clous
- vis ou tire-fonds
- boulons ou broches
- assembleurs (crampons, anneaux)
- connecteurs métalliques
- boîtiers et plats métalliques





Tous ces assemblages sont dimensionnés conformément aux différents codes de calculs utilisés qui spécifient également les règles de mise en oeuvre et en particulier les dispositions de distances entre les organes.

Nota : l'utilisation d'organe de fixations métalliques impose des règles de calcul différentes de celles du bois, en l'occurrence les règles CM66 Additif 80. les combinaisons de charges du CM66 sont différentes de celles du CB71. le charpentier devra donc effectuer un calcul de descente de charge pour chaque mode de chargement.

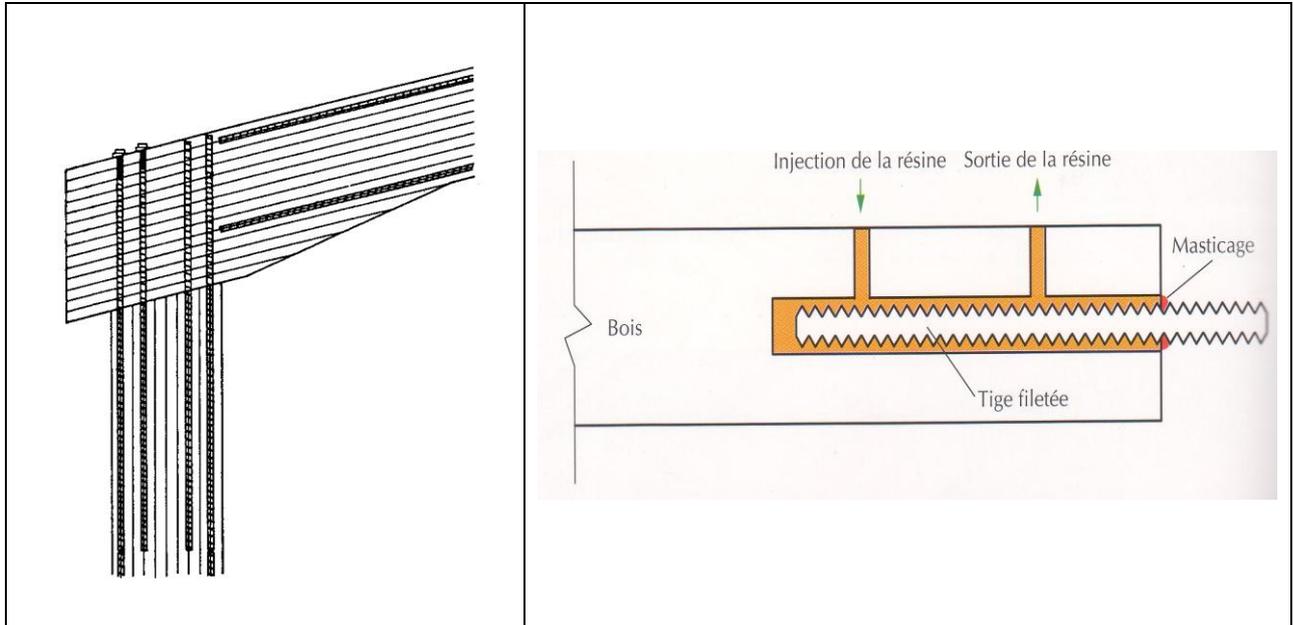
Les assemblages collés et métallo-collés

Les progrès techniques de collages structuraux ont donné naissance, tant en France qu'à l'étranger, à différents systèmes d'assemblages spécifiques:

