



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Aptitude du collage de carrelet Bois THT pour fenêtre

N° de convention FBF : 24/RD/1935

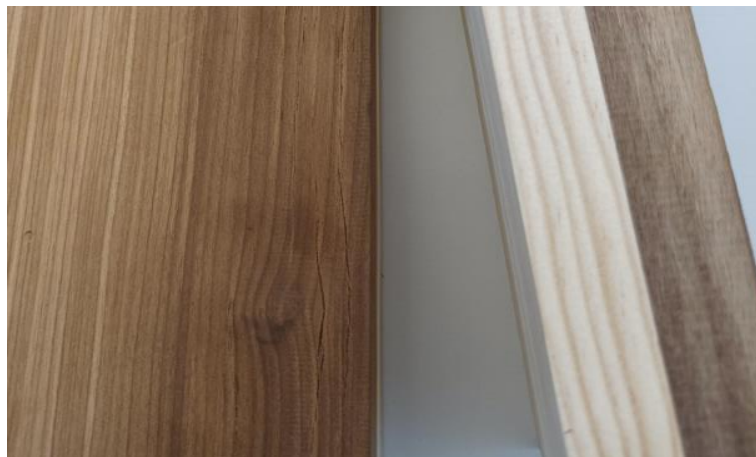
Réf CODIFAB : B24FCBA05

Rapport final

Rapport non confidentiel

Date : 28/02/2025

Rédaction : Marc SIGRIST – FCBA



Crédits photos : FCBA

Avec le soutien de



CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

Sommaire

Glossaire :	3
1 Contexte et objectifs de l'étude	3
2 Méthodologie	3
3 Résultats	4
3.1 Veille sur les bois THT	4
3.1.1 Les éléments positifs identifiés.....	4
3.1.2 Les points de vigilance identifiés.....	5
3.1.3 Les points d'interrogation identifiés.....	5
3.2 Identification de solutions de carrelets LCA mixte Bois THT et bois massif.....	6
3.3 Evaluation du protocole de collage d'ABOUTAGE de bois THT pour usage menuiserie extérieure	7
3.4 Evaluation du protocole de collage en LAMELLATION de carretet bois THT ou mixte bois massif pour usage menuiserie extérieure	9
4 Proposition d'adaptation des normes et référentiel de certification	14
4.1 Evaluation des aboutages à entures en essai de type initial (ITT)	14
4.2 Evaluation du plan de colle des lamelles en essai de type initial (ITT)	14
4.3 Evaluation de contrôle de la production en usine (CPU).....	15
5 Synthèse du rapport	15

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Glossaire :

- Bois THT : Bois Traité Haute Température,
- LCA : lamellé-collé et/ou abouté.
- CV : coefficient de variation
- COPIL : comité de pilotage

1 Contexte et objectifs de l'étude

Pour diversifier les alternatives françaises aux imports de bois tropicaux et résineux, il est proposé **d'étudier la résistance du collage (lamellation et aboutage) de solutions de carrelets lamellé-collé et/ou abouté LCA (3 plis KKK ou DKD) à usage non structurel pour menuiserie extérieure** avec le(s) pli(s) extérieur(s) en bois feuillu THT (gain en durabilité biologique et stabilité du revêtement de finition) – par exemple frêne, peuplier.

Il s'agit d'une suite de valorisation d'étude récente sur la certification de Bois THT français aboutissant à la création du référentiel de certification [CTB Bois Haute Température - Institut Technologique FCBA](#).

2 enjeux sont présents :

- Identifier des solutions techniques de carrelets LCA mixtes bois THT (feuillu français) et bois massif (résineux ou feuillu) compatibles avec les ressources en approvisionnement, aux process BTHT, au collage et répondant aux besoins des fabricants de fenêtres (cahier des charges : singularité, conductivité, section, ...).
- Tester les solutions techniques identifiées selon le protocole d'évaluation de la résistance des collages utilisés pour les LCA en bois massif (selon les normes NF EN 13 307-1) et en vérifier la pertinence pour le cas du collage de bois THT et mixte BTHT massif (hors norme actuellement).

Note IMPORTANTE :

Il s'agit d'une 1^{ère} étude collective « exploratoire » sur cette thématique et qui demandera à être complétée. Le COPIL décide de privilégier les solutions de Bois THT de feuillu français qui seront identifiées comme maîtrisées au moment de l'étude.

La présente étude n'intègre pas d'évaluation de finition du carrelet Bois THT & massif, ni la réalisation d'évaluation (mécanique, AEV...) de châssis de fenêtre type. Ces évaluations pourraient faire l'objet d'une suite au projet afin de finaliser l'aptitude à l'usage de ce type de carrelet en fenêtre.

2 Méthodologie

Le programme est constitué des étapes suivantes réalisées sur 2 ans en 2023 et 2024. Tous les COPIL ont été réalisés en VISIO TEAMS. Le COPIL de lancement a été réalisé le 14 février et 14 mars 2023.

Identification par les organisations professionnelles (FNB, CAPEB, UFME et UMB-FFB) des entreprises invitées à participer aux COPIL :

- Entreprises ayant un four pour fournir du bois THT : Bois Durable de Bourgogne, Deschaumes, Jouen frères,
- Fabricants de fenêtre bois : Ets Nieto, Ets Ginisty, Pasquet Menuiserie, Menuiserie Martin Frères,
- Fabricants de carrelet LCA pour usage fenêtre : les Bois Profilés (Groupe Ducerf) et Gascogne Bois,
- Fabricants de colle : AT'OME, H.B. Fuller.

Objectif 1 (2023) : Identifier des solutions techniques de carrelet LCA mixte bois THT (feuillu français) et bois massif (résineux ou feuillu)

- ETAPE 1 : Veille sur les bois THT (feuillu français frêne peuplier) et leurs caractéristiques – ressources – process - retour d'expérience collage,
- ETAPE 2 : Identification de solutions de carrelet LCA mixte bois THT (feuillu français) et bois massif (résineux ou feuillu).

