

Assemblages bois-bois et assemblages par tiges collées

Techniques traditionnelles appliquées aux structures modernes

Formation « Pros du bois Hiver 2021 »

12 mars 2021

Guillaume Bédard Blanchet, ing.

Conseiller technique

gbb Blanchet@cecobois.com

Photo: Art Massif

cecobois

Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois



PLAN DE LA PRÉSENTATION

- Historique et lexique des charpentes traditionnelles et de ses assemblages
- Application des techniques traditionnelles aux structures modernes.
 - Assemblages traditionnels par contacts
- Connexions innovantes par tiges collées.
 - Assemblages

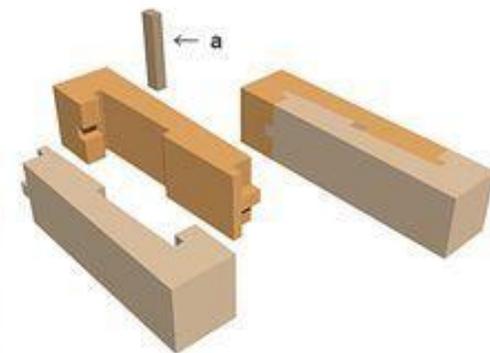
Photo: Art Massif

La charpenterie en Asie

Historique et techniques ancestrales gros bois « Timber Frame »

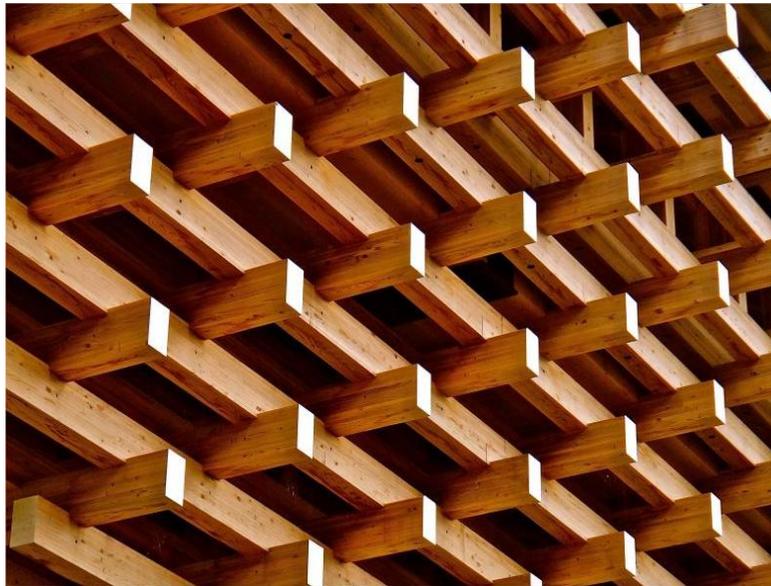
■ Au Japon

- Technique d'assemblage de menuiseries architecturales traditionnelles (Kanawa tsugi) du 17^e siècle
 - Remplace les fixations de type clous et vis par un système d'assemblage bois-bois très élaboré.
 - Assemblages complexes de clés de bois imbriqués qui forment des joints structuraux très fort
 - Avantages:
 - Pas de métal et fixations nécessaires aux connexions.
 - Pensés pour résister aux conditions extrêmes que connaît le Japon (séismes, etc.)
 - Désavantages:
 - Évaluation d'ingénierie de connexion extrêmement complexe
 - Nécessite une très grande précision d'usinage
 - Main-d'oeuvre très spécialisée
 - Nécessite de la matière première de très grande qualité.



cecobois

La charpenterie en Asie



Yuhara Wooden Bridge Museum, Japon/Kengo Kuma

Photos: Ken Lee, 2010

<https://www.flickr.com/photos/kenlee2010/6307389643/in/photostream/>

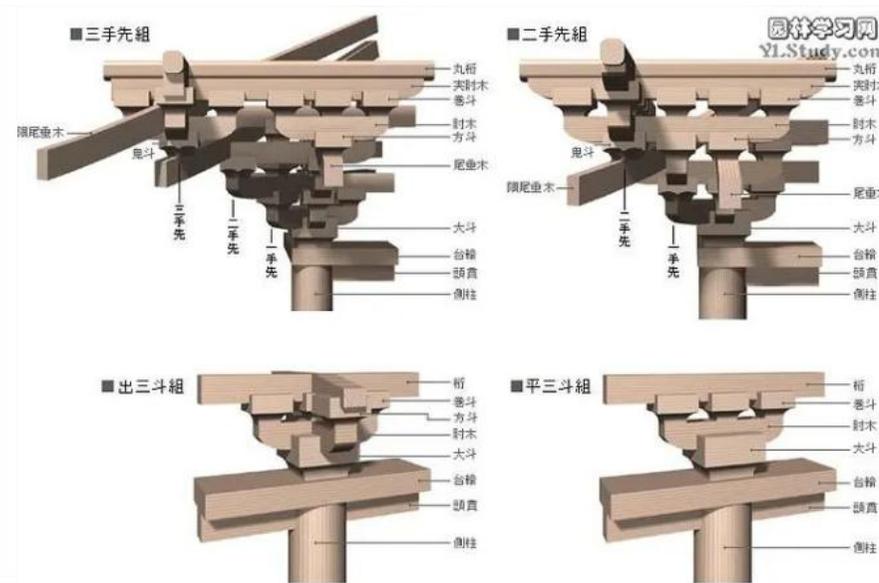
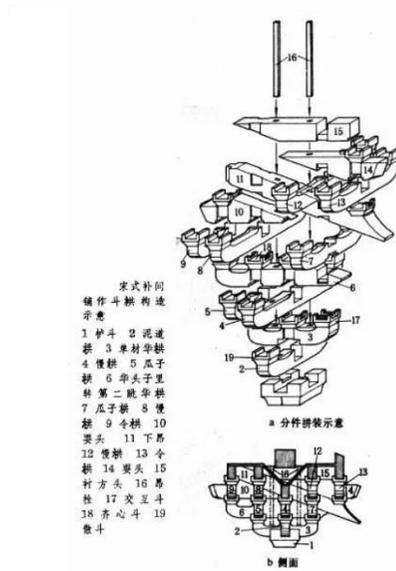
cecobois

La charpenterie en Asie

Historique et techniques ancestrales gros bois « Timber Frame »

■ En Chine

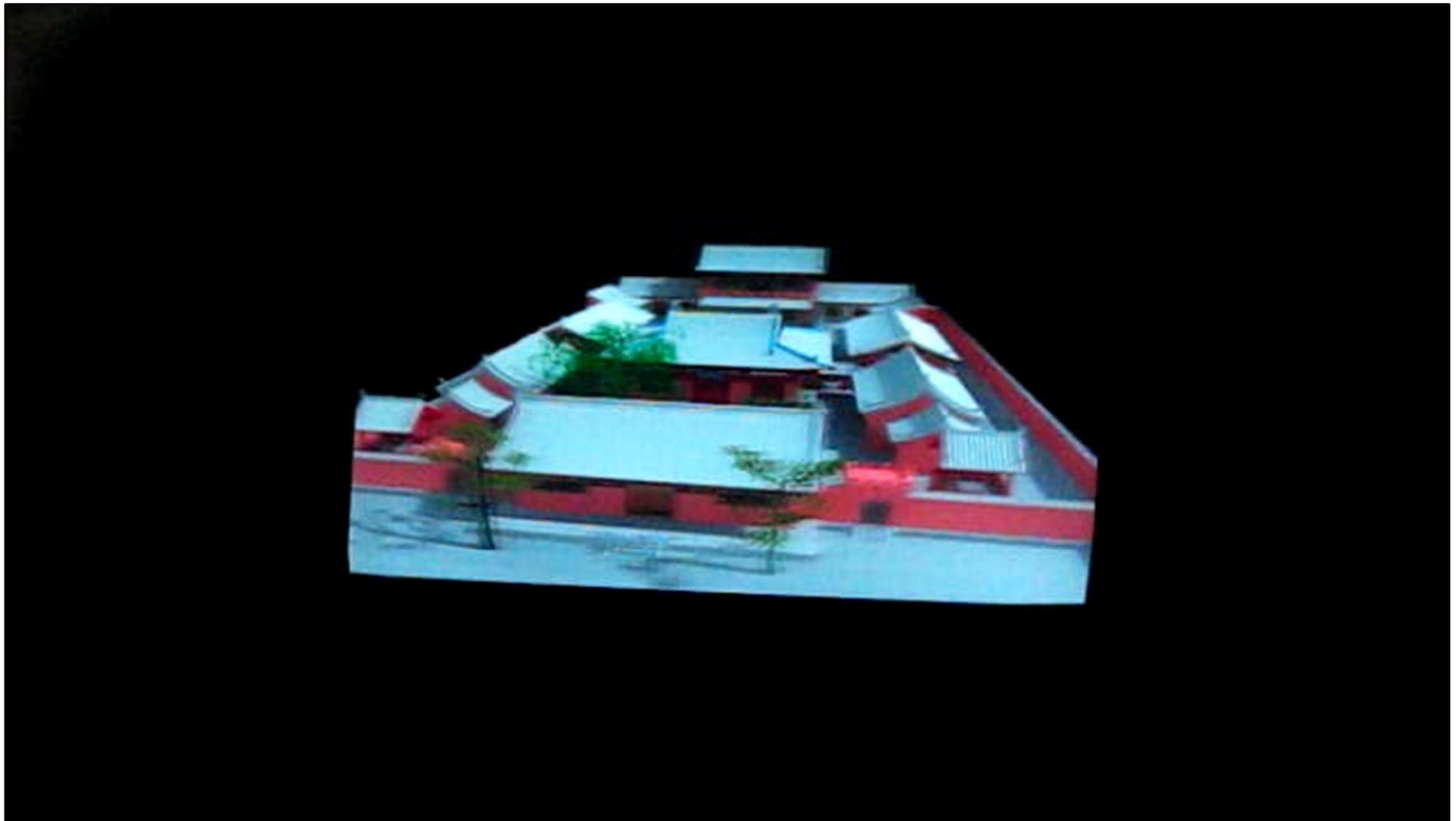
- Temples dont certains ont été construits avant le 8^e siècle



Photos: Nanchan Temple, 782

Photos: <https://www.douban.com/photos/photo/2179162597/#image>

cecobois



9

La Charpenterie en Europe

Historique et techniques ancestrales

▪ Marquage traditionnel (Scribe Rule)

- Charpentes composées de pièces uniques (non interchangeable)

- Pièces équarries à la hache
- Torsion, courbure, défilement et déformation initiale

▪ Industrialisation des méthodes de fabrications

- Pièces équarries par machine
- Pièces standardisées

Le « FRANC »	Indiqué toute les pièces de gauche.	
Le « CONTRE MARQUE »	Indique toute les pièces de droite.	
Le « CROCHET »	Indique le faîtage.	
Le signe « A »	Indique l'arêtier.	
La « PATTE D'OIE »	Indique les sablières.	
La « MONTEE »	Indique les pannes intermédiaires	
La « CROIX »	Indique la pièce de dessous (<i>moises inférieure</i>).	
Le signe « N »	Indique la noue.	

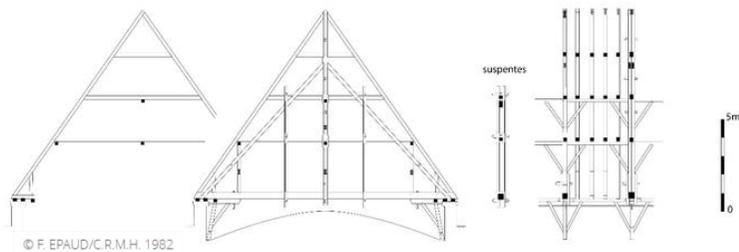


Photos: Heritagebarns.com

cecobois

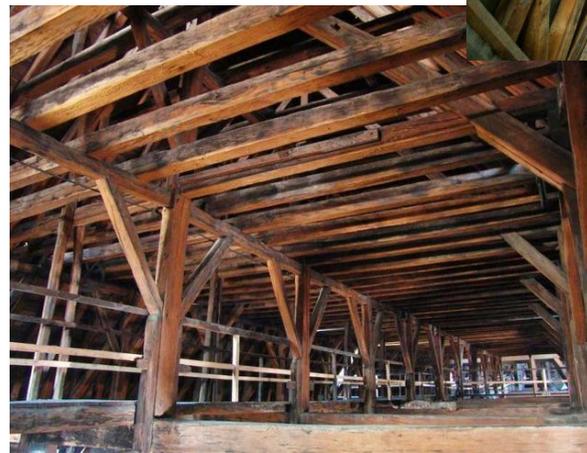
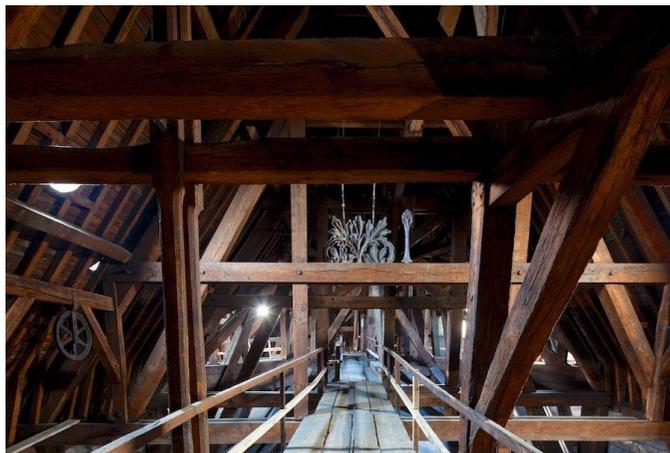
La Charpenterie en Europe

Foret de Notre Dame de Paris



© F. EPAUD/C.R.M.H. 1982

Plan des fermes de la Nef de Notre-Dame de Paris



Crédit photo: AFP / François GUILLOT

cecobois

Source: <https://ecotree.green/>

La Charpenterie en Europe

Charpenterie Navale

- Réplique de l'Hermione (France)
 - 2000 chênes
 - 400 000 pièces de bois et d'acier
 - Grand mât à 54m au-dessus de la quille



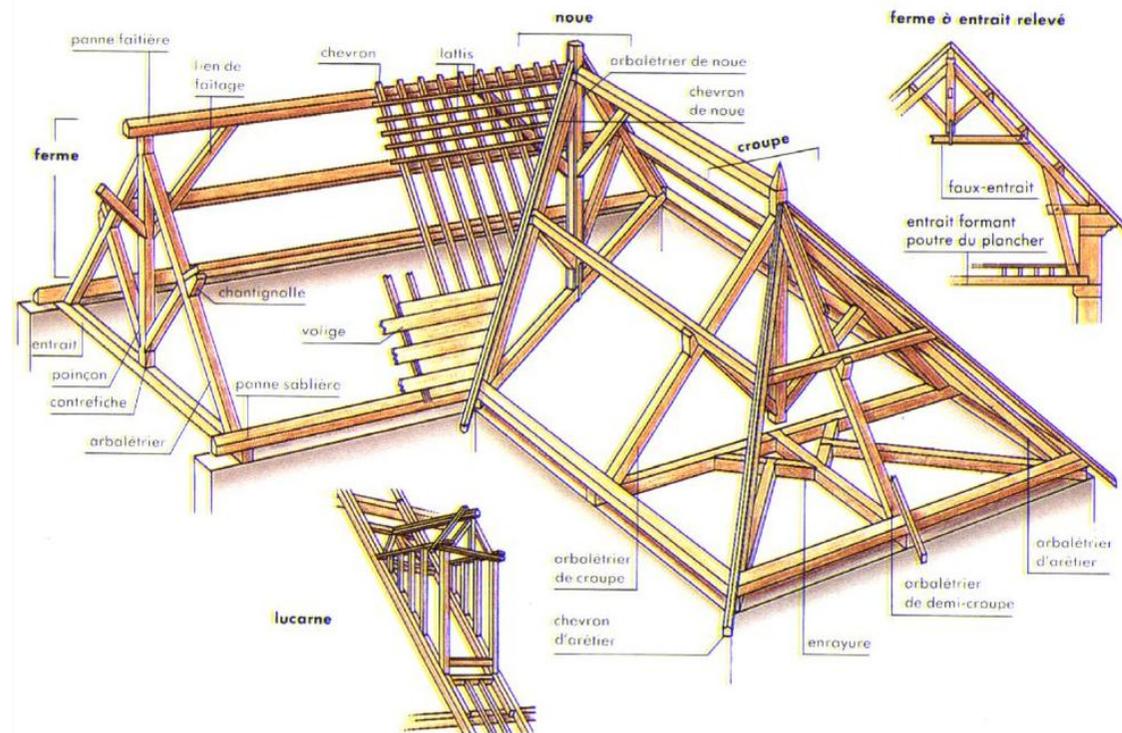
Source: inventaire.poitou-charentes.fr

cecobois

Un peu de lexique

Lexique Charpente (français/anglais)