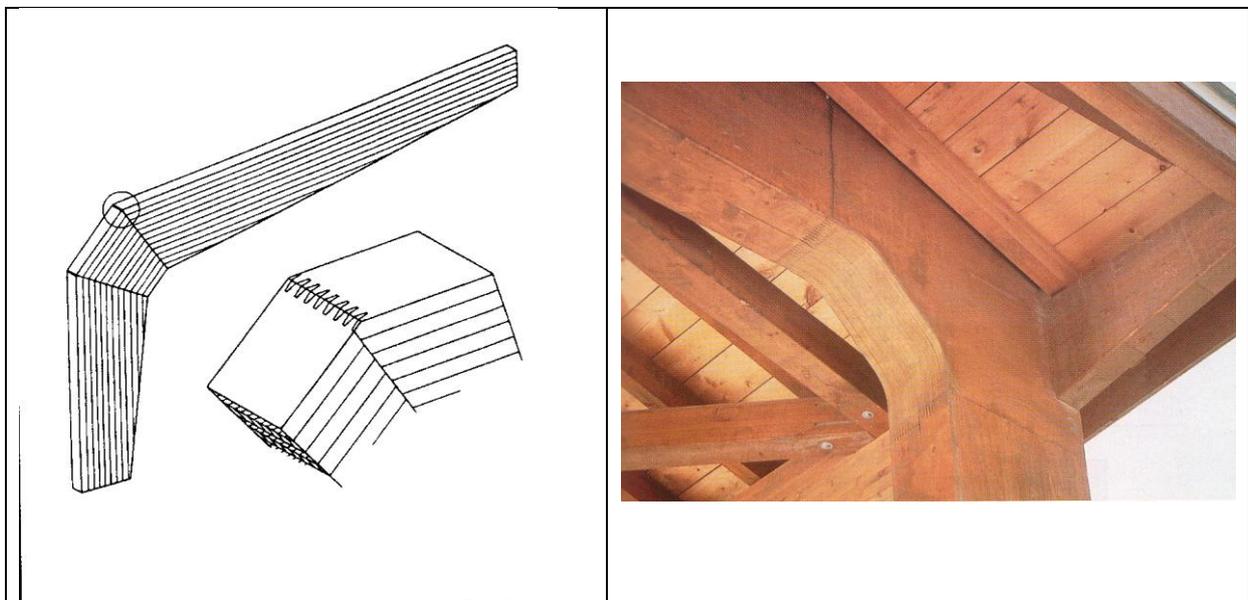
- goujons collés
- plats métalliques collés
- entures d'angles
- inserts

Certains de ces systèmes sont considérés actuellement comme non traditionnels et demandent de mettre en place des dispositions spécifiques d'assurance qualité.

Assemblage par goujon collé.



Assemblage par enture.

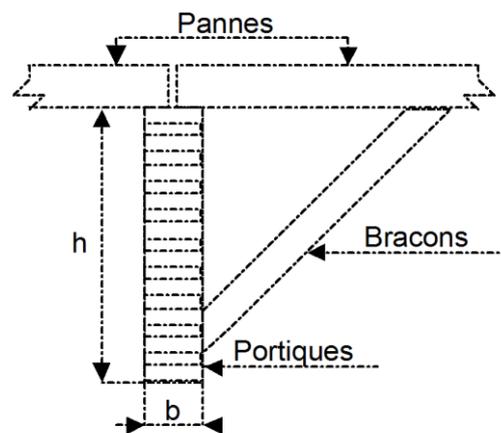


Dispositif antidéversement

Le déversement est le flambage latéral d'une pièce de bois. Les risques n'existent pas pour les pièces droites si on a :

- $h / b < 9$, pas de dispositif latéral
- h / b compris entre 9 et 12, dispositif latéral tous les 6h
- h / b compris entre 11 et 12, dispositif latéral tous les 4h

On limitera le calcul à $h / b < 12$ Schéma du dispositif latéral de raidissement ci contre :



2-7) Analyse des éléments influents sur le choix du type de structure (source essentiellement Daguzé)

2-71 Incidence du matériau de couverture le choix du type de couverture a une incidence sur la répartition des supports de couverture panne et les portées de la structure principale.