Ces sujets ont été traités lors des réunions COPIL du 14/03, 24/04, 07/06 et 11/09 de 2023.

Objectif 2 (2023 – 2024) : Evaluation du protocole de collage en lamellation (THT/BOIS et THT/THT) et aboutage appliqué à des systèmes différents (2 bois THT, 3 colles, 2 protocoles de classes de service 2 et 3)

- ETAPE 3 (2023) : Elaboration du plan d'expérience et achat des échantillons aux entreprises,
- ETAPE 4 (2023) : Evaluation Aboutage 1 essai par système : évaluation en flexion 4 points —environ 20 systèmes à tester,
- ETAPE 4 (2023) : Pilotage, analyse et restitution de l'étape 4,
- ETAPE 5 (2024) : Evaluation lamellation 5 essais par système : cisaillement initial, délamination et cisaillement vieilli sur le plan de collage et sur le bois en comparatif – 15 plans de collage mesurés par essai – environ 30 systèmes à tester,
- ETAPE 5 (2024) : Pilotage, analyse et restitution de l'étape 5.

Ces sujets ont été traités lors des réunions COPIL du 11/09, 24/10 de 2023 et 24/01, 24/04, 16/07, 24/10 de 2024 et 29/01 de 2025.

3 Résultats

3.1 Veille sur les bois THT

La veille a été réalisée sur la base d'éléments provenant d'études collectives Bois feuillu THT pour application bardage et platelage valorisée dans le bulletin de liaison de la FNB datant de juillet 2015 ainsi que des retours d'expérience des différents participants du COPIL et de FCBA.

Les feuillus français en Bois THT retenus dans le cadre de cette étude du fait de leur partie aubieuse et duramen peu durable en usage extérieur sont : **hêtre, frêne et peuplier (cultivars I214 et robusta mélangé)**.

Le « nouveau bois » obtenu à la sortie du four de traitement à haute température à certaines propriétés modifiées de façon irréversible.

3.1.1 Les éléments positifs identifiés

- Taux d'humidité faible (3 à 8% à la sortie du four) - matériau Hydrophobe = 8 à 10% après stabilisation,
- Meilleure stabilité dimensionnelle (divise par 2 les variations dimensionnelles du bois d'origine),
- Amélioration de la durabilité naturelle / champignons de pourriture du duramen et aubier permettant une compatibilité classe d'emploi 3 à 4 en fonction de l'essence et du process,
- Homogénéisation de la couleur dans la masse correspondant à un aspect esthétique généralement bien perçu du consommateur - hormis entre l'aubier de chêne et le duramen de chêne,
- Santé & environnement : toxicité et ecotoxicité des matériaux n'est pas modifiée – pas de danger supplémentaire identifié,
- Procédé de traitement avec de la vapeur d'eau et sans utilisation de biocides,
- Réaction au feu : pas de dégradation de performance constaté,
- Masse volumique : chute limitée,
- Compatibilité avec l'inox,
- Répétabilité des résultats obtenus par process de chauffe sous certification CTB Bois Haute Température gérée FCBA,
- Classement d'aspect des bois feuillus THT sélectionnés QF1a/b compatible pour usage menuiserie extérieure,
- Une ressource disponible en bois feuillu français : peuplier et hêtre dans des sections d'avivés (épaisseur 27 mm, 38 mm) compatibles à l'élaboration de carrelets 3 plis,
- Un prix des bois feuillus THT (peuplier et hêtre) correspondant à ceux des bois tropicaux durables du type moabi,
- Une aptitude au collage déjà expérimentée par certains acteurs avec des colles usuelles du marché de fabrication des carrelets LCA pour usage en menuiserie extérieure.

3.1.2 Les points de vigilance identifiés

- Caractéristique mécanique en flexion à plat (essai EN 408 à plat) avec une légère diminution de la résistance en flexion et peu de variation du Module Young. Plus la température de traitement est haute et plus les modifications des propriétés sont importantes,
- Vissage : pré perçage recommandé afin de limiter le risque de fendage,
- Clouage pneumatique entraîne des fissurations,
- Modification des caractéristiques de mouillabilité de la surface du bois la rendant hydrophobe,
 - Finition : pour les essais effectués, il a été privilégié un système de finition avec 2 couches d'impression.
- Influence variable de la chimie (processus de polymérisation) des colles sur la qualité du collage et forte influence de l'essence et de la température de traitement sur la qualité du collage,
- Plus on chauffe, plus on cherche de bonnes performances de durabilité biologique, plus les performances mécaniques sont diminuées,
- Liteaux de traitement : légères traces des tasseaux (bois ou alu) avec une disparition après rabotage de la face brut de 1 mm,
- Odeur caractéristique qui diminue avec le temps et blocage constaté par le système de finition,
- Peu d'entreprises de traitement Bois THT certifiées [CTB Bois Haute Température - Institut Technologique FCBA](#),
- Des sinistres de fenêtres en bois THT et/ou rétifé pleine masse sur l'épaisseur des ouvrants et dormants supérieur à 50 mm : fente, résistance des éléments de quincaillerie, éclat d'usinage,...

3.1.3 Les points d'interrogation identifiés

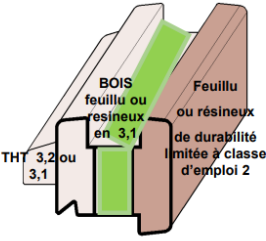
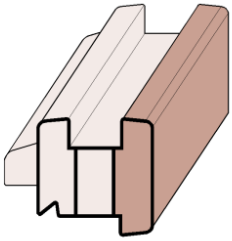
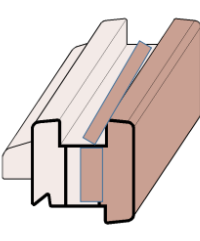
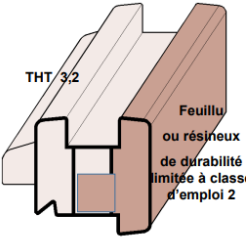
- Compatibilité contact métaux, alu, acier,.... ?
- Compatibilité adhérence mastic d'étanchéité vitrage et assemblage de châssis bois ?
- Résistance vis-à-vis des insectes à larves xylophage ?
- pH de la surface ?
- Niveau de classement émission de COV ?
- Qualité de l'usinage des feuillus BTHT : Régularité rabotage ? Ponçage ?