- Pièces verticales
 - Colonne / Post
 - Poinçon-Jambette / Kingpost- Queen post
 - Colombage / Studs
- Pièces horizontales
 - Panne sablière / Plate
 - Panne faîtière / Ridge beam
 - Panne / Purlin
 - Poutre / Girder
 - Solive / joist
- Pièces inclinées
 - Chevron / Rafter
 - Noe / Valley
 - Arêtier / Hip
 - Échantignole / Purlin Cleat
 - Empanon / Jack rafter
- Pièces fermes
 - Arbalétrier / Principal rafter
 - Entrait / Tie beam
 - Contrefiche-Fiche / Struts-Knee brace



<http://leboiseudunivolet.blogspot.com/2009/12/les-charpentes.html>

cecobois

Assemblages

Les assemblages par contact

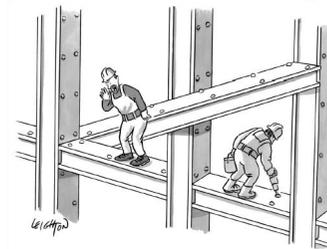
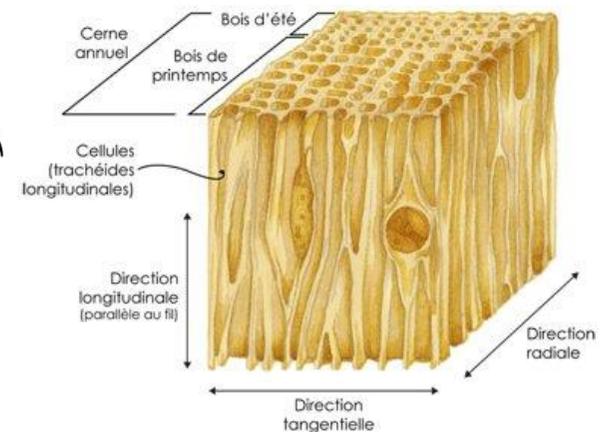
cecobois

Assemblages

Facteurs influençant la conception d'assemblages bois

Généralités:

- Esthétisme (connexions apparentes ou non)
- Coût 
- Durabilité (protection constructive, type de matériel, finition, etc.) 
- Propriétés du bois
 - Résistance mécanique et déformation
 - Type de connexion
 - Inversion des efforts possible?
 - Anisotropie (direction du grain de bois)
 - Hygroscopicité (retrait-gonflement)
 - Résistance au feu
- Usinage
 - Technique d'usinage (CNC, manuel)
 - Précision et tolérances de fabrication (selon le matériau et méthode de fabrication)
 - Facilité et rapidité de fabrication
- Facilité d'installation
- Etc.



"Escher! Get your ass up here."

cecobois

Assemblages traditionnels bois-bois

Facteurs influençant la conception d'assemblages bois

Avantages des connexions bois-bois:

- Esthétisme
 - Peu d'acier visible
 - Simplicité

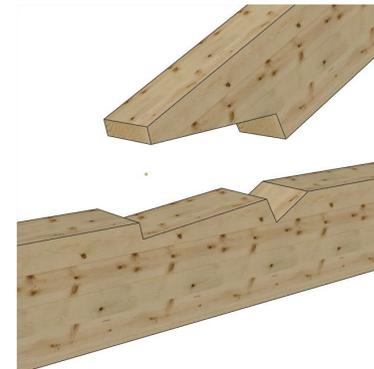


Photos: Charpentes Montmorency

- Usinage
 - Technique d'usinage (CNC vs manuel)
 - Précision et tolérances de fabrication (selon le matériau et méthode de fabrication)
 - Facilité et rapidité de fabrication



Photos: Technowood AG



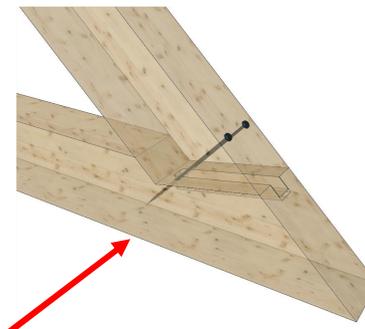
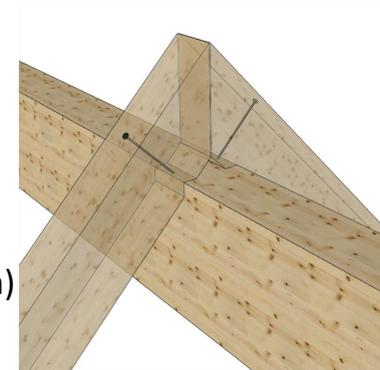
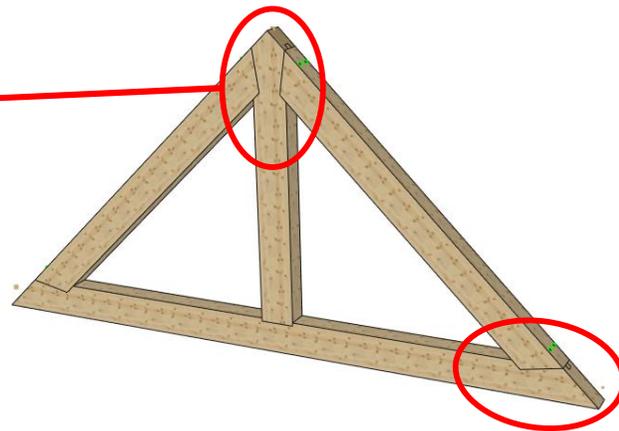
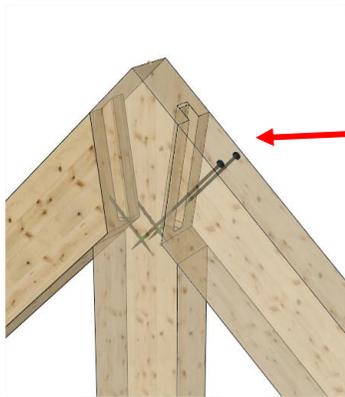
cecobois

Assemblages traditionnels bois-bois

Facteurs influençant la conception d'assemblages bois

Avantages des connexions bois-bois:

- Coûts
 - Pas ou peu d'acier nécessaire
 - Seulement coupes et usinages
 - Acier au minimum (Vis ou autres connecteurs peu dispendieux pour stabilisation)



cecobois

Assemblages traditionnels bois-bois

Facteurs influençant la conception d'assemblages bois

Avantages des connexions bois-bois:

- Facilité d'installation
 - Favoriser les installations utilisant la gravité (du haut vers le bas)



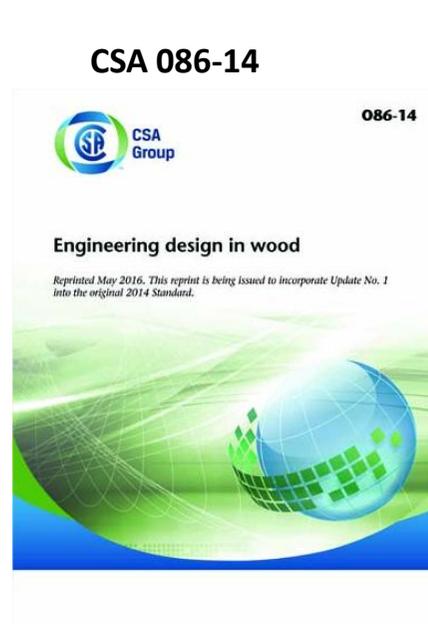
Photos: Les constructions FGP

cecobois

Assemblages par contact

Contexte normatif et adaptation à CSA-086-14

Contexte normatif et documentation disponible



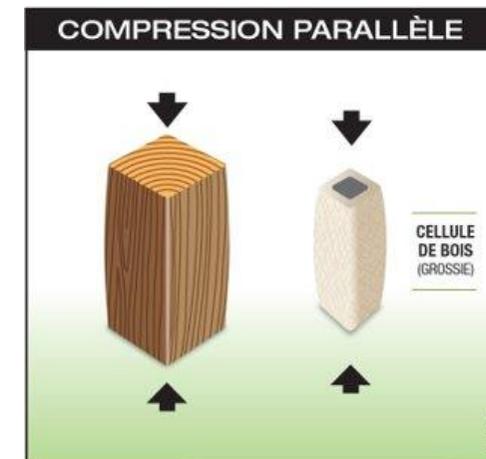
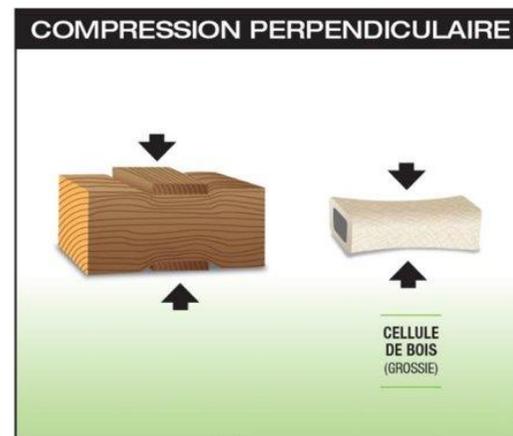
cecobois

Assemblages par contact

Adaptation à CSA-086-14

Exemples d'assemblages par contact

- Pochettes (Housings)
- Queue d'aronde (Dovetail)
- Pas (Birdsmouth)
- Embrèvements
 - Embrèvement avant
 - Embrèvement arrière
 - Embrèvement multiple
- Poinçon (Kingpost)
- Contrefiches (Knee braces)
- Clés de cisaillement
- Bout à bout parallèle au fil



cecobois

Assemblages traditionnels bois-bois

Adaptation à CSA-086-14

Assemblages par contact

- Permettent d'assurer la transmission des efforts principalement en compression

Contact compression perpendiculaire au fil $\theta = 90^\circ$	Contact compression parallèle au fil $\theta = 0^\circ$	Contact compression à angle $\theta = \text{variable}$
CSA 086-14 clause 7.5.9.2 BLC 6.5.7.2 Sciage	CSA 086-14 clause 7.5.8.4 BLC 6.5.6.2 Sciage	CSA 086-14 clause 6.5.8 BLC et Sciage
$Q_r \geq Q_f$	$P_r \geq P_f$	$N_r \geq P_f \text{ ou } Q_f$

cecobois

Compression perpendiculaire

Adaptation à CSA-086-14

- **Résistance en compression perpendiculaire fcp**
 - Déterminé par groupe d'essence selon ASTM D2555 (relié à la densité)
 - Valeurs de compressions perpendiculaires basées sur une déformation limite moyenne de 1mm
 - Rupture ayant un très long plateau ductile



cecobois

Compression perpendiculaire

Adaptation à CSA-086-14

■ CSA O86-14 clause 7.5.9.2

$$Q_r = \phi F_{cp} A_b K_B K_{Zcp}$$

où

$$\phi = 0,8$$

$$F_{cp} = f_{cp}(K_D K_{Scp} K_T)$$

où

f_{cp} = résistance prévue en compression perpendiculaire au fil, MPa (tableau 7.3)

A_b = surface d'appui, mm²

K_B = coefficient de longueur d'appui (l'article 6.5.7.6)

K_{Zcp} = coefficient de dimensions pour l'appui, où la hauteur correspond à l'épaisseur de la lamelle (l'article 6.5.7.5)

$$K_B = 1,0$$

Moins de 75mm du bout de poutre

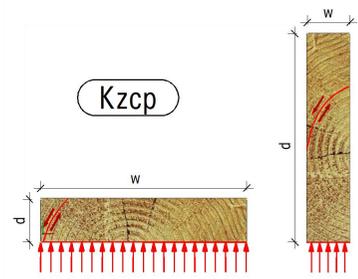
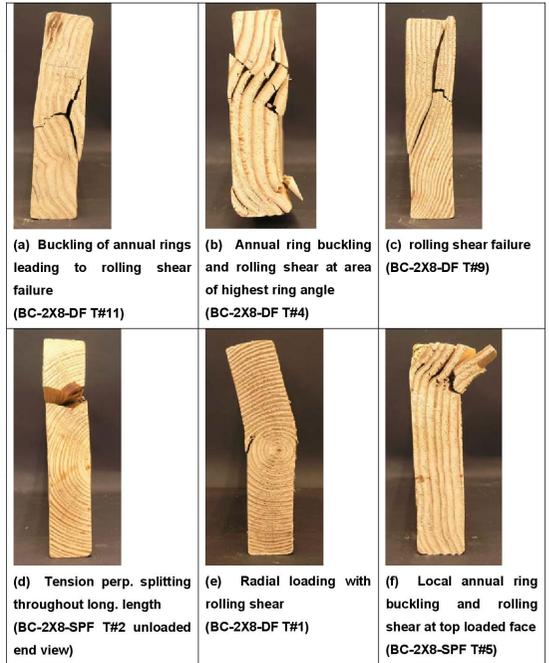


Tableau 6.5.7.5 Coefficients de dimensions pour l'appui, K_{Zcp}

Rapport largeur/hauteur de l'élément*	K_{Zcp}
1,0 ou moins	1,00
2,0 ou plus	1,15

*On peut interpoler les rapports intermédiaires.