TYPE DE STRUCTURE		TYPE DE COUVERTURE ENVISAGE	Portée ou trame $l \times L$ en mètres	Retombée h pour une représentation graphique	
Ossature secondaire de portée l	Ossature principale de portée L	Neige région B Altitude 200		Ossature secondaire	Ossature principale
Pannes BM sur 2 appuis	Poutres IV en cantilever		Bac acier sec Amiante ciment	5,00 X 18,00	1/25
Pannes BM en cantilever	Poutres IV en cantilever	Etanchéité, sur bac acier	6,00 x 20,00	1/26	$h_m = L/21$
Pannes IC	Poutres IC	Etanchéité, sur bac acier	8,00 X 15,00	1/23	L/16
Pannes IC	Poutres IV.2P	Etanchéité, sur bac acier	9,00 x 20,00	1/23	L/17
Pannes IC	Poutres IV.2P.C	Bac acier sec Amiante ciment	8,00 X 20,00	1/23	$h_m = L/17.5$
Pannes IC	Fermes symétriques	Tuiles	8,00 X 20,00	1/19	Voir tableau
Pannes IC	Poutres IV en cantilever	Etanchéité, sur bac acier	9,00 x 20,00	1/23	$h_m = L/19$
Poutres IV.2P	Poutres IC en cantilever	Etanchéité, sur bac acier	16,00 X 16,00 16,00 x 18,00	$h_m = 1/19$	L/16

Légende :

BM Bois massif

IC poutre à inertie ou de section constante

IV poutre à inertie ou de hauteur variable IV.

1P poutre à inertie variable à une pente et intrados horizontal IV.

2P poutre à inertie variable à 2 pentes et intrados horizontal IV.2P.C poutre à inertie variable à 2 pentes et intrados courbe IV 1PC poutre à inertie variable à 1 pente et intrados courbe

7. Dimensionnement des poutres en BLC

Le dimensionnement des structures en bois lamellé collé s'effectue actuellement conformément aux règles de calcul et de conception des charpentes en bois dites Règles CB 71 (NF P 21 701), complétées par les règles professionnelles du Syndicat National des Constructeurs de Charpentes en Bois Lamellé Collé, publiées dans un " Guide pratique de conception et de mise en œuvre " (Editions Eyrolles), et par deux Recueils de Contributions au Calcul des Eléments et Structures en Bois (1988 et 1991) Annales de l'ITBTP - Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

Selon ce code de calcul, les contraintes admissibles et les propriétés associées, sont directement déduites des valeurs des contraintes admissibles des bois ayant servi à leur fabrication, majorées selon le type de sollicitations d'environ 10%.

Aux règles CB71, il convient d'associer les règles Bois-Feu 88 (NF P 92-703) qui permettent de justifier par le calcul de la résistance au feu des structures en bois.

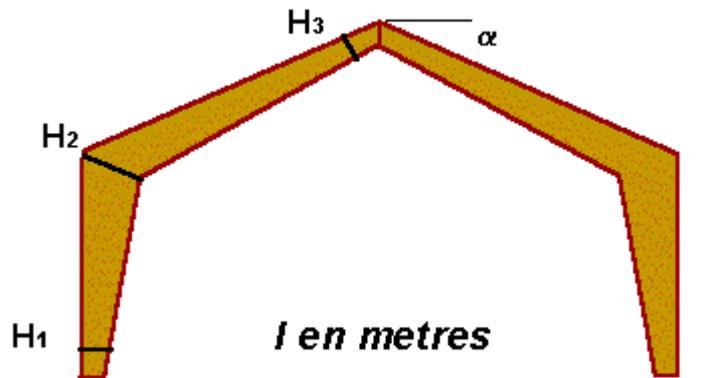
La modification en 1992 de la norme NF B 52.001 - parties 4 et 5 - a éliminé le système de classement en catégories I, II et III des bois de structures, pour mettre en place un système plus en phase avec la normalisation future (Eurocodes) et qui est associé à des valeurs caractéristiques de contraintes.