3.2 Identification de solutions de carrelets LCA mixte Bois THT et bois massif

Le COPIL a identifié 4 cas de type de carrelets LCA mixte bois THT possibles.

Synthèse - Type de carrelets envisageables :

Composition de carrelet en TB ou TI ouvrant

 <p>Cas 1</p> <p>THT 3,1 ou 3,2 / BOIS feuillu ou résineux en 3,1 / bois 2</p> <p>Carrelet asymétrique</p> <p>Utilisable pour les 4 cotés</p> <p>Compatibilité quincaillerie à vérifier si « bois 2 » < 450kg/m³</p>	 <p>Cas 2</p> <p>THT 3,1 ou 3,2 / THT 3,1 / bois 2</p> <p>Evaluation méca et vissage</p> <p>compatibilité quincaillerie à vérifier</p>	 <p>Cas 3</p> <p>THT 3,1 ou 3,2 en 1 pli épais ou 2 plis / bois classe 2 en 2 plis fins</p> <p>LCA en 2 plis ou 3 ou 4 plis pour être centré avec zone de drainage incluse dans le bois THT</p>	 <p>Cas 4</p> <p>THT 3,1 ou 3,2 / THT & BOIS 2 / BOIS 2</p> <p>Pli du milieu panneauté</p> <p>production à priori +chère</p> <p>Utilisable pour les 4 pièces du châssis</p>
--	--	--	---

Note 1 : « bois 2 » correspond à toutes les essences de bois, aubier inclus, possible sans traitement biocide si revêtu d'une finition complète en atelier.

Note 2: « bois 3,1 » => essence de bois, purgé d'aubier, de durabilité compatible classe d'emploi 3,1 sans traitement.

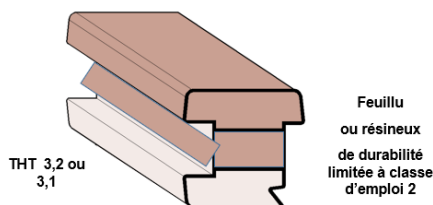
Note 3: « bois 3,2 » => essence de bois, purgé d'aubier, de durabilité compatible classe d'emploi 3,2 sans traitement.

Les évaluations techniques sur la faisabilité des fenêtres sur les aspects mécaniques des assemblages pourront faire l'objet d'une étude complémentaire.

Un 5^{ème} cas a également été identifié mais nécessiterait une étude complémentaire en vue de déroger à la norme NF P 23 305.

Synthèse Type de carrelets envisageables :

Composition de carrelet en TH et montant (ouvrant et dormant) : **cas 5**



En traverse basse (ouvrant et dormant) : Ce carrelet ne peut être utilisé en TB selon NF P 23 305 pour cause de présence de la zone mouillable sur le pli du milieu affectant le bois en classe d'emploi 3,1

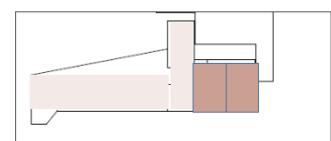
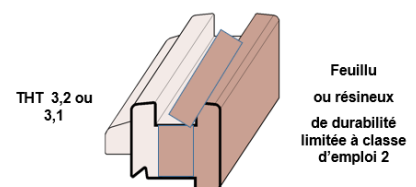
Etude complémentaire à prévoir à un programme 2025 ou plus ?

Est-il envisageable d'affecter la classe d'emploi 2 au bois du pli du milieu sous réserve de mise en place de conception salubre du type:

Ouvrant : un calfeutrement vitrage le plus performant (type silicone 16mm2) associée avec un drainage et ventilation type renforcé ou rapide.

Dormant : un joint d'étanchéité extérieure, gorge de récupération spécifique...

Avec finition performante appliqué en atelier – Attention aux phénomènes de condensation en sous face de dormant dans le cas de mise en œuvre en rénovation en applique



3.3 Evaluation du protocole de collage d'ABOUTAGE de bois THT pour usage menuiserie extérieure

L'échantillonnage d'essai retenu est le suivant et a été produit par un adhérent FNB présent au COPIL avec de 2 technologies de colle PVAc et PU utilisées industriellement en aboutage, sans changer les paramètres de grammage ni de pression usuellement utilisés (et en fonction de la largeur de l'about) et avec un aboutage à enture classique (10 mm et pas de 3.8 mm) . Aucun essai d'orientation n'a été réalisé en amont par les fabricants de colle.

système	lame avec aboutage centrée	colle	qté / système	dimension
1	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	PVAc	17 / système	23,5 x 120 x 447mm
2	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	PU		
3	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	PVAc		
4	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	PU		
5	BTHT Frêne / BTHT Frêne (210°C)	PVAc		
6	BTHT Frêne / BTHT Frêne (210°C)	PU		
7	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (190°C)	PVAc		
8	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (190°C)	PU		
9	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (190°C)	PVAc		
10	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (190°C)	PU		
11	BTHT Frêne / BTHT Frêne (190°C)	PVAc		
12	BTHT Frêne / BTHT Frêne (190°C)	PU		
	lame massive			
13	BTHT Hêtre (220°C)			
14	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)			
15	BTHT Frêne / BTHT Frêne (210°C)			
16	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (190°C)			
17	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (190°C)			
18	BTHT Frêne / BTHT Frêne (190°C)			