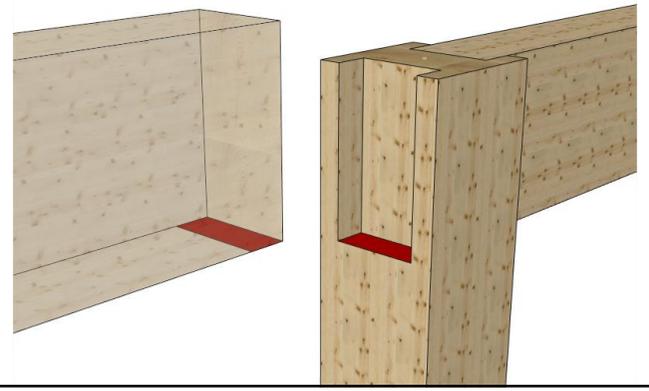
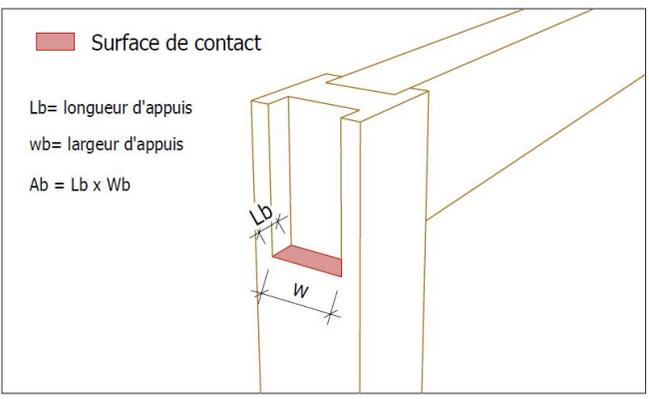
Test ASTM D143 (Basta 2005)



Compression perpendiculaire

Tableau d'aide à la conception

		Largeur d'appuis min.						
Compressions perpendiculaire aux fibres		3-Lamellé-collé Nordic Lam EP 24f-ES/NPG						
f_{cp} :	7,0 $\frac{Mpa}{a}$							
		Épinette-Pin						
L (mm)		44	86	137	184	228	279	327
Longueur d'appuis ("")	(mm)	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
Colonne 1	Colonne e2	Colonne5	Colonne6	Colonne7	Colonne8	Colonne9	Colonne10	Colonne11
1/2	13	3,6	7,0	11,2	15,0	18,6	22,8	26,7
1	25	7,2	14,1	22,4	30,1	37,3	45,6	53,5
1 1/2	38	10,8	21,1	33,6	45,1	55,9	68,5	80,2
2	51	14,4	28,1	44,8	60,2	74,6	91,3	107,0
2 1/2	64	18,0	35,2	56,0	75,2	93,2	114,1	133,7
3	76	21,6	42,2	67,2	90,3	111,9	136,9	160,5
3 1/2	89	25,2	49,2	78,4	105,3	130,5	159,7	187,2
4	102	28,8	56,3	89,6	120,4	149,2	182,6	214,0
4 1/2	114	32,4	63,3	100,8	135,4	167,8	205,4	240,7
5	127	36,0	70,3	112,0	150,5	186,5	228,2	267,4
5 1/2	140	39,6	77,4	123,3	165,5	205,1	251,0	294,2
6	152	43,2	84,4	134,5	180,6	223,8	273,8	320,9
6 1/2	165	46,8	91,4	145,7	195,6	242,4	296,6	347,7
7	178	50,4	98,5	156,9	210,7	261,1	319,5	374,4
7 1/2	191	54,0	105,5	168,1	225,7	279,7	342,3	401,2
8	203	57,6	112,5	179,3	240,8	298,4	365,1	427,9
8 1/2	216	61,2	119,6	190,5	255,8	317,0	387,9	454,7
9	229	64,8	126,6	201,7	270,9	335,7	410,7	481,4
9 1/2	241	68,4	133,6	212,9	285,9	354,3	433,6	508,1
10	254	72,0	140,7	224,1	301,0	373,0	456,4	534,9



		Largeur d'appuis min.						
Compressions perpendiculaire aux fibres		1-Lamellé-collé ÉP						
f_{cp} :	5,8 Mpa							
		Épinette-Pin						
L (mm)		80	130	175	215	265	315	365
Longueur d'appuis ("")	(mm)	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
1/2	13	5,4	8,8	11,9	14,6	18,0	21,3	24,7
1	25	10,8	17,6	23,7	29,1	35,9	42,7	49,5
1 1/2	38	16,3	26,4	35,6	43,7	53,9	64,0	74,2
2	51	21,7	35,2	47,4	58,3	71,8	85,4	98,9
2 1/2	64	27,1	44,0	59,3	72,8	89,8	106,7	123,7
3	76	32,5	52,9	71,2	87,4	107,7	128,1	148,4
3 1/2	89	37,9	61,7	83,0	102,0	125,7	149,4	173,1
4	102	43,4	70,5	94,9	116,6	143,7	170,8	197,9
4 1/2	114	48,8	79,3	106,7	131,1	161,6	192,1	222,6
5	127	54,2	88,1	118,6	145,7	179,6	213,5	247,4
5 1/2	140	59,6	96,9	130,5	160,3	197,5	234,8	272,1
6	152	65,1	105,7	142,3	174,8	215,5	256,2	296,8
6 1/2	165	70,5	114,5	154,2	189,4	233,5	277,5	321,6
7	178	75,9	123,3	166,0	204,0	251,4	298,9	346,3
7 1/2	191	81,3	132,1	177,9	218,5	269,4	320,2	371,0
8	203	86,7	141,0	189,7	233,1	287,3	341,5	395,8
8 1/2	216	92,2	149,8	201,6	247,7	305,3	362,9	420,5
9	229	97,6	158,6	213,5	262,3	323,2	384,2	445,2
9 1/2	241	103,0	167,4	225,3	276,8	341,2	405,6	470,0
10	254	108,4	176,2	237,2	291,4	359,2	426,9	494,7

Notes:

- K_s 1,00 1-Service sec
- K_{sp} 1,15 Ratio Largeur/Hauteur < 2,0
- K_b 1,00

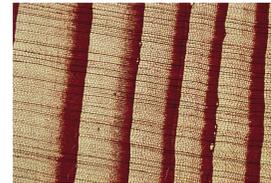


Compression parallèle au fil

Adaptation à CSA-086-14

■ Résistance en compression parallèle f_c

- Interpénétration des fibres
 - Cernes annuels de deux pièces assemblées ne coïncident pas
 - Densité entre bois initial et final différente
 - À 90° p/r au fil, l'interpénétration des fibres devient négligeable.



$$P_r = \phi F_c A K_{Zc} K_c$$

L'interpénétration des fibres ne provoque pas de rupture, mais un déplacement additionnel

- CSA 086 ne prévoit pas de réduction causée par l'interpénétration des fibres pour les contacts bois/bois parallèle au fil
- LA SIA 265 prévoit une réduction de la résistance de 20% pour les assemblages en bois de bout



Adaptation de SIA 265 (5.1)

$$f_{c,0^\circ,k} = 0.8 f_{c,\parallel,k}$$

cecobois

Compression à angle

Adaptation à CSA-086-14

Formule de Hankinson:

CSA 086-14, 6.5.8

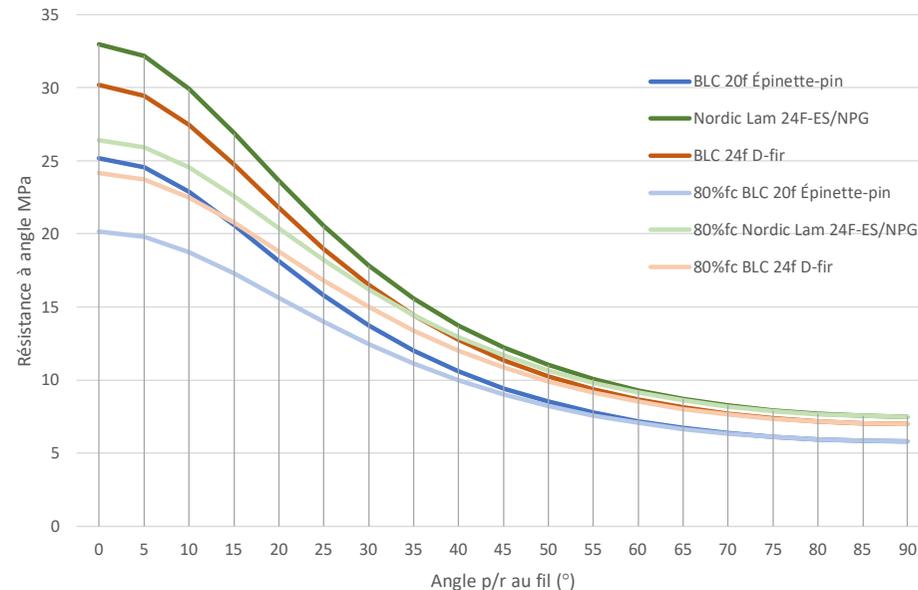
$$N_r = \frac{P_r Q_r}{P_r \sin^2 \theta + Q_r \cos^2 \theta}$$

Adaptation de SIA 265 (5.1)

$$N_r = \frac{0,8P_r Q_r}{0,8P_r \sin^2 \theta + Q_r \cos^2 \theta}$$

La norme Suisse (SIA 265) est plus conservatrice que CSA 086-14 et de l'Eurocode 5

Résistance en compression inclinée au fil
Hankinson (1921)



cecobois

Assemblage par contact

Compression perpendiculaire au fil

Pannes sur poutre

- Conception et installation très simple (portées continues)
- Simplifie le passage MEP
- Hauteur du bâtiment plus grande
- Faire attention au retrait (détails architecturaux)

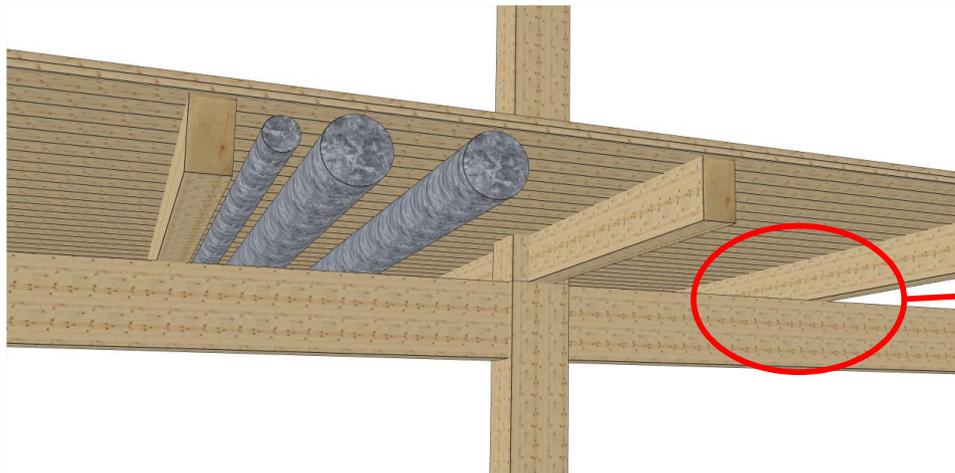
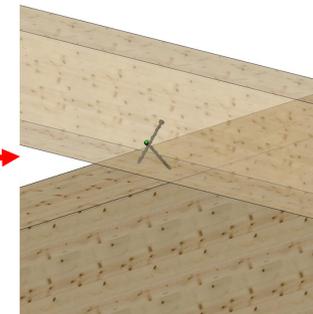


Photo: <https://www.nordic.ca/>

Stabilisation latérale $K_L = 1$
 Ratio max $h/l < 2.5/1$
 CSA O86-14 7.5.6.3.1



cecobois

Assemblage par contact

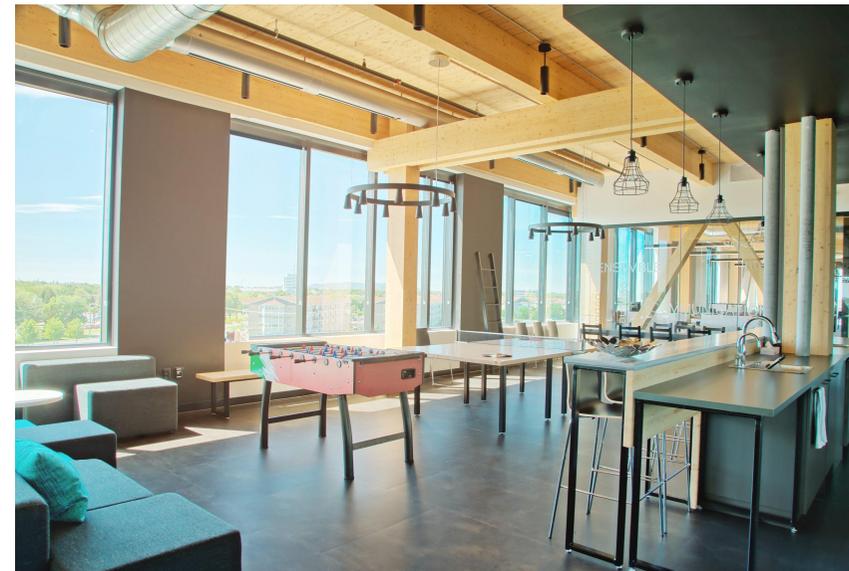
Compression perpendiculaire au fil

Exemple connexion Pannes sur poutre



Photo: Edifice Claude-Béchar
Cecobois.com

Photo: Tour Synergia
Cecobois.com

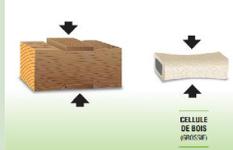
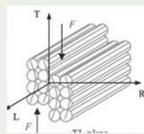


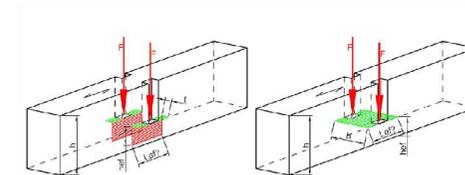
cecobois

Assemblage par contact

Compression perpendiculaire au fil

■ Connexions pochettes pannes-poutres (Housing)

Point de vérification	Éléments sollicité	Sollicitation
Résistance de compression à l'appui	Poutre principal / Poutre secondaire	
Résistance en cisaillement roulant + Traction perp.	Poutre principal	
Résistance en traction perp. au fil	Poutre principal	
Résistance de la section réduite	Poutre principal	



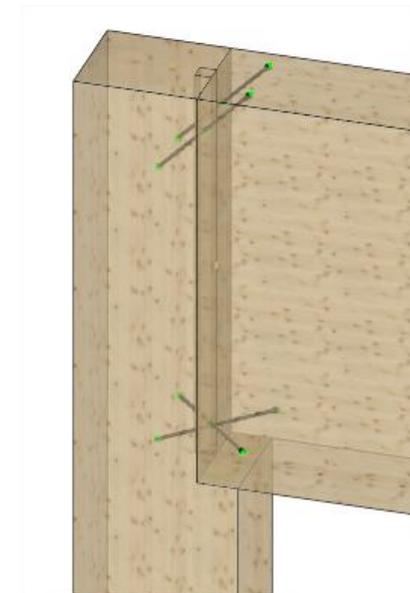
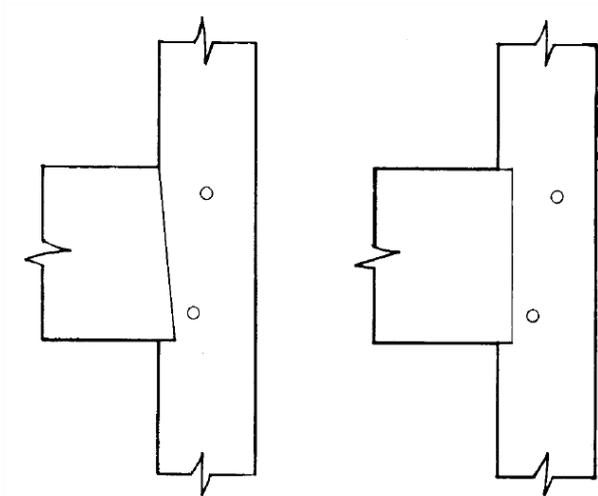
cecobois

Assemblage par contact

Perpendiculaire au fil

- Connexions compression perp au fil poutre-colonnes
 - Tenon permet de stabiliser la poutre sur sa hauteur CSA O86-14 7.5.6.3.1

Assemblages traditionnels



Applicable au bois d'ingénierie

cecobois

Assemblage par contact

Perpendiculaire au fil

- Connexions compression perp au fil poutre-colonnes



Photos: <https://www.aufacturing.com.au/high-rise-buildings-prefabricated-from-wood-factory-made-plyscrapers>



Ajout de consoles pour augmenter l'aire d'appuis

- Entailles moins importantes dans les colonnes
- Faire attention excentricités augmentées