A partir de la norme NF B 52.001 de 1992, du système de classement visuel associé qui définit les classes ST1, ST2, ST3 et leurs valeurs caractéristiques associées C 18, C 24 et C 30 d'après les normes EN 338 et EN 1912, des contraintes admissibles pour les bois massifs peuvent être déduites. En 1996 le SNCCBLC a publié des règles professionnelles donnant des valeurs de contraintes admissibles pour les différentes classes (GL....) de résistance mécanique du bois lamellé collé, permettant ainsi l'utilisation des règles CB71. Ces règles ont fait l'objet d'une révision en 2000 et sont publiées en tant que Note de la FIBC. Elles seront remplacées à terme par la norme NF P 21-400 dès son homologation.

8. Règles de pré dimensionnement des ouvrages en BLC

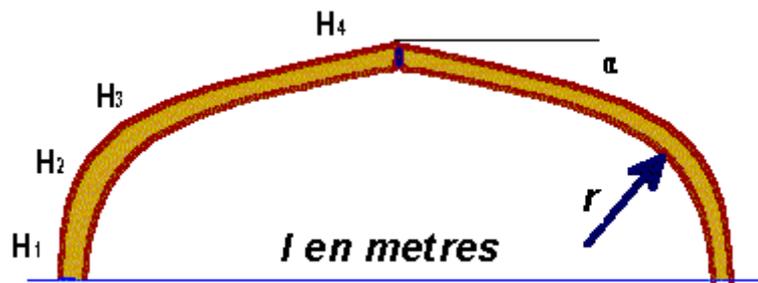
Ces règles donnent des ordres de grandeurs pour les portiques et poutres en BLC les plus utilisées.

Portique droit à 3 articulations



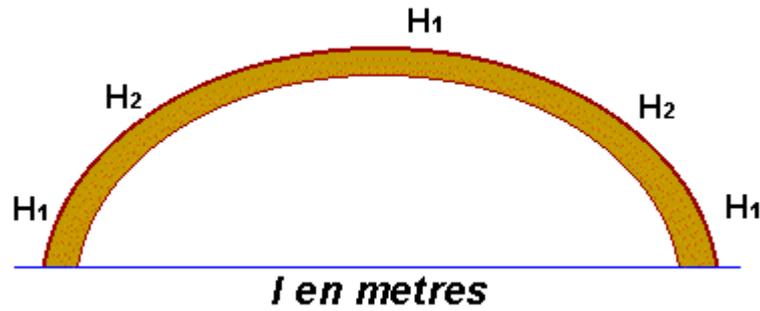
Dénomination du système	Portée	Ecartement des portiques	Inclinaison du toit	Dimensions		
				h_1	h_2	h_3
	l m	e m	α	m	m	m
Portique à trois articulation en bois lamellé collé avec angle assemblé par broches	15,00	5,00....7,50	14°	0,40	0,90 1,35	0,25
	17,50	5,00....7,50	14°	0,45	1,00 1,45	0,30
	20,00	5,00....7,50	14°	0,50	1,10 1,55	0,35
	22,50	5,00....7,50	14°	0,55	1,20 1,65	0,40
	25,00	5,00....7,50	14°	0,60	1,30 1,75	0,45
	27,50	5,00....7,50	14°	0,65	1,35 1,85	0,50

Arc à 3 articulations et redressement



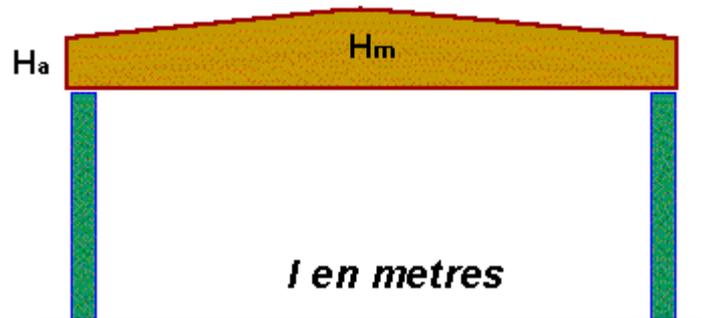
Dénomination du système	Portée l m	Ecartement des fermes e m	Inclinaison du toit α	Dimensions				
				h_1 m	h_2 m	h_3 m	h_4 m	r m
Arc à 3 articulations en bois lamellé collé avec ossature de redressement	15,00	5,00....7,50	14°	0,30	0,55....0,80	0,45...0,70	0,25	3,00
	17,50	5,00....7,50	14°	0,35	0,60.... 0,85	0,50...0,75	0,30	3,50
	20,00	5,00....7,50	14°	0,40	0,65 0,90	0,55...0,80	0,35	4,00
	22,50	5,00....7,50	14°	0,45	0,70 1,00	0,60...0,85	0,40	4,50
	25,00	5,00....7,50	14°	0,50	0,75 1,10	0,65...0,90	0,45	5,00
	27,50	5,00....7,50	14°	0,55	0,80 1,20	0,70...0,95	0,50	5,50
	30,00	5,00....7,50	14°	0,60	0,85 1,30	0,75...1,00	0,55	6,00
	35,00	5,00....7,50	14°	0,65	1,00 1,40	0,85...1,10	0,65	6,50