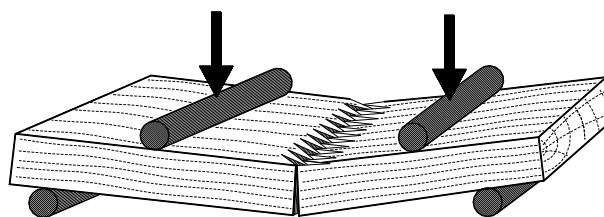
Caractéristique des échantillons :

Par dérogation à la norme EN 408 de novembre 2010 et conformément à la norme CEN/TS 13307-2, les éprouvettes sont découpées dans les éléments aboutés selon les caractéristiques suivantes :

- section : identique à l'élément abouté. Toutefois, si la largeur du liteau est supérieure à la capacité de la machine d'essai, l'éprouvette est tirée aléatoirement dans la largeur du liteau.
- longueur : au moins 19 fois l'épaisseur du liteau.
- position de l'aboutage : sensiblement centré sur la longueur à $\pm 2 \times$ l'épaisseur du liteau.

Protocole d'essai :

Conformément à la norme CEN/TS 13307-2, l'essai de flexion 4 points est réalisé selon le mode opératoire défini au §19 de la norme NF EN 408.



Par interprétation de l'annexe D de la norme CEN/TS 13307-2, f_{m05} est déterminé selon les formules suivantes :

- pour un lot de 30 éprouvettes, $f_{m05} = f_m - 1.70 \times S_d$
- pour un lot de 15 éprouvettes, $f_{m05} = f_m - 1.76 \times S_d$
 - . f_m : moyenne des contraintes de rupture pour chaque éprouvette
 - . S_d : écart type du lot

f_{m05} correspond à la valeur du 5^{ème} percentile de la résistance en MPa ou N/mm².

Exigences actuelles pour l'aboutage de bois non THT :

Conformément au § 11.3.1. de la norme, les exigences sont donc les suivantes :

- $f_{m05} \geq 17 \text{ MPa}$
- $CV \leq 20 \%$

Résultats :

N° Système	Système	CV (%)	fm05 (N/mm ²)
11	F-190-VI	29	23,5
12	F-190-PU	28	19,8
8	H-190-PU	21	29,9
9	P-190-VI	17	35,4
7	H-190-VI	12	50,7
2	H-220-PU	22	28,3
1	H-220-VI	21	27,3
10	P-190-PU	27	22,4
6	F-210-PU	26	23,0
4	P-215-PU	20	21,8
3	P-215-VI	23	20,5
5	F-210-VI	30	17,1

Contrainte à la rupture caractéristique à 5%, fm05 : l'ensemble des résultats sont satisfaisants et cohérents avec les faciès de rupture observés. C'est l'exigence prioritaire à satisfaire pour vérifier l'aptitude à l'usage du pli abouté en carrelet de fenêtre.

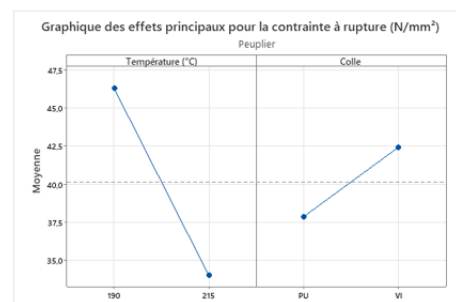
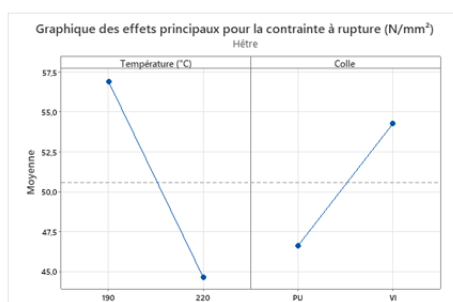
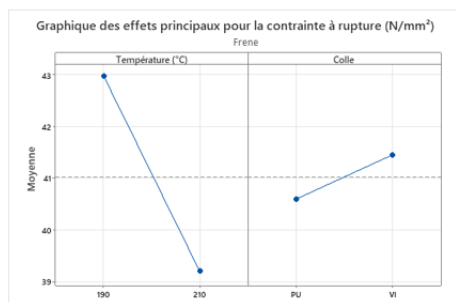
Coefficient de variation CV : il existe une variabilité de résultats importante. le seuil de 20% est caractéristique du bois massif. Pour les bois THT, il est peu surprenant d'obtenir des valeurs parfois supérieures à 20% mais restant inférieures à 30%. En effet, les bois massifs THT ont généralement un coefficient de variation proche de 30% car le traitement THT augmente la plage de variabilité des caractéristiques de contrainte à la rupture. Les essais de flexion 4 points réalisés sur des lames massives de 6 systèmes parmi les 12 testés en aboutage ont permis d'illustrer la variabilité du coefficient de variation des lames THT.

Système	ABOUTAGE		MASSIVES		Système2
	CV (%)	fm05 (N/mm ²)	CV (%)2	fm05 (N/mm ²)3	
F-190-PU	28	19,8	17	56,9	F-190
F-190-VI	29	23,5			
F-210-PU	26	23,0	34,5	26,1	F-210
F-210-VI	30	17,1			
H-190-PU	21	29,9	18,5	66,7	H-190
H-190-VI	12	50,7			
H-220-PU	22	28,3	27,4	37,9	H-220
H-220-VI	21	27,3			
P-190-PU	27	22,4	56,6	0,8	P-190
P-190-VI	17	35,4			
P-215-PU	20	21,8	30,2	16,6	P-215
P-215-VI	23	20,5			

Note : le coefficient de variation supérieur à 30% obtenu par les 2 systèmes peuplier provient probablement de l'échantillonnage restreint sur 2 cultivars mélangés et ayant des caractéristiques mécaniques distinctes (I214 et robusta).