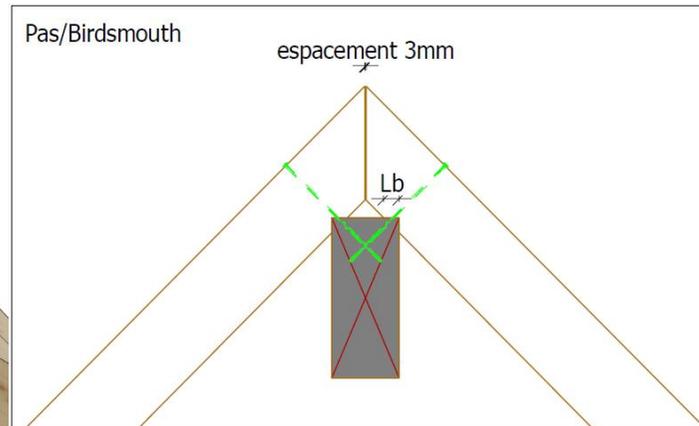
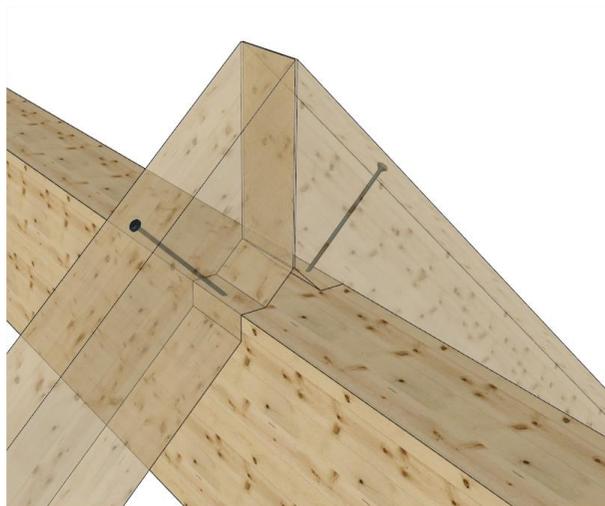
Photo: Art Massif

cecobois

Pas (Birdsmouth)

Perpendiculaire au fil

- Pas de sablière
- Pas de panne intermédiaire
- Pas de panne faitière (Rafter to ridge beam connection)

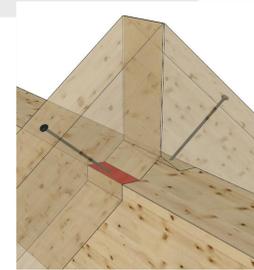


cecobois

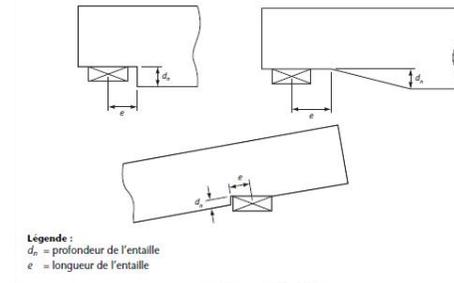
Pas (Birdmouth)

Perpendiculaire au fil

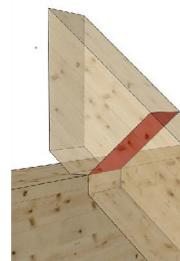
- Vérifications supplémentaires nécessaires
 - Surface d'appuis perpendiculaire au fil (Q_r) **CSA 086-14 clause 7.5.9.2 LC ou 6.5.7.2 Sciage**
 - Le point critique est la surface recevant le chevron sur la poutre principale



- Entaille et validation du coefficient d'entaille (F) **CSA 086-14 clause 7.5.9.2 LC ou 6.5.5.3 Sciage**



- Validation de la section résiduelle en cisaillement



cecobois

Pas (Birdmouth)

Exemple de calcul

Évaluation de la résistance d'un pas de chevron

Charge pondérée à l'appuis Vf: Pas d'extrémité:

1. Description et configuration de l'entaille

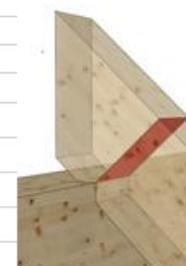
Chevron		Configuration de l'entaille		Aire d'appui	
Matériau:	Bois lamellé-collé	a°	30 °	<input checked="" type="radio"/> Aire d'appui déterminée par profondeur d'embranchement et angle	
Essence:	É-P-S	l_b	50 mm	<input type="radio"/> Aire d'appui déterminée par une valeur	
Épaisseur (t):	175 mm	d_n	25,0 mm	t_{gross}	175 mm
Hauteur (d):	312 mm	e	21,7 mm	b	0 mm
f_c	25,6 Mpa	$h-d_n$	287,0 mm	t_{net}	175 mm
f_{cp}	5,80 Mpa	α	0,920	largeur à déduire de l'appuis pour connexion	
f_v	1,75 Mpa	η	0,07	$t_{net} = t_{gross} - b$	
k_d	1,00	Aire d'appui sur poutre porteuse			
k_{sup}	1,00	Aire d'appui		8750 mm ²	
k_{scp}	1,00	Aire d'appui utilisée		8750,0 mm ²	
k_{sv}	1,00				
k_T	1,00				



Pas (Birdmouth)

Exemple de calcul (Suite)

3.2 Vérification de la section résiduelle en cisaillement					
$V_r = \phi F_v \frac{2A_n}{3} K_{Zv}$					
V_r	52,74 KN	résistance de la section résiduelle			
ϕ	0,9				
A_{eff}	50225 mm ²	aire section résiduelle			
F_v	1,75 Mpa	$F_v = f_v (K_D K_H K_{Sv} K_T)$			
f_v	1,75 Mpa				
K_{Zv}	1,0	Coeff de dimension (=1,0 si machine)			
K_D	1,0	Coeff. De durée de charge			
K_H	1,0	Coeff. de partage de charge			
K_{Sv}	1,0	Coeff. de service			
K_T	1,0	Coeff. de traitement			
		V_r		V_f	
		52,7	KN	>	40,0 KN
		OK			
		75,8%			
4 Synthèse des vérifications					
		Résistance	Vf		
		(kN)	(kN)		
	2.1 Compression perpendiculaire au fil à l'appui	40,6	40,0	OK	98,5%
	3.1 Vérification de l'entaille	86,2	40,0	OK	46,4%
	3.2 Vérification de la section résiduelle en cisaillement	52,7	40,0	OK	75,8%

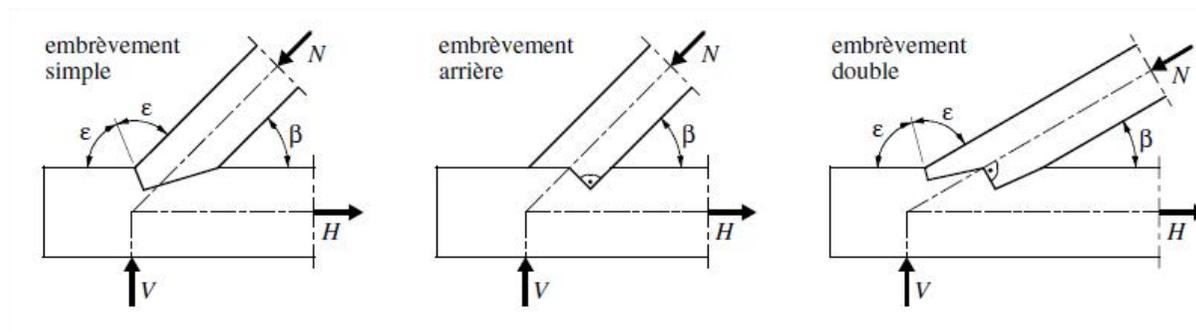


Embrèvements

Adaptation à CSA-086-14

- Type d'embrèvement
 - Usinage simple
 - Permet de passer des efforts considérables

- Les embrèvements multiples demandent une grande précision d'usinage pour bien performer



cecobois

Embrèvements

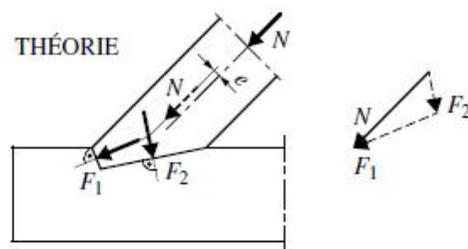
Adaptation à CSA-086-14

■ Généralités

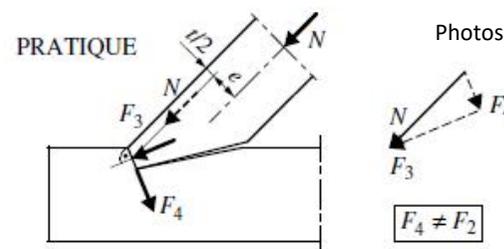
- Qualité d'usage (surtout pour embrèvement multiple)
- Gonflement-retrait
- Frottement non négligeable



Photos: Piscine du Creusot ± 50 ans service bois ± 12%



(a) Frottement et imperfections négligés.



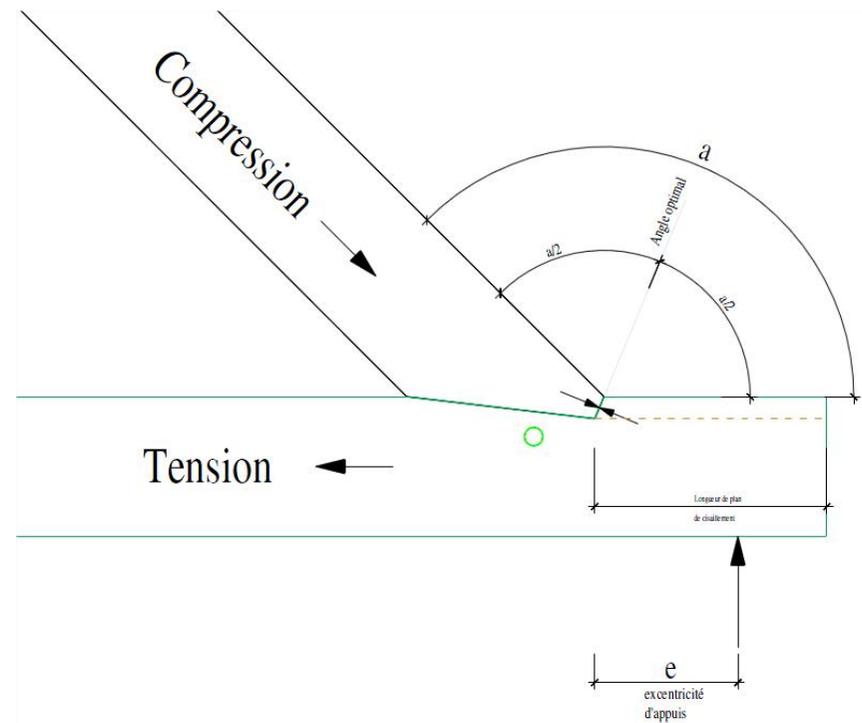
(b) Avec frottement et imperfections.

cecobois

Assemblages traditionnels

Adaptation à CSA-086-14

▪ Embrèvements avant

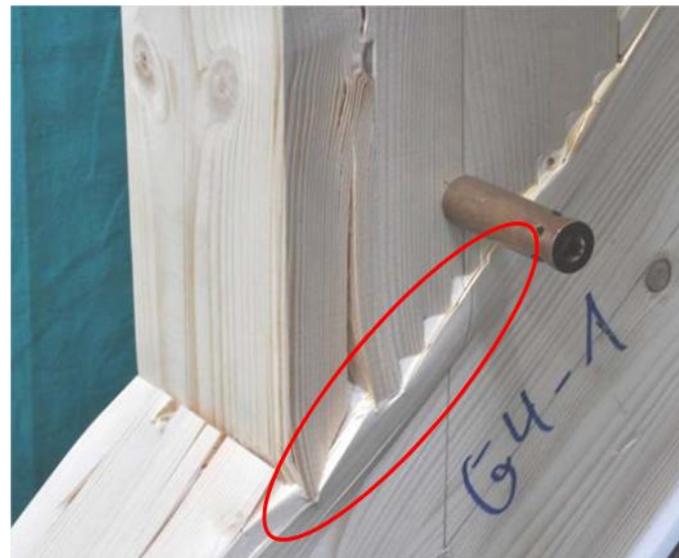


cecobois

Assemblages traditionnels

Adaptation à CSA-086-14

- Embrèvements double et multiple



cecobois

Assemblages traditionnels

Adaptation à CSA-086-14

- Embrèvements multiples



Pont de Saint Gervais-Sous-Meymont

Photos: Jacques Mossot, July 2007

<https://structurae.net/en/structures/saint-gervais-sous-meymont-bridge>

cecobois

Assemblages traditionnels

Embrèvement innovant

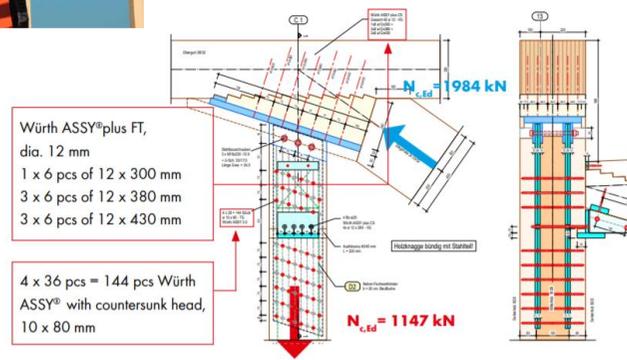
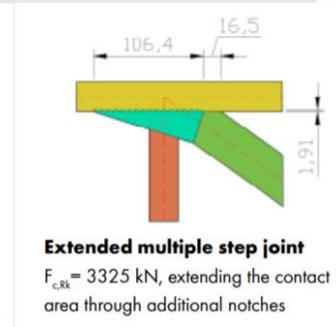
- Embrèvements multiples



Connexion embrèvement
usine SWG



Usine SWG
Fermes bois 82m
Baubuche, Pollmeier



Joining a highly stressed Baubuche vertical member with integrated ties



Embrèvement

Adaptation à CSA 086-14

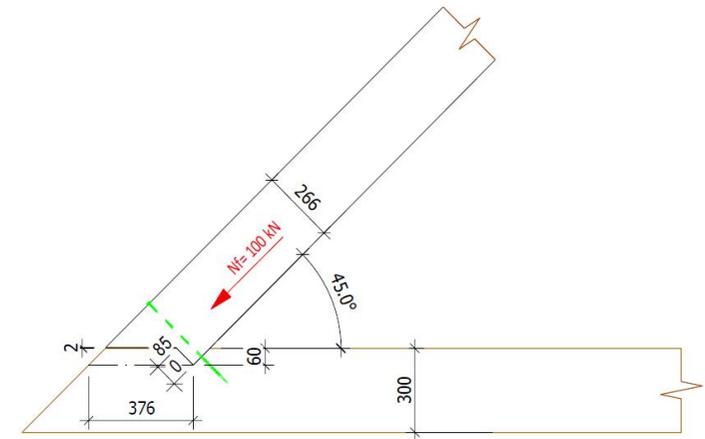
Effort en compressions N embrèvement arrière 2

1. Évaluation de la résistance en compression de l'embrèvement

Élément bois comprimé		Élément bois tendu	
Matériau:	Baiv lamellé-collé	Matériau:	Baiv lamellé-collé
Essence:	E-F-S	Essence:	E-F-S
Épaisseur (t _{ca}):	175 mm	Épaisseur (t _{ca}):	175 mm
Hauteur (h _{ca}):	266 mm	Hauteur (h _{ca}):	300 mm
f _c :	25,6 Mpa	f _c :	25,6 Mpa
f _{cp} :	5,80 Mpa	f _{cp} :	5,80 Mpa
f _v :	1,75 Mpa	f _v :	1,75 Mpa
k _d :	1,00	k _d :	1,00
k _{SE} :	1,00	k _{SE} :	1,00
k _{SEp} :	1,00	k _{SEp} :	1,00
k _T :	1,00	k _T :	1,00