Arc surbaissé à 3 articulations

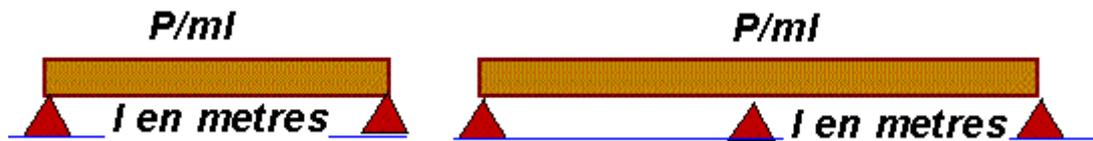


Dénomination du système	Portée $l = m$	Ecartement des fermes $e = m$	Dimensions		
			h_1 m	h_2 m	f m
Arc à 3 articulation en bois lamellé collé	25,00	5,00.... 7,50	0,25	0,50	6,25
	30,50	5,00.... 7,50	0,30	0,60	7,50
	35,00	5,00.... 7,50	0,35	0,70	8,75
	40,50	3,50....15,50	0,80	0,80	10,00
	45,00	3,50....15,50	0,45	0,90	11,25
	50,50	3,50....15,50	0,50	1,00	12,50
	60,00	3,50....15,50	0,60	1,20	15,00
	80,00	3,50....15,50	1,60	1,60	20,00
	100,00	3,50....15,50	1,00	2,00	25,00

Poutre lamellé collé à une seule travée sur poteaux encastrés en pied



Catégorie	Portée	Epaisseurs des poutres	Hauteur des poutres		Rayon de courbure	Ecartement des raidisseurs
			h_a	h_m		
	l	b	cm	cm	r	a
	m	cm	cm	cm	m	cm
CII ou GL24	15,00	14,0	70	108	15,16	469
	15,00	16,0	64	103	14,38	642
CII ou GL24	17,50	14,0	82	128	17,86	400
	17,50	16,0	75	121	16,96	547
CII ou GL24	20,00	16,0	87	139	19,50	477
	20,00	18,0	81	133	18,61	630
CII ou GL24	22,50	16,0	99	158	22,12	422
	22,50	18,0	92	151	21,15	557
CII ou GL24	25,00	18,0	107	169	23,65	499
	25,00	20,0	97	163	22,78	637

Poutre 2 appuis et 3 appuis

P/ml = charge en tonne par mètre linéaire		Section 2 appuis	Section 3 appuis
	1	11 x 75	11 x 75
L	0,8	11 x 68	11 x 67
=	0,6	11 x 62	11 x 58
10,00	0,4	11 x 51	11 x 47
	1	14 x 101	14 x 100
L	0,8	14 x 94	14 x 90
=	0,6	14 x 85	14 x 78
15,00	0,4	14 x 74	14 x 64
	1	16 x 130	16 x 125
L	0,8	16 x 120	16 x 112
=	0,6	16 x 109	16 x 97
20,00	0,4	16 x 96	16 x 80
	1	19 x 152	19 x 144
L	0,8	19 x 141	19 x 128
=	0,6	19 x 123	19 x 110
25,00	0,4	19 x 112	19 x 91