L'analyse des effets principaux indique :


- Influence significative de la T°C de chauffe sur le résultat de la contrainte de rupture : la chauffe diminue la valeur résistance mécanique de l'aboutage,
- Peu ou pas d'influence de la nature de la colle utilisée.



Les tests d'étanchéité à l'eau des aboutages n'ont pas été réalisés (hors étude) mais les observations sur les profils des dentures sont apparus corrects pour envisager une étanchéité à l'eau selon le protocole d'évaluation actuel.

3.4 Evaluation du protocole de collage en LAMELLATION de carrelet bois THT ou mixte bois massif pour usage menuiserie extérieure

L'échantillonnage d'essai retenu est le suivant et a été produit par un adhérent FNB présent au COPIL avec 3 technologies de colle PVAc, EPI et MUF utilisées industriellement en lamellation.

système	CARRELET 2 plis en DD	colle	test collage au labo FCBA	qté / système	dimension rabotée
1	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	PVAc	classe de collage 2	5 carrelets / système	40 x 115 x 1ml 
2	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	PVAc	classe de collage 3		
3	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	EPI	classe de collage 2		
4	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	EPI	classe de collage 3		
5	BTHT Hêtre / BTHT Hêtre (220°C)	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc		
6	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	PVAc	classe de collage 2		
7	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	PVAc	classe de collage 3		
8	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	EPI	classe de collage 2		
9	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	EPI	classe de collage 3		
10	BTHT Peuplier / BTHT peuplier (215°C)	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc	5 carrelets / système avec débit 3xDosse et 2xQ/FQ sur le pli chène et Pin et hetre	
11	BTHT hêtre (220) / pin maritime	PVAc	classe de collage 2		
12	BTHT hêtre (220) / pin maritime	PVAc	classe de collage 3		
13	BTHT hêtre (220) / pin maritime	EPI	classe de collage 2		
14	BTHT hêtre (220) / pin maritime	EPI	classe de collage 3		
15	BTHT hêtre (220) / pin maritime	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc		
16	BTHT peuplier (215) / pin maritime	PVAc	classe de collage 2		
17	BTHT peuplier (215) / pin maritime	PVAc	classe de collage 3		
18	BTHT peuplier (215) / pin maritime	EPI	classe de collage 2		
19	BTHT peuplier (215) / pin maritime	EPI	classe de collage 3		
20	BTHT peuplier (215) / pin maritime	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc		
21	BTHT hêtre (220) / chene	PVAc	classe de collage 2		
22	BTHT hêtre (220) / chene	PVAc	classe de collage 3		
23	BTHT hêtre (220) / chene	EPI	classe de collage 2		
24	BTHT hêtre (220) / chene	EPI	classe de collage 3		
25	BTHT hêtre (220) / chene	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc		
26	BTHT peuplier (215) / chene	PVAc	classe de collage 2		
27	BTHT peuplier (215) / chene	PVAc	classe de collage 3		
28	BTHT peuplier (215) / chene	EPI	classe de collage 2		
29	BTHT peuplier (215) / chene	EPI	classe de collage 3		
30	BTHT peuplier (215) / chene	MUF	classe collage 2 ou 3 à décider après résultat EPI et PVAc		
31	BTHT hêtre 190 / pin maritime	PVAc	classe de collage 2		
32	BTHT hêtre 190 / pin maritime	PVAc	classe de collage 3		
33	BTHT hêtre 190 / pin maritime	EPI	classe de collage 2		
34	BTHT hêtre 190 / pin maritime	EPI	classe de collage 3		

Des essais d'orientation sur certains échantillons de bois THT ont été réalisés par les fabricants de colle HB Fulher et At'OME afin d'identifier les paramètres de collage et notamment de gramage, de pression et de temps qui ont été transmis au fabricant des échantillons finaux afin d'objectiver des résultats exploitables.

Protocole d'essai et exigence : Essais de délamination selon la norme XP CEN/TS 13307-2.

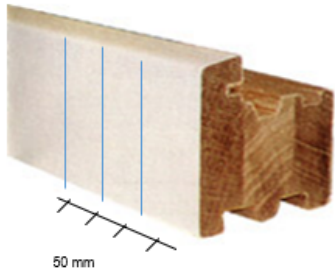
- Essai de DELAMINATION après 2 types de vieillissement : classe de service 2 et 3.

-Classe de service 2 :

- Immersion dans l'eau à 20°C pendant 3h
- Augmentation de la température de 20 à 60°C en 1h
- Maintien de l'immersion pendant 3h
- Diminution de la température de 60 à 20°C en 1h
- Maintien de l'immersion pendant 16h
- Séchage en climat normal pendant 72h
- Cotation : longueur de joint de colle ouverts L_d
- Délamination : $D = L_d / Lt$

-Classe de service 3 :

- Immersion dans l'eau à 20°C pendant 16h
- Séchage en étuve à 50°C pendant 24h
- Refroidissement en climat normal pendant 1h à 2h
- Cotation : longueur de joint de colle ouverts L_d
- Délamination : $D = L_d / Lt$



Exigence bois non THT

$$D_{moy} \leq 33 \frac{M_v}{1000} - 7 (\%)$$

- Essai de CISAILLEMENT initial et après vieillissement selon les 2 classes de service ci-dessus.

-A l'initial : éprouvettes témoins

- Mesure : Force à rupture en cisaillement (par compression) : F_{max}
- Calcul : résistance au cisaillement (par compression) : $f_{v,t} = F_{max} / A$

-Après vieillissement : sur éprouvettes délaminées

- Mesure : Force à rupture en cisaillement (par compression) : F_{max}
- Calcul : résistance au cisaillement (par compression) : $f_{v,d} = F_{max} / A$

-Calcul de la résistance résiduelle

- $R_s = f_{v,d} / f_{v,t}$

Exigence bois non THT

$$R_s \geq 114 - 66 \cdot \frac{M_v}{1000} (\%)$$

Dans le cadre de l'étude, le type de rupture du cisaillement sur éprouvette vieillie a été mesuré et comparé à l'exigence :

- Mesure du % de rupture dans le Bois (%B), la Fibre de bois (%F) ou la Colle (%C),
- Exigence sur le type de rupture PFB arrachées %B + %F $\geq 144 - 9 f_v$, borné par 45% (mini) et 90% (maxi) (Cf. EN 14080 tableau 10 - BLC).