Longueur de plan cisailés l (l _{perp})	376 mm
Profondeur d'embrèvement (p ₂ t ₁)	60 mm
Angle d'embrèvement α	135°
Angle d'embrèvement (α/2)	67,5°
Angle β	45°
cos β ²	0,92388
Composante horizontale H	70,7 kN
Composante agissant perp à la surface frontale (F)	76,5 kN

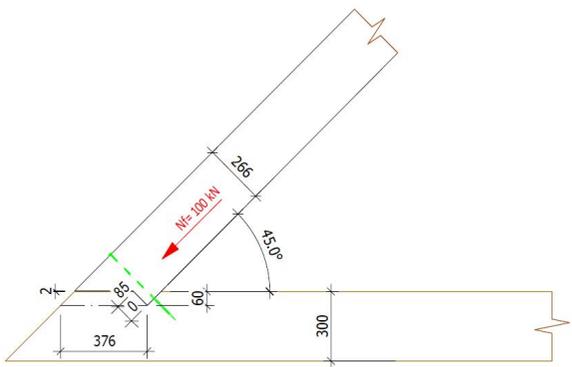
1.1 Compression parallèle au fil	1.2 Compression perpendiculaire au fil
$P_r = \phi F_c A K_z K_e$	$Q_r = \phi F_{cp} A_b K_B K_{zcp}$
P _r : 395,35 kN résistance parallèle au fil	Q _r : 68,90 kN résistance perpendiculaire au fil
φ: 0,8	φ: 0,8
A: 14849,2 mm ² aire	A _b : 14849,2 mm ²
K _z : 1,3 5,5,6,2,2	K _B : 1 5,5,7,6
K _e : 1 5,5,6,2,3	K _{zcp} : 1 5,5,7,5
F _c : 25,6 Mpa $F_c = f_c (K_D K_H K_{SE} K_T)$	F _{cp} : 5,8 Mpa $F_{cp} = f_{cp} (K_D K_H K_{SEp} K_T)$
f _c : 25,6 Mpa	f _{cp} : 5,8 Mpa
K _D : 1,0 Coeff. De durée de charge	K _D : 1,0 Coeff. De durée de charge
K _H : 1,0 Coeff. de partage de charge	K _H : 1,0 Coeff. de partage de charge
K _{SE} : 1,0 Coeff. de service	K _{SEp} : 1,0 Coeff. de service
K _T : 1,0 Coeff. de traitement	K _T : 1,0 Coeff. de traitement



Embrèvement

Adaptation à CSA 086-14

1.3 Évaluation de la résistance en compression à angle 6.5.8															
P_r	395,35 KN	La facteur de réduction 20% (0,8) provient de la norme SIA 164 qui donne une résistance réduite par rapport aux valeurs usuelles en raison de l'interpénétration des fibres													
Q_r	68,90 KN														
Angle p/r au fil θ	45 °														
Équation de Hankinson:															
$N_r = \frac{0,8P_r Q_r}{0,8P_r \sin^2 \theta + Q_r \cos^2 \theta}$		<table border="1"> <tr> <td>N_r</td> <td>></td> <td>N_f</td> </tr> <tr> <td>113,2 KN</td> <td>></td> <td>100,0 KN</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">OK</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">88,4%</td> </tr> </table>		N_r	>	N_f	113,2 KN	>	100,0 KN	OK			88,4%		
N_r	>	N_f													
113,2 KN	>	100,0 KN													
OK															
88,4%															
2. Évaluation de la résistance pour le cisaillement en rangée (row shear)															
	0,7	coefficient pour rupture fragile													
f_v	1,75 Mpa	Longueur de plan cisailés min ($l_{pc/V_{min}}$)	329,8 mm												
t_{net}	175 mm		<												
l_{pc}	376 mm	Longueur de plan cisailés choisis ($l_{pc/V}$)	376 mm												
K_D	1														
K_{sf}	1														
K_T	1														
$PR_{PC} = 0,7 f_v a_L t_{net} K_D K_{sf} K_T$		<table border="1"> <tr> <td>PR_{PC}</td> <td>></td> <td>Composante hor. H_f</td> </tr> <tr> <td>80,6 KN</td> <td>></td> <td>70,7 KN</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">OK</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">87,7%</td> </tr> </table>		PR_{PC}	>	Composante hor. H_f	80,6 KN	>	70,7 KN	OK			87,7%		
PR_{PC}	>	Composante hor. H_f													
80,6 KN	>	70,7 KN													
OK															
87,7%															

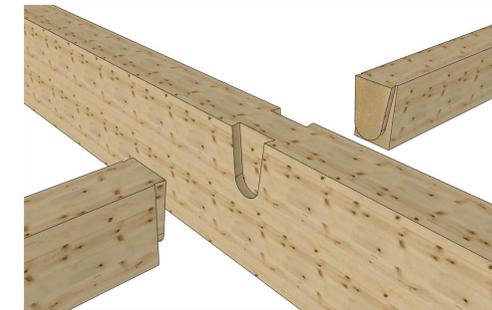


Assemblages traditionnels

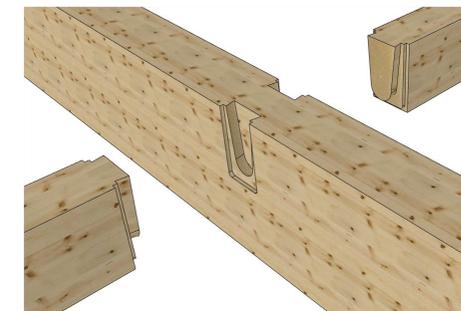
Queue d'aronde (Dovetail)

- Design recommendations (Werner 2002)
 - La hauteur du tenon doit être moins de 50% de la hauteur de la poutre porteuse
 - La poutre porteuse doit maintenir une section résiduelle de $t+50$ (Queue d'aronde seulement un côté)
 - La poutre porteuse doit maintenir une section résiduelle de $t+100$ (Queue d'aronde de chaque côté)
 - Longueur du tenon $t = 25-30\text{mm}$
 - Sur mesure, mortaise $t+3\text{mm}$
 - Considérer la réduction de section de la poutre porteuse dans la conception
 - Précision dans l'usinage des assemblages (Tolérance recommandée de $0,2\text{mm}$)
 - Utilisation de bois sec seulement
 - Maintenir une distance minimale de 600mm entre 2 assemblages sur la poutre porteuse.
 - Maintenir une distance minimale de 500mm entre l'assemblage et le bois de bout.

▪ Queue d'aronde



▪ Queue d'aronde avec ravancement



cecobois

Assemblage par contact

Queue d'aronde

■ Vérifications nécessaires:

- Validation de la résistance au cisaillement par fissuration à l'entaille de la solive (7.5.7.4.2 ou 6.5.5.3.1)

$$F_r \geq V f$$

$$F_r = \phi F_f A_g K_N$$

Lamellé-collé: f_f = résistance prévue en cisaillement à une entaille, MPa
 = $2,5 \text{ beff}^{0,2}$, sans nécessairement être inférieure à 0,9 MPa

Sciage: f_f = résistance prévue en cisaillement à une entaille, MPa (l'article 6.5.5.3.3)
 = 0,50 pour tous les éléments en bois de sciage

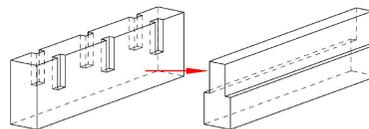
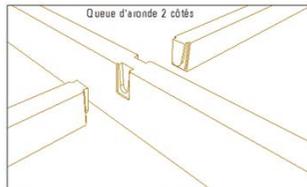
- Validation de la résistance au cisaillement de la section résiduelle (6.5.5.2 ou 7.5.7.2)

$$V_{r \text{ section nette}} \geq V f$$

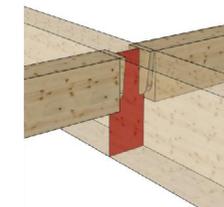
$$V_r = \phi F_v \frac{2A_g}{3}$$



- Validation de la section résiduelle (section nette) de la poutre porteuse



$$M_{\text{reff}} = \frac{S_{\text{eff}}}{S_{\text{gross}}} M_{\text{rgross}}$$



cecobois

Assemblages traditionnels

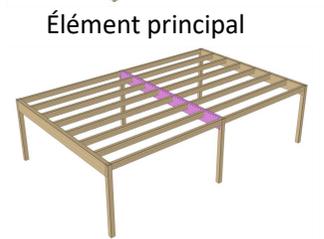
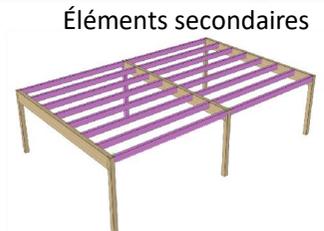
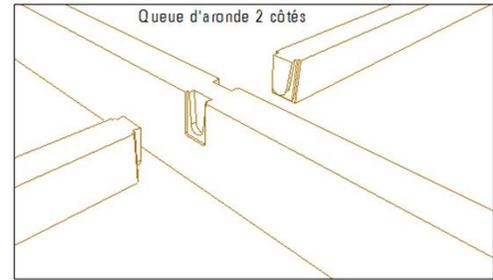
Queue d'aronde (Dovetail)

Effort gravitaire V_f	13,0 kN	Note:	
Effort Latéral	0,0 kN		
Moment (1 coté)	0,000 kN-m		
1. Donnée et configuration			
Élément secondaire		Élément principal	
Matériau:	Bois Lamellé-collé	Matériau:	Bois massif
Essence:	Épinette-pin	Essence:	Épinette-pin
Épaisseur (b_H):	130 mm	Épaisseur (b_H):	175 mm
Hauteur (d):	243 mm	Hauteur (h_H):	486 mm
f_b	25,2 Mpa	f_c	25,6 Mpa
f_c	25,6 Mpa	f_{sp}	5,80 Mpa
f_{sp}	5,80 Mpa	f_v	1,75 Mpa
f_v	1,75 Mpa	f_{tp}	0,51 Mpa
f_{tp}	0,51 Mpa	f_f	0,50 Mpa
f_f	0,50 Mpa	k_d	1,00
k_d	1,00	k_{Sc}	1,00
k_{Sc}	1,00	k_{SF}	1,00
k_{SF}	1,00	k_{Sk}	1,00
k_{Sk}	1,00	k_{Ssp}	1,00
k_{Ssp}	1,00	k_T	1,00
k_T	1,00		

k_{SF}	2
----------	---

d_n	76,4 mm
e	14 mm
η	0,18 $\eta = e/d$
K_{ab}	0,8
K_n	6,5
d	243 mm

Configuration queue d'aronde	
Largeur queue d'aronde (b_2):	110 mm
Hauteur queue d'aronde (h_2):	200 mm
Longueur queue d'aronde (L):	28 mm
Rayon queue d'aronde (r):	33,4 mm
Sur mesure longueur	2 mm
Angle d'usinage β	10°
Angle queue d'aronde γ	4°
Angle de pièce δ	0°
Angle de connexion φ	80°
Tolérances d'usinage: +/- 0,2mm	

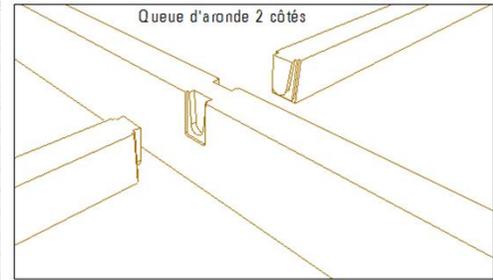


cecobois

Assemblages traditionnels

Queue d'aronde (Dovetail) (Suite)

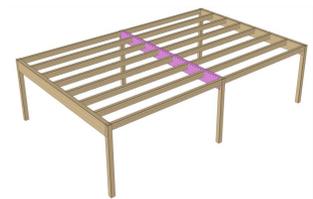
2.1 Résistance au cisaillement à une entaille (poutre secondaire) (CSA 086-14 6.5.5.3)			2.2 Résistance au cisaillement section résiduelle (poutre secondaire) (CSA 086-14 6.5.5.2)			
$F_r = \phi F_f A_g K_N$			$V_r = \phi f_v \frac{2A_v}{3} K_{Zv}$			
F_r	13,13 kN	résistance de l'entaille	F_r	15,46 kN	résistance de l'entaille	
ϕ	0,9		ϕ	0,9		
A_g	31530 mm ²	aire	$A_{v,eff}$	14727,44 mm ²	aire section résiduelle	
K_N	0,92	6.5.5.3.2	F_v	1,75 Mpa	$F_v = f_v (K_D K_H K_{Sf} K_T)$	
f_v	1,75 Mpa		f_v	1,75 Mpa		
F_f	0,5 Mpa	$F_f = f_f (K_D K_H K_{Sf} K_T)$	K_{Zv}	1,0	Coeff. de dimension (= 1,0 si machine)	
f_f	0,5 Mpa		K_D	1,0	Coeff. De durée de charge	
K_D	1,0	Coeff. De durée de charge	K_H	1,0	Coeff. de partage de charge	
K_H	1,0	Coeff. de partage de charge	K_{Sf}	1,0	Coeff. de service	
K_{Sf}	1,0	Coeff. de service	K_T	1,0	Coeff. de traitement	
K_T	1,0	Coeff. de traitement				
3.1 Validation résistance Eurocode			3.2 Validation résistance interprétation CSA			
K_{mod}	0,9		$f_{t,90,d}$	0,350 Mpa	f_f	0,50 Mpa
γ_m	1,3		$f_{v,d}$	1,575 Mpa	f_v	1,75 Mpa
k_{ab}	1,0		K_w	0,82		
$f_{t,90,k}$	0,346 Mpa	$f_{t,90,k}$	0,5 Mpa	α	0,69	$\alpha = \cos(\delta) = \frac{h_Z - r}{h_N}$
$f_{v,k}$	1,731 Mpa	$f_{v,k}$	2,5 Mpa	t_{eff}	100 mm	largeur restante entre mortaise
K_w	0,82					
α	0,69					
t_{eff}	100 mm					
	33,30 kN	résistance élément porteur		26,94 kN	résistance élément porteur	
	20,43 kN	résistance de l'entaille		18,59 kN	résistance de l'entaille	
		Résistance Eurocode			Résistance Interprétation CSA	
$F_{90,Bd}$	20,43 kN	résistance de l'entaille	$F_{90,Bd}$	18,59 kN	résistance de l'entaille	
Validation poutre secondaire						
		(kN)	Min			
CSA Cisaillement entaille	2.1	13,13	13,13	N_r		V_r
CSA section résiduelle	2.2	15,46		13,1 KN	>	13,0 KN
Eurocode (méthodes et valeurs)	3.1	20,43		OK		
Interprétation Eurocode (valeurs CSA)	3.2	18,59		99,0%		
2.1 Résistance au cisaillement à une entaille (poutre secondaire)						



Éléments secondaires



Élément principal

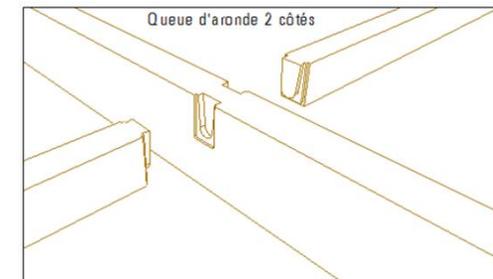


Assemblages traditionnels

Queue d'aronde (Dovetail) (Suite)

4.1 Vérification de la section résiduelle de l'élément principal

1- Calcul d'inertie d'une section en T		Section entaillée effective		Section gross			
	Dimensions de la section en T	b =	175 mm	Aire 1 =	23000 mm ²	Épaisseur (b _h):	175 mm
		h =	486 mm	Aire 2 =	50050 mm ²	Hauteur (h _h):	486 mm
		c =	200 mm	inertie 1 =	76666667 mm ⁴		
		a =	30 mm	inertie 2 =	341157483,3 mm ⁴		
		h-c =	286,0 mm	G1 =	386,0 mm		
		b-2a =	115 mm	G2 =	143 mm		
position verticale du centre de gravité de la section T :			G =	219,5 mm			
distance entre G et la fibre la plus éloignée :			v =	266,5 mm			
moment d'inertie de la section entière :			I _{eff} =	1,3E+09 mm ⁴	I _{gross} =	1,7E+09 mm ⁴	
inertie du moment de section :			S _{eff} =	6142525 mm ³	S _{gross} =	6889050 mm ³	
		Ratios					
		I _{eff} /I _{gross}	80,5%	$M_{reff} = \frac{S_{eff}}{S_{gross}} M_{rgross}$			
		S _{eff} /S _{gross}	89,2%				



Glulam-EX, Spruce-Pine, 20f-EX, 215x486 mm
 Supports: All - Timber Beam, D.Fir-L No.2
 Total length: 7.091 m; Clear span: 6.9 m; Volume = 0.741 m³; 215 mm max lam width
 Lateral support: top = continuous, bottom = at supports;
This section PASSES the design code check.

WARNING: This CUSTOM SIZE is not in the database. Refer to online help.

Force vs. Resistance and Deflection using CSA O86-14:

Criterion	Analysis Value	Design Value	Unit	Analysis/Design
Shear 7.5.7.2b	Vf @d = 79.51	Vr = 109.71	kN	
Shear 7.5.7.2a	Wf = 182.70	Wr = 307.76	kN	Wf/Wr = 0.59
Moment (+)	Mf = 157.75	Mr = 194.74	kN-m	Mf/Mr = 0.81
Perm. Defl'n	12.1 = L/579	19.4 = L/360	mm	0.62
Live Defl'n	15.3 = L/457	19.4 = L/360	mm	0.79
Total Defl'n	27.4 = L/255	38.9 = L/180	mm	0.70

$$M_{reff} = 0,892 * 194,74 \text{ kN} * \text{m} = 173,7\text{kN}$$

$$M_{reff} > M_f$$

$$173,7\text{kN} * \text{m} > 157,75 \text{ kN} * \text{m}$$

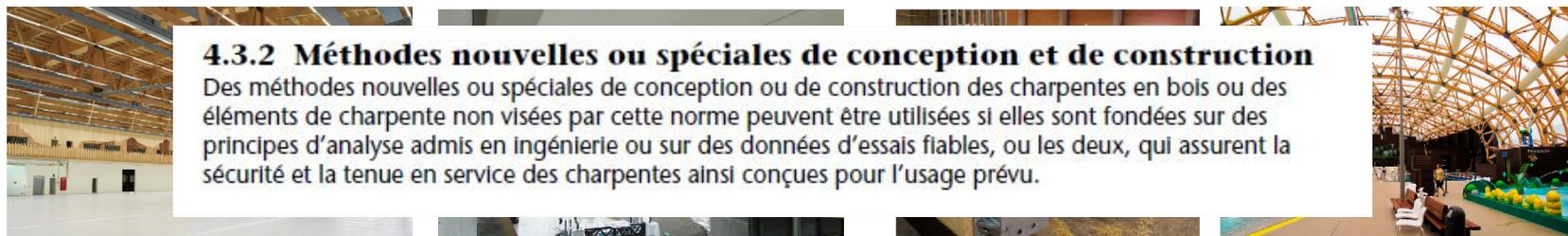
90,8% OK

cecobois

Assemblages par tiges collées

Introduction

- Produit novateur et plusieurs études partout à travers le monde (incluant le Canada)
 - Plusieurs produits propriétaire en Europe (Resix (Simonin SAS), Ferwood (Ducret-Orges SA), GSA-Technology (Neue Holzbau AG),
 - L'annexe nationale allemande, la norme italienne, la norme russe et la norme néo-zélandaise contiennent des méthodes de calculs pour le dimensionnement.
 - Proposition de méthodes de calcul normalisés pour tiges collées à (Eurocode 5), mais sans consensus présentement
 - La norme CAS 086 ne possèdent aucune méthode de calcul et/ou dimensionnement
 - (article 4.3.2 CSA-O86-14) Méthodes nouvelles ou spéciales de conception et de construction



4.3.2 Méthodes nouvelles ou spéciales de conception et de construction
Des méthodes nouvelles ou spéciales de conception ou de construction des charpentes en bois ou des éléments de charpente non visées par cette norme peuvent être utilisées si elles sont fondées sur des principes d'analyse admis en ingénierie ou sur des données d'essais fiables, ou les deux, qui assurent la sécurité et la tenue en service des charpentes ainsi conçues pour l'usage prévu.





Assemblages par tiges collées

Contraintes à prendre en considération à l'utilisation de tiges collées

- La conception, la fabrication et le contrôle de la qualité de ce système composite nécessite un savoir et de bonnes connaissances des adhésifs et du matériau bois.
- Bois
 - Le bois est un matériau anisotrope
 - Le bois est variable
 - Le bois est hygroscopique
 - Le bois a un comportement visco-élastique (Fluage)
 - Les ruptures en traction du bois sont de type fragile
- L'adhésif
 - L'adhésif possède un comportement visco-élastique (Fluage)
 - La température affecte les performances des adhésifs (transition vitreuse)
 - Les ruptures en cisaillement de l'adhésif sont de type fragile

cecobois

Assemblages par tiges collées

Contraintes à prendre en considération à l'utilisation de tiges collées

Adhésif

- Type
- Viscosité
- Poids moléculaire
- Temps de cure
- Catalyseur
- Mélange
- Type de liaison: mécanique, chimique, combinaison
- Agents de remplissage « Filler »
- Date de péremption
- Age « Pot life »
- Transition vitreuse
- pH
- Etc.

Bois

- Essence
- Densité
- Teneur en humidité
- Coupe: radiale, mix, tangentielle
- Aubier vs. duramen
- Bois juvénile vs. Bois mature
- Bois de printemps vs bois d'été
- Bois de réaction: (Tension, compression)
- Angle de fil
- Porosité
- Qualité de surface et rugosité
- Défauts de séchage (gerces, fil pelucheux, etc.)
- Défaut de machine et d'usinage
- Poussière et autre contaminants
- Substances extractibles
- pH du bois
- Etc.

Procédé

- Quantité d'adhésif
- Distribution de l'adhésif
- Humidité relative
- Température du bois
- Température de l'adhésif
- Température de cure
- Temps ouvert « Open time »
- Temps fermé « Closed time »
- Temps de cure
- Sur mesure usinage « Gap filling »
- Etc.

Service

- Force
- Module de cisaillement
- Retrait-gonflement
- Fluage
- % de défaillance de bois
- Type de rupture
- Conditions sèches vs humides
- Module d'élasticité
- Raideur d'assemblage
- Ductilité
- Température vs. résistance
- Résistance biologique: résistance aux champignons, bactéries, insectes, etc.
- Contrôle du torque
- Esthétisme
- Etc.

cecobois

Assemblages par tiges collées

Procédé de fabrication



Procédé par injection	Procédé par gravité
Avantages	
Diffusion uniforme de l'adhésif (Qualité accrue)	Outillage simple
Achat d'adhésif en grande quantité (-coûts)	Procédé rapide
Inconvénients	
Équipements et outillage complexe et dispendieux	Qualité difficile à évaluer
Procédé plus long à effectuer	Difficile pour pièces longue (Possibilité de poches d'air dans l'assemblage)

cecobois

Assemblages par tiges collées

Modes de rupture possibles

- Rupture de l'acier en traction
 - ASTM-A307 $\phi 15,9\text{mm}$, parallèle au fil, longueur min: 300mm (Ouellet 2013)
 - ASTM-A307 $\phi 15,9\text{mm}$, perp. au fil, longueur min: 220mm (Gauthier 2020)

- Rupture par cisaillement de file parallèle au fil (Row shear)



- Rupture par déchirement de groupe parallèle au fil (Group tear out)



- Rupture par fendage perpendiculaire au fil (Splitting)



- Rupture par traction nette du bois



cecobois

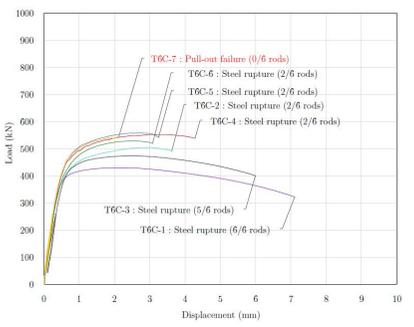
Assemblages par tiges collées

Modes de rupture

- Rupture de l'acier en traction
- Écrouissage de l'acier
- Type de comportement souhaité

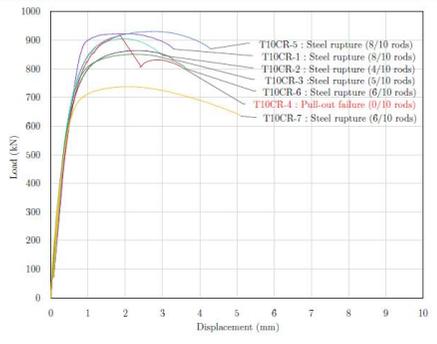
Calcul résistance de tiges selon CSA S16-09 (13.12.1.2) (kN)					
Diamètre	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
ASTM A-307	17,7	31,5	49,2	70,8	125,9
ASTM A193-B7	36,9	65,5	102,4	147,4	262,1

$$T_r = 0.75 \phi_b A_b F_u$$



(d) Series T6C

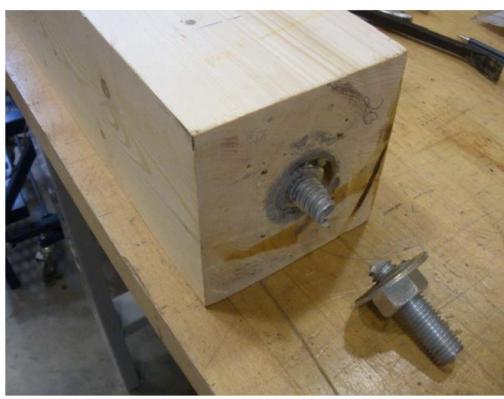
Source: Bouchard, Salenikovich 2020



(f) Series T10CR



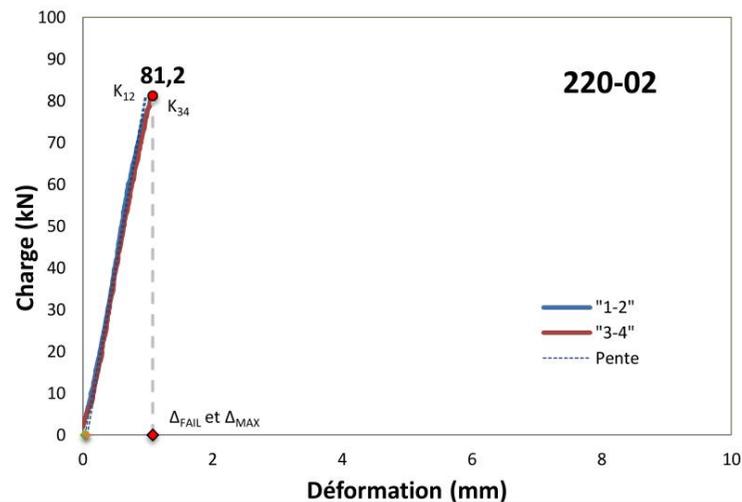
Source: Bouchard, Salenikovich 2020



Assemblages par tiges collées

Modes de rupture

- Ruptures par cisaillement de file (Row shear)
 - Type de rupture non souhaitable « fragile » (Ratio de ductilité =1)
 - Déplacement à la rupture très faible (<2mm)



Source: Ouellet, Salenikovich 2013

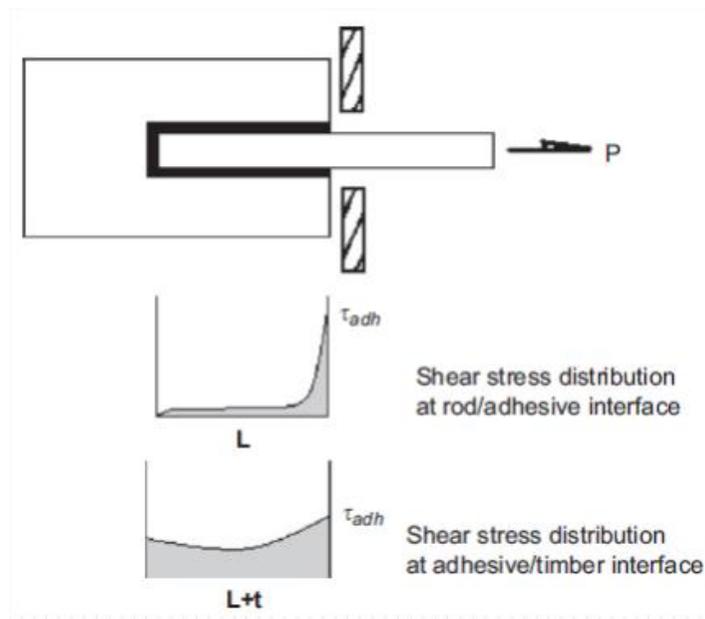


cecobois

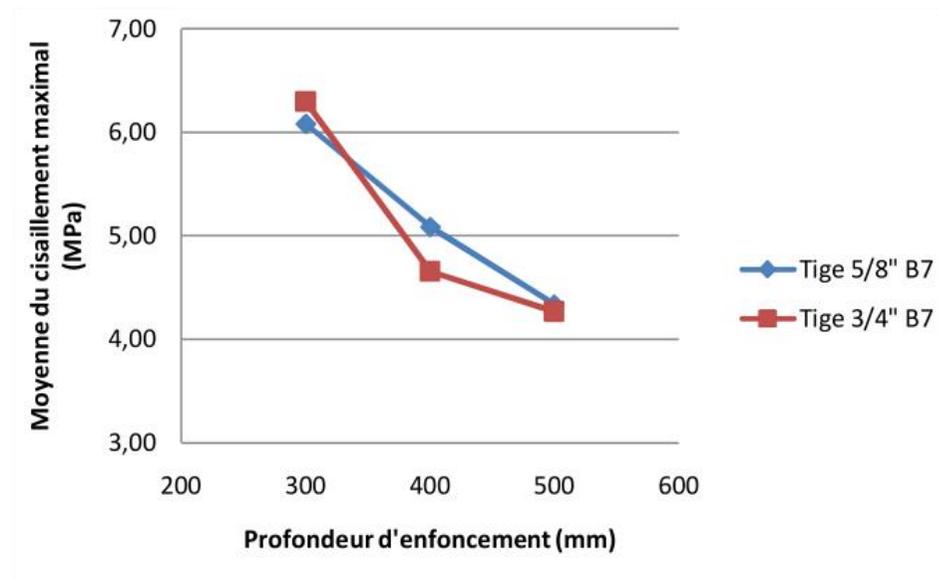
Assemblages par tiges collées

Modes de rupture

- Ruptures par cisaillement de file (Row shear)
 - Distribution non linéaire des efforts de cisaillement le long de la tige