Résultats et interprétations de la LAMELLATION par nature de colle

COLLE EPI

EPI		COLLE EPI													
Système	Description système	Mv moyen (kg/m ³)	Dmoyen (%)			Cisaillement initial		Cisaillement classe 2			Cisaillement classe 3			Exigence R _s basée sur densité moy	
			Classe 2	Classe 3	Exigence	CV < 20 %	Ratio R _s	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle	C (%) Colle	Ratio R _s	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle		C (%) Colle
24	H220/C EPI	675	31,1	0,5	15,3	12	55,3	70	20	10	77,7	70	30	0	69,5
19	Pe215/Pin.m EPI	511	18,6	1,9	9,9	21	56,0	50	40	10	37,7	50	25	25	80,2
9	Pe215/Pe215 EPI	443	0,0	0,0	7,6	24	63,8	0	80	20	55,4	10	70	20	84,8
33	H190/Pin.m EPI	613	11,2	0,0	13,2	12	92,9	*	*	*	85,2	*	*	*	73,5
29	Pe215/C EPI	591	12,2	2,7	12,5	19	60,2	40	0	60	74,8	50	50	0	75,0
4	H220/H220 EPI	664	12,9	0,0	14,9	30	52,8	0	20	80	79,7	40	40	20	70,2
14	H220/Pin.m EPI	587	0,0	0,0	12,4	8	83,9	*	*	*	85,2	*	*	*	75,3

Classe de service 3 :

- Résultats des essais de délamination tous conformes
- Bonne cohérence avec les types de rupture observés (majoritairement dans le bois traité HT : Bois et Fibre)
- Bonne cohérence avec les essais de cisaillement, SAUF pour le peuplier : « Effet peuplier »
 - Rupture par défilage proche du joint de colle
 - Comportement au cisaillement de cette essence défavorable du fait du traitement HT et de l'échantillon restreint et cultivars mélangés
 - Type de rupture néanmoins satisfaisant (majoritairement dans le bois traité HT : Fibre)
- NB : Pour le contreplaqué et le bois lamellé collé, un type de rupture **B+F > 40%** est considéré **satisfaisant ; il est préférable que le type B (Bois) soit néanmoins majoritaire.**

Classe de service 2 :

- Résultats des essais de délamination non conformes pour les systèmes 24 et 19 (mais grande dispersion intra et inter-profils)
- Mauvaise cohérence avec les types de rupture observés (majoritairement dans le bois traité HT : Bois et Fibre, mais avec une part de Fibre et de Colle significative)
- Mauvaise cohérence avec les essais de cisaillement
- Plus sévère que classe 3 ?
 - Influence de la phase d'immersion dans l'eau à 60°C ? *A priori* non concernant les EPI.
 - Influence de la durée d'immersion dans l'eau ?
- Cisaillement initial, le coefficient de variation est parfois supérieur à 20% mais restant inférieur à 30%. En effet, les bois massifs THT ont généralement un coefficient de variation proche de 30% car le traitement THT augmente la plage de variabilité des caractéristiques de contrainte à la rupture.



: résultat satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT



: résultat non satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT

COLLE PVAc

PVAc																
Système	Description système	Mv moyen (kg/m3)	Dmoyen (%)			CV < 20 %	Cisaillement initial			Cisaillement classe 2			Cisaillement classe 3			Exigence R _s basée sur densité moy
			Classe 2	Classe 3	Exigence		Ratio R _s	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle	C (%) Colle	Ratio R _s	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle	C (%) Colle		
1	H220/H220 PVAc	638	29,8	41,4	14,1	87	81,6	*	*	*	87,9	20	10	70	71,9	
11	H220/Pin.m PVAc	569	0,3	0,0	12,8	9	87,2	*	*	*	81,9	*	*	*	74,5	
21	H220/C PVAc	661	1,4	1,8	15,8	15	85,9	*	*	*	87,6	*	*	*	68,4	
6	Pe215/Pe215 PVAc	439	36,8	11,2	7,5	53	104,5	*	*	*	86,7	30	30	60	85,0	
16	Pe215/Pin.m PVAc	524	1,9	11,1	10,3	25	61,9	*	*	*	37,9	75	15	10	79,4	
26	Pe215/C PVAc	576	49,6	1,6	12,0	11	83,9	*	*	*	76,7	*	*	*	76,0	
31	HI90/Pin.m PVAc	609	17,1	0,0	13,1	15	46,5	*	*	*	51,6	50	10	40	73,8	

Classe de service 3 :


- Résultats des essais de délamination réellement discriminant
- Bonne cohérence avec les types de rupture observés
- Pour 6 systèmes : Cohérence entre le résultat de délamination et le résultat qui aurait été obtenu en rattrapage avec le cisaillement

Classe de service 2 :

- Plus sévère que classe 3 mais ne semble pas nécessaire d'élever à ce niveau de sévérité

classe 2 et 3 :

- CV+RS parfois en contradiction après essai de cisaillement -> 3eme critère à vérifier « type de rupture » avec exigence B+F > 45%
- Le système 1 et 6 non satisfaisants très certainement du fait d'un grammage fort et apportant une quantité d'eau trop importante par rapport à ce que peut absorber le support hydrophobe THT (Comme vu lors des essais d'orientation)
- L'interprétation de la résistance du collage du peuplier reste difficile à apprécier du fait d'une variabilité de porosité de la surface, d'une fragilité au défibrage (résistance mécanique faible) et d'un échantillonnage restreint et de cultivars mélangés => des compléments de tenue du collage des carrelets peuplier (THT ou non) devront dans tous les cas faire l'objet d'étude complémentaire, notamment en vieillissement naturel ou artificiel en traverse basse