Source: International Journal of Adhesion & adhesives



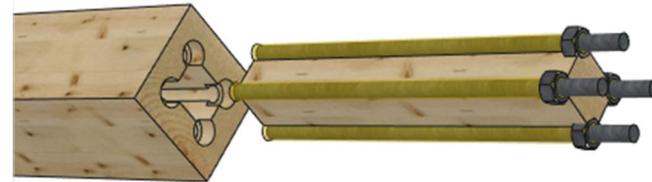
cecobois

Assemblages par tiges collées

Modes de rupture

- Ruptures par cisaillement de groupe (Group tear out)

- Type de rupture non souhaitable « fragile »



- Ruptures par fendage perpendiculaire au fil (Splitting)

- Type de rupture non souhaitable « fragile »
- Possibilité de renfort perpendiculaire au fil. (vis, tiges collée)



Source: Bouchard, Salenikovitch 2020

cecobois

Assemblages par tiges collées

Modes de rupture

- Ruptures par traction nette du bois
 - Type de rupture non souhaitable « fragile »

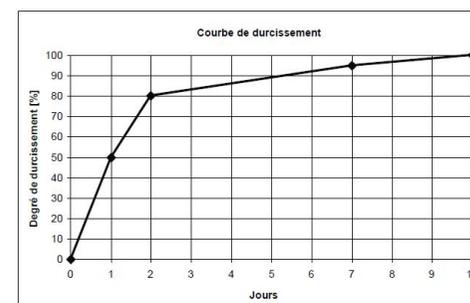


cecobois

Assemblages par tiges collées

Importances du contrôle de la qualité

- Prioriser la fabrication et l'installation dans un environnement contrôlé
 - Ne pas bouger ou manipuler les pièces jusqu'à la prise de l'adhésif
 - Contrôler la température pour tout le temps de la cure de l'adhésif
- S'assurer d'un suivi et d'une bonne procédure de contrôle de la qualité



Source: Loctite

Rapport de production TIGES COLLÉES

Projet: Cecobois

Commissaire	Date	Lot client	Date exp.	Temp. de l'adhésif (à 10 min de l'assemblage)	Temp. de l'assemblage (à 10 min de l'assemblage)	Exécution 1	Exécution 2	Exécution 3
2019-05	13 nov 2019	15147	13	133	133	133	133	133
2019-09	2019	2019	13	133	133	133	133	133
2019-05	14-9	9	13	133	133	133	133	133
2019-06	15-10	11	1	133	133	133	133	133
2019-07	18-10	11	1	133	133	133	133	133

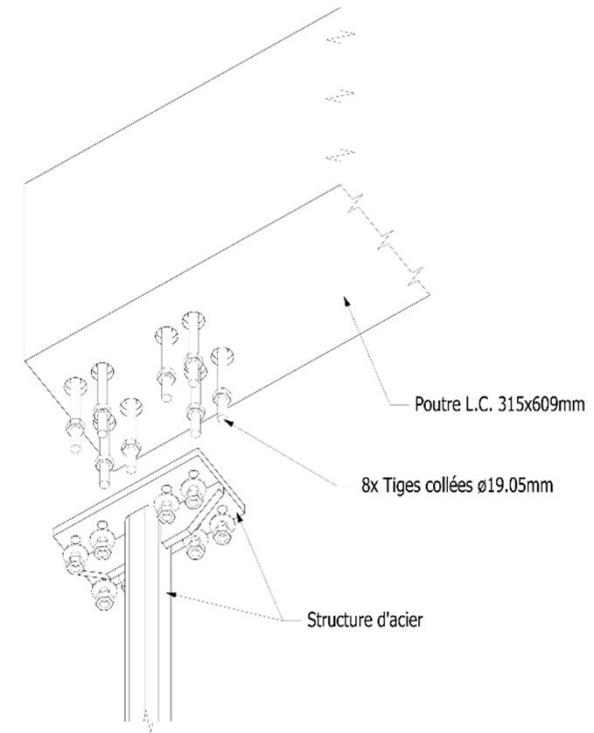
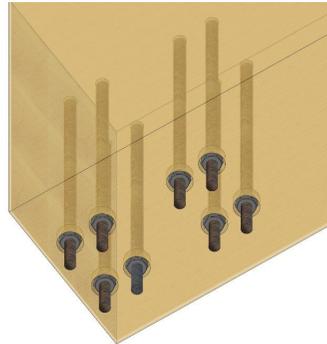
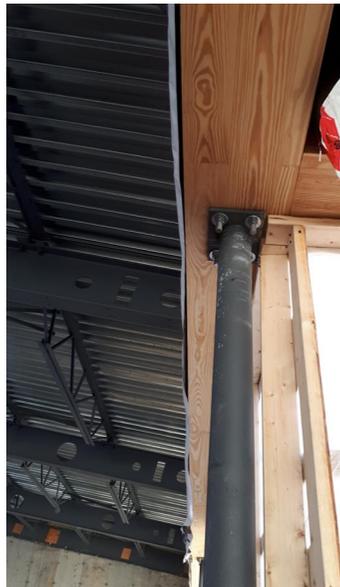


cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Renforts d'appuis perp. Au fil

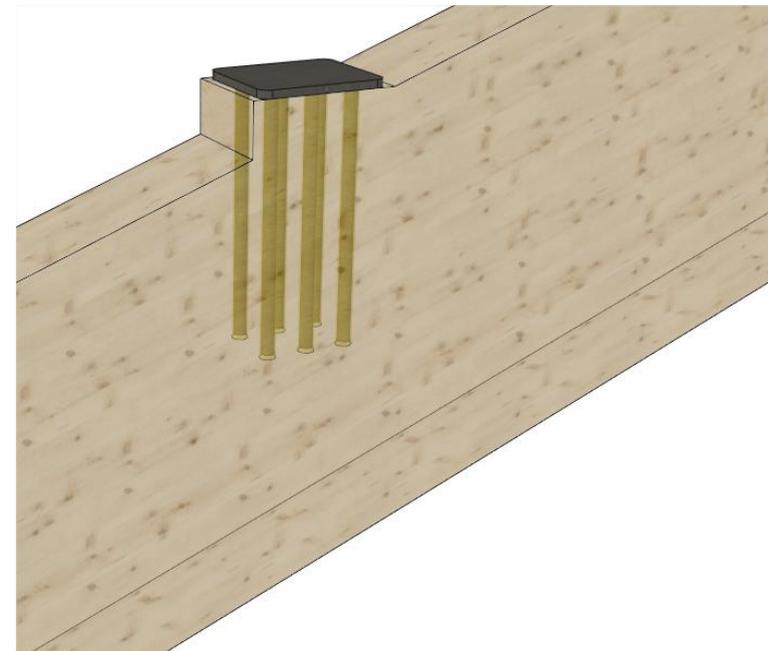


cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Renforts d'appuis perp. Au fil ou à angle

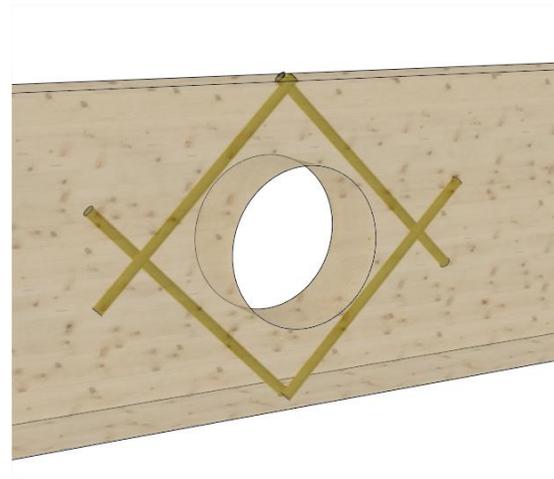
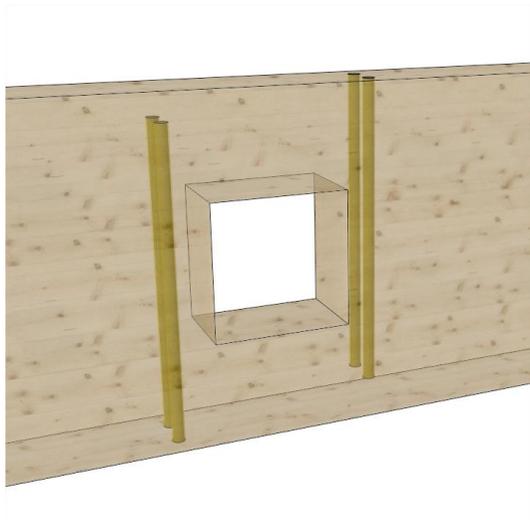


cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Renforts d'entaille (traction perpendiculaire au fil)



Renforts ouvertures passages MEP



cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Renforts de poutre en cisaillement
- Poutres jointes mécaniquement

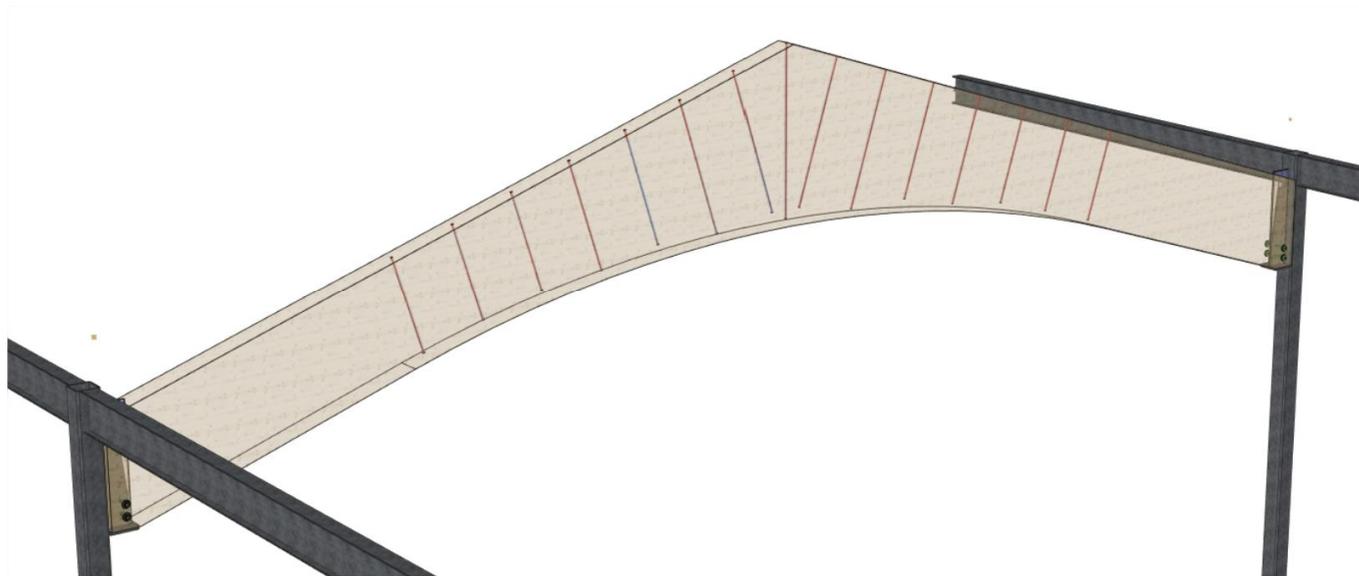


cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Renfort de la traction perp. Au fil
 - Poutre cintrée à inertie variable (Double-tapered cambered beam)

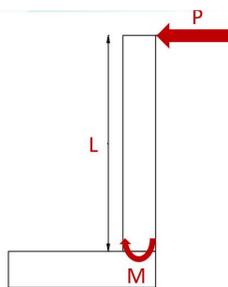


cecobois

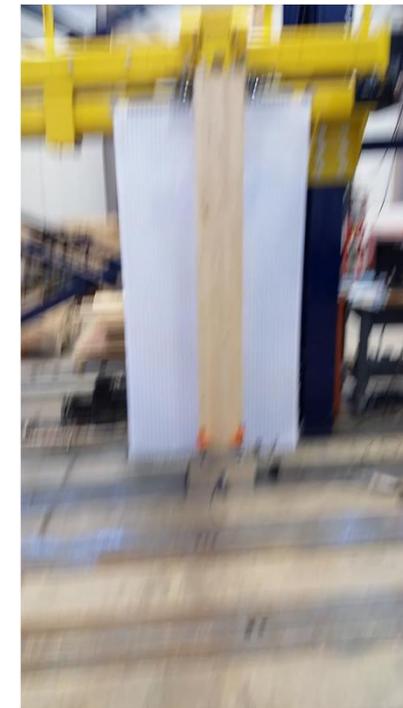
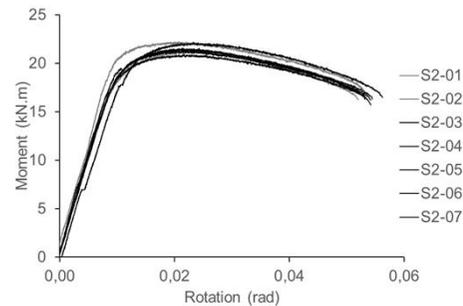
Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Connexions rigide ou semi rigide

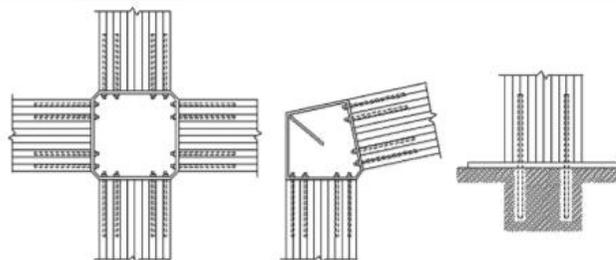


Moment = M (kN.m)
 Charge = P (kN)
 Bras de levier = L (m)
 $M = P \times L$



Série	Nombre de tiges	Rigidité rotationnelle moy. (kN·m/rad)
1	2	1107,1
2	4	1918,6
3	8	8302,5

Étude Étienne Gauthier-Turcotte, UQAC



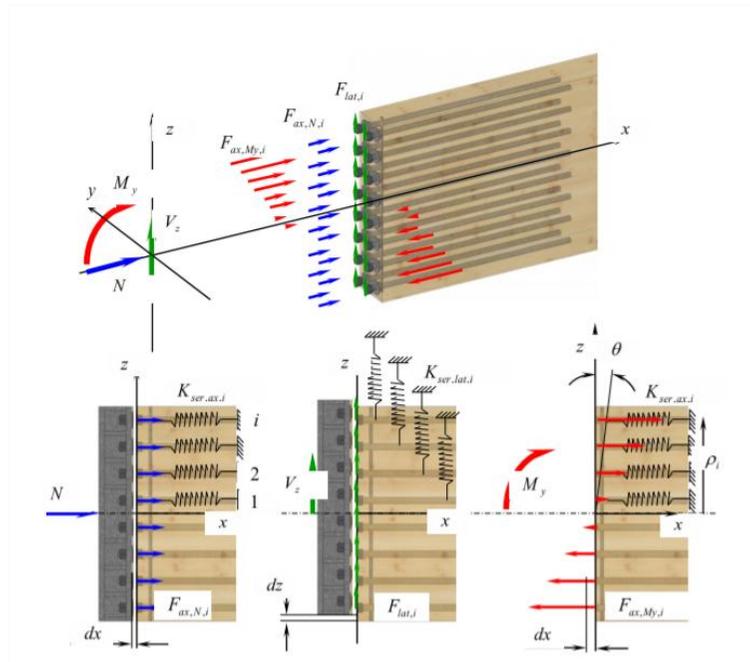
Source: *Thustochowicz and Serrano, 2011*

cecobois

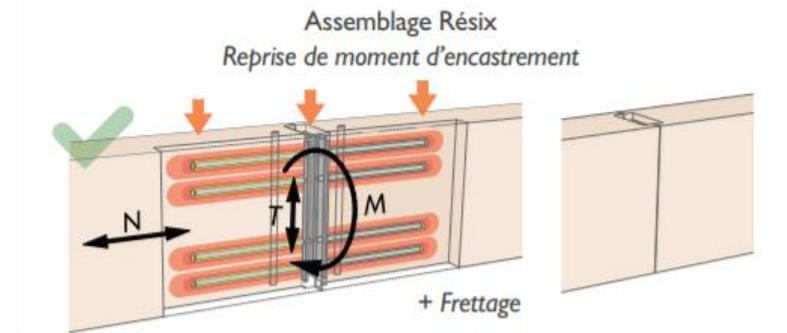
Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Connexions rigide ou semi rigide



Numerical modeling of the load distribution in multiple fastener connections, Bader, Bocquet, Schweigler, Lemaître



Source: Simonin SAS



Source: Simonin SAS

cecobois

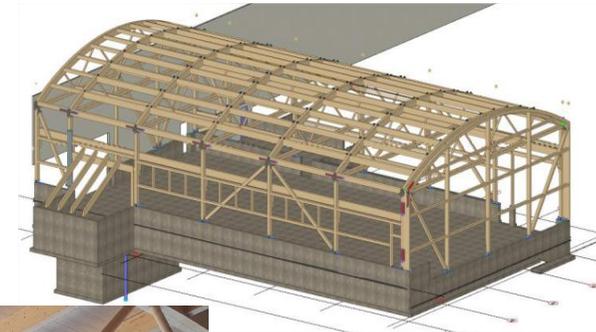
Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Innovations des connexions tiges collées dans l'usine Art Massif



Photo: Art Massif



cecobois

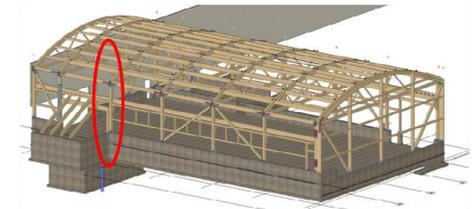
Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Innovations des connexions tiges collées dans l'usine Art Massif
 - Pieds de colonnes



Photo: Art Massif



cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Innovations des connexions tiges collées dans l'usine Art Massif
 - Connexions pannes-poutres
 - Étriers cloués sur poutres courbes
 - Partie collée dans la panne

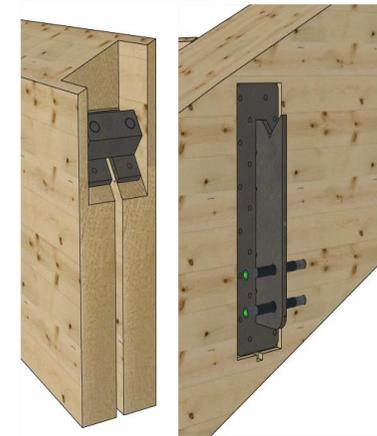
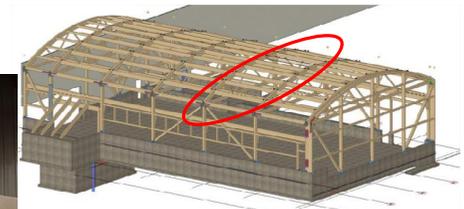
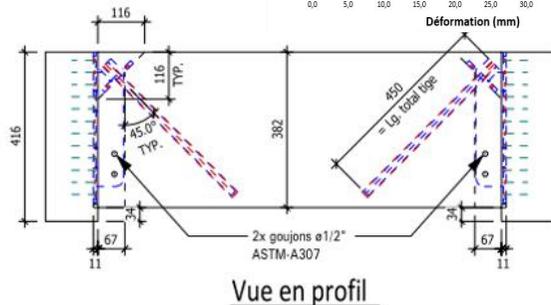
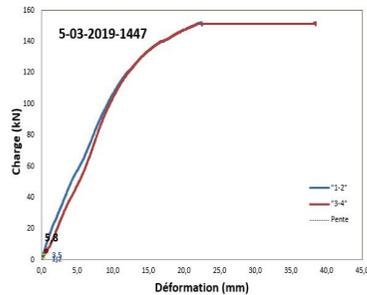


Photo: Art Massif

cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Innovations des connexions tiges collées dans l'usine Art Massif

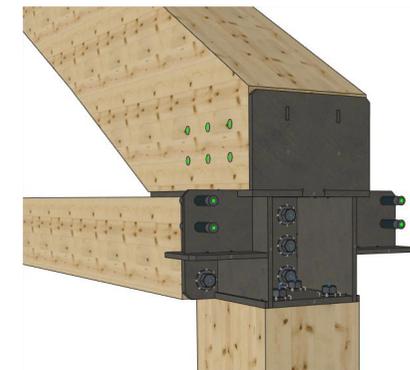
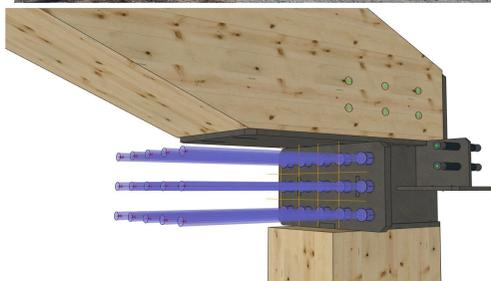
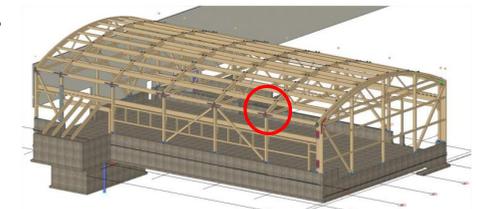


Photo: Art Massif

cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Innovations des connexions tiges collées dans l'usine Art Massif
 - Consoles de support du pont roulant

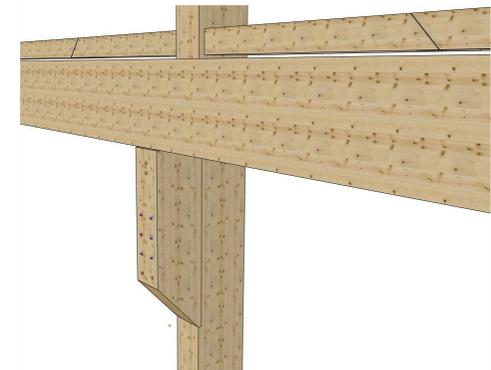
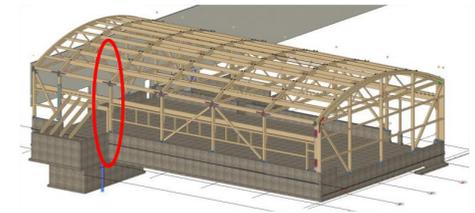
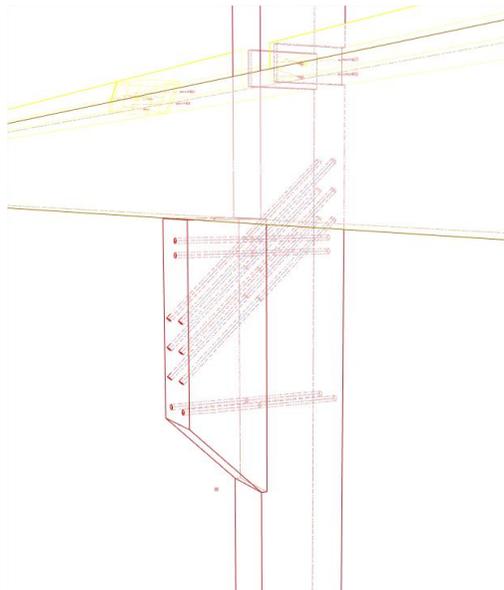


Photo: Art Massif

cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

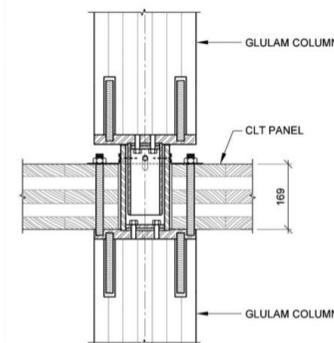
- Pieds et têtes de colonnes collées dans le bois
 - Avantages:
 - Rapidité d'installation
 - Sécurité au chantier
 - Bonne reprise de soulèvement



Brock Common (Structurlam) photo: Steven Errico



Credit: Canadian Wood Council
Column-to-column connector parts



Adapted from Fast + Fix



Malahat Skywalk 10 étages (Solstice Creative)



Malahat Skywalk (Western Archrib) (F3timbertech)

cecobois

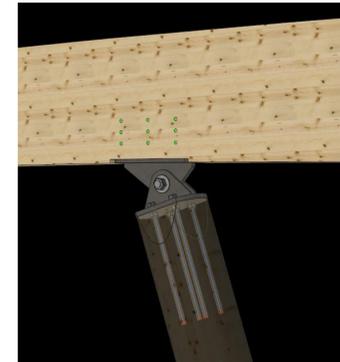
Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Pieds et têtes de colonnes collées dans le bois



Microbrasserie Côte du Sud (Art Massif) Photo: Stéphane Groleau

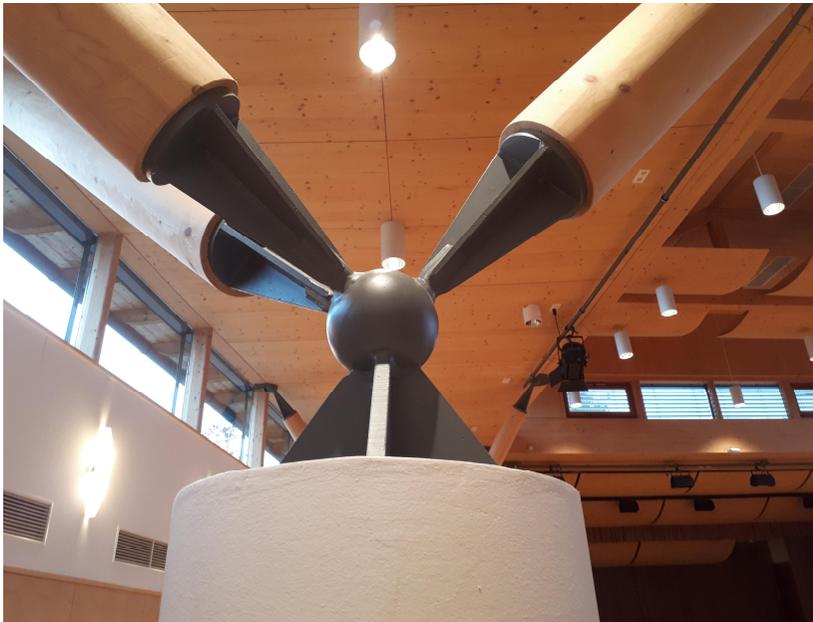


cecobois

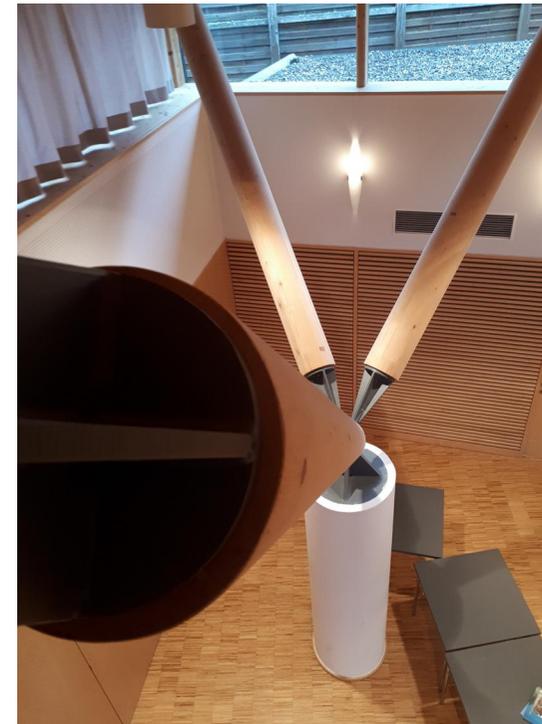
Assemblages par tiges collées

Exemples de projets

- Pieds et têtes de colonnes collées dans le bois



Weissensee-Haus, Autriche Ronacher architekten

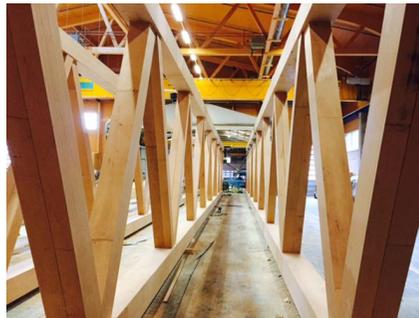


cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Fermes

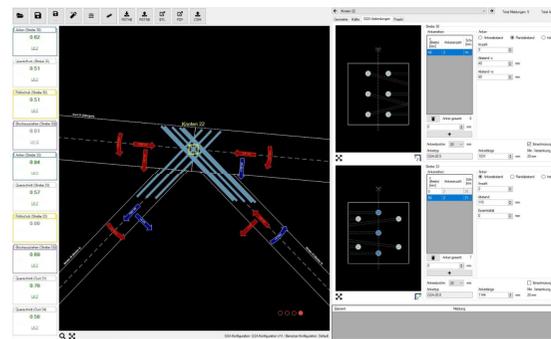


Projet: Hangar d'avions 123m x 70m

Pilatus Aircraft Ltd, Stans, Suisse

Photo: Strüby Konzept AG, Seewen,

(Neue Holzbau AG, Lungern)



cecobois

Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Compatible avec produits propriétaires
 - Contrefiche bois-acier

CASTCONNEX



Projet: Umass, Amherst (Nordic Structure)
Photo: Castconnex.com

cecobois

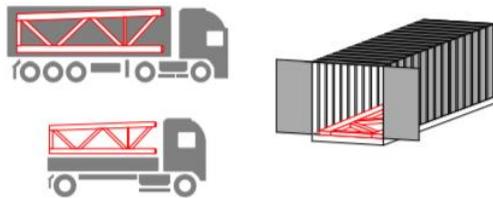
Assemblages par tiges collées

Exemple d'utilisation

- Joints de transport



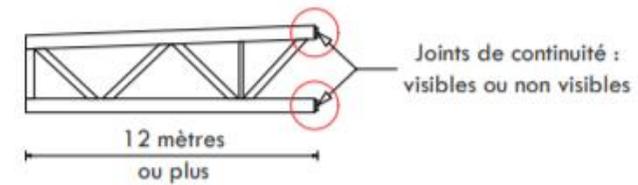
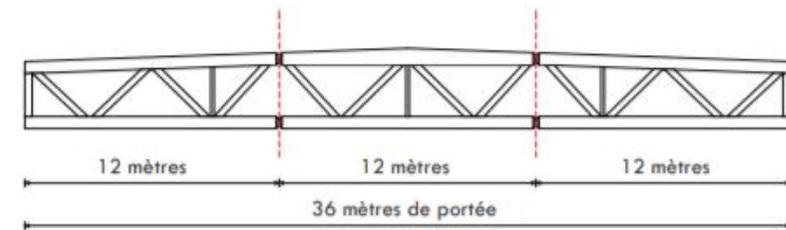
- Adaptation au transport



Source: Simonin SAS

- Efficacité des joints de continuité Résix

Exemple :



Source: Simonin SAS

cecobois

Assemblages par tiges collées

Références

Bouchard, R. *Longitudinal Tensile Behavior of Joints with Multiple Glued-in Rods in Glued-Laminated Timber*. Master's Thesis in Wood Science, Laval University. Québec, Canada, 2020.

Ouellet, M.-C., Rapport d'analyse des tests de traction sur les tiges d'acier collées dans le bois. 2013, Université Laval: Québec.

cecobois