 : résultat satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT

 : résultat non satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT

COLLE MUF

COLLE MUF															
MUF			Dmoyen (%)			Cisaillement initial	Cisaillement classe 2				Cisaillement classe 3				Exigence Rs basée sur densité moy
Système	Description système	Mv moyen (kg/m3)	Classe 2	Classe 3	Exigence	CV < 20 %	Ratio Rs	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle	C (%) Colle	Ratio Rs	B (%) Bois * THT	F (%) Fibres * proche colle	C (%) Colle	
5	H/H220 MUF	651		0,0	14,5	13					78,5				71,0
10	Pe/Pe215 MUF	428		0,0	7,1	21					90,3	75	25	0	85,8
15	H220/Pin m. MUF	591		0,0	12,5	8					87,6				75,0
20	Pe215/Pin m. MUF	471		5,8	8,5	23					71,3	55	40	5	82,9
25	H220/Chêne. MUF	617		0,0	13,4	13					98,4				73,3
30	Pe215/Chêne. MUF	561		9,7	11,5	35					81,4	50	50	0	77,0
34	H190/Pin m. MUF	607		0,3	13,0	14					90,0				74,0

Classe de service 3 :

- Système collé de technologie performante. Les bons résultats de délamination sont parfois contredits par les évaluations en cisaillement qui sont à prendre en considération.
- CV+RS parfois en contradiction après essai de cisaillement -> 3eme critère à vérifier « type de rupture » avec exigence B+F > 45%, les 3 critères sont importants.
- L'interprétation de la résistance du collage du peuplier reste difficile à apprécier du fait d'une variabilité de porosité de la surface, d'une fragilité au défibrage (résistance mécanique faible) => des compléments de tenue du collage des carrelets peuplier (THT ou non) devront dans tous les cas faire l'objet d'étude complémentaire, notamment en vieillissement naturel ou artificiel en traverse basse



: résultat satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT



: résultat non satisfaisant à l'exigence du protocole actuel sur les bois non THT

4 Proposition d'adaptation des normes et référentiel de certification

Suite analyse des résultats, présentation et validation par le COPIL, **il est proposé les adaptations suivantes pour le protocole d'évaluation initiale de carrelet pour usage fenêtre:**

- Aboutage entre 2 lames de bois THT,
- Lamellation avec au moins l'un des plis avec 1 lame en bois THT.

Note : l'évaluation du plan de collage entre les 2 plis « non THT » d'un carrelet mixte THT / non THT / non THT reste inchangée.

Les propositions d'adaptation sont identifiées en rouge dans le texte ci-dessous.

4.1 Evaluation des aboutages à entures en essai de type initial (ITT)

Essai de flexion 4 points selon §10.1 de la norme XP CEN TS 13307-2.

Les 2 critères d'exigence à adapter au § 11.3.1 de la norme XP CEN TS 13307-2 :

$f_{m0,5} \geq$ soit 17 MPa (*seuil identique entre bois THT et non THT*)

CV initial \leq 30% sur le profilé abouté en bois THT (*au lieu de seuil 20% pour les bois non THT*)

Note : les 2 exigences doivent être vérifiées et la cotation du profil de rupture n'est pas nécessaire.

Note : Les tests d'étanchéité à l'eau des aboutages selon §10.2 et §11.4 sont inchangés.

4.2 Evaluation du plan de colle des lamelles en essai de type initial (ITT)

Essai en délamination selon §9.1.2 de la norme XP CEN TS 13307-2 en classe de service 3.

D_{moy} (calculé selon Annexe C) \leq exigence énoncée au §11.2.1.1 de la norme XP CEN TS 13307- (*exigence identique entre bois THT et non THT*).

Un essai en cisaillement est réalisé systématiquement quelque soit le résultat de l'essai de délamination (adaptation au §9.2 de la norme XP CEN TS 13307-2) **avec les 3 critères d'exigence à adapter au § 11.2.1.2 de la norme XP CEN TS 13307-2 sont :**

A l'initial :

- **CV initial \leq 30% si au moins 1 des plis est en bois THT** (*au lieu de seuil 20% pour les bois non THT*),

Après cycle de vieillissement en classe de service 3 :

- **Rajout du critère de type de rupture PFB arrachées %B + %F \geq 144 - 9 fv, borné par 45% (mini) et 90% (maxi)** (Cf. EN 14080 tableau 10 - BLC),
- **Résistance résiduelle R_s (calculée selon Annexe C) \geq exigence énoncée au §11.2.1.2 de la norme XP CEN TS 13307-** (*exigence identique entre bois THT et non THT*).

Le critère de délamination et les 3 critères de cisaillement doivent être vérifiés.

Le critère type de rupture PFB est proposé dans un premier temps, avec la possibilité de le supprimer à posteriori, après analyse du retour d'expérience. D'autant plus qu'il n'est pas un critère conduisant seul à la conformité et qu'il est sujet à un niveau de variabilité lors de la cotation par le technicien de laboratoire.

Note : si le critère de délamination est non conforme, il n'est pas nécessaire de réaliser les essais de cisaillement.

Note : un cycle de délamination réalisé selon le cycle de vieillissement en classe de service 2 peut également être reconnu ; l'expérience ayant démontré qu'il était au moins aussi sévère que celui de la classe de service 3.

4.3 Evaluation de contrôle de la production en usine (CPU)

Le protocole d'autocontrôle CPU par le fabricant sur la ligne de production reste à étudier et notamment l'utilité de réaliser un test de cisaillement au lieu du test au ciseau du §9.3 de la norme XP CEN TS 13 307-2.

Dans le cadre d'un complément d'étude sur les carrelets mixtes THT, il est prévu :

- De détailler les modalités et exigences du protocole de l'essai au ciseau,
- De réaliser des essais de correspondance, avec certains des systèmes de la présente étude, entre des protocoles de cisaillement (sur machine de traction de laboratoire mais éventuellement également sur machine simple bati-vérin-capteur) et celui au ciseau.

5 Synthèse du rapport

La veille permet d'identifier les éléments favorables à l'utilisation de bois THT en carrelet de fenêtre : durabilité biologique, classement aspect, stabilité dimensionnelle, maîtrise du process par la certification. Les points de vigilance sont également identifiés tels que la diminution de la résistance mécanique, des propriétés de mouillabilité de surface et donc le besoin en qualification spécifique du collage de ce type de support. Les points restant en suspens comme la compatibilité avec les métaux et les mastics, la qualité de l'usinage des profils de fenêtres.

5 cas de types de carrelets ont fait l'objet de discussion en fonction de la configuration des collages et position du bois THT dans le carrelet. Ces configurations pourront faire l'objet d'évaluation technique par des études complémentaires pour en vérifier la faisabilité.

Les résultats de l'étude ont montré que le collage de carrelet abouté lamellé THT ou mixte THT est envisageable avec les paramètres standards de colle usuelle du marché ou en adaptant les paramètres type grammage et temps de pression.

Les évaluations de résistance du collage des 12 systèmes ABOUTAGE ont permis d'identifier que le protocole en flexion 4 points défini par la CEN TS 13 307-2 et l'exigence de la contrainte à la rupture F_{m05} reste adapté au bois THT.

Par contre, le seuil maximum de 20% des coefficients de variation est caractéristique du bois massif. Pour les bois THT, il est usuel d'augmenter ce seuil à 30% maximum car le traitement THT augmente la plage de variabilité des caractéristiques de contrainte à la rupture.

Les évaluations de résistance du collage des 34 systèmes LAMELLATION ont permis d'identifier que le protocole actuel doit être complété d'essai de cisaillement systématique selon 3 critères dont un nouveau critère correspondant au type de rupture PFB provenant de la EN 14080.

Les propositions d'adaptation à la norme XP CEN TS 132 307-2 sont indiquées au §4 avec un complément à réaliser sur l'évaluation de contrôle production usine qui sera réalisé sur 2025. Les résultats de ces études seront présentés à la certification CTB LCA courant 2025. Ce protocole adapté pour bois THT peut être étendu à l'ensemble des bois modifiés par des traitements les rendant plus hydrophobes.



Outil technologique reconnu

FCBA et ses équipes d'experts accompagnent les entreprises des filières forêt-bois et ameublement dans l'amélioration de leur compétitivité sur leur marché

L'Institut met à disposition de ces entreprises le savoir-faire de ses ingénieurs et techniciens et la technologie de ses laboratoires, accompagne les professionnels dans la normalisation, l'amélioration de la qualité de leurs produits et les aide à intégrer les innovations technologiques. FCBA diffuse également de l'information scientifique et technique, fruit de son expertise en recherche et développement et veille technologique, économique et documentaire.

Aide à la conception et à l'innovation

Concevoir et construire avec le bois, respecter les normes et la réglementation. Pour l'ameublement, concevoir par l'usage et proposer des matériaux innovants avec le centre de ressources INNOVATHEQUE.

R & D

Être le porteur de l'innovation technologique pour permettre le développement des entreprises.

Centre de formation

Développer votre savoir-faire et vos compétences avec nos formations catalogue ou sur-mesure.

Bureau de normalisation

Animer et coordonner les travaux de normalisation du bois et des produits dérivés du bois et de l'ameublement.

Organisme certificateur

Marquage CE/RPC, CTB, NF, OFG, PEFC, FSC...

Laboratoires à la pointe

Chimie, physique, mécanique, biologie, finition, feu, biosourcés, matériaux...



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Pour nous rejoindre

SIÈGE SOCIAL

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Mame
+33 (0)1 72 84 97 84

BORDEAUX

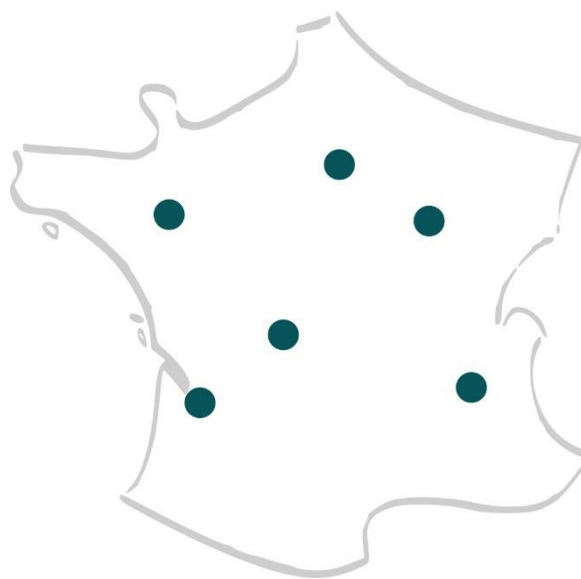
Allée de Boutaut - BP227
33028 Bordeaux Cedex
+33 (0)5 56 43 63 00

GRENOBLE

Domaine Universitaire
CS 90251
38044 Grenoble Cedex 9
+33 (0)4 56 85 25 30

CESTAS-PIERROTON

71, route d'Arcachon
33610 Cestas
+33 (0)5 56 79 95 00



NANTES

15, boulevard Léon Bureau
44200 Nantes
+33 (0)6 80 34 38 63

CHARREY-SUR-SAÔNE

60, route de Bonnencontre
21170 Charrey-sur-Saône
+33 (0)3 80 36 36 20

VERNEUIL-SUR-VIENNE

Domaine des Vaseix
87430 Verneuil-sur-Vienne
+33 (0)5 55 48 48 10



fcba.fr

