

PÔLE DES LABORATOIRES BOIS



Rapport de mission n°403/10/414 du 06.09.2010

Etude de faisabilité du collage structural du Gonfolo

Mécanique



CCI de la Guyane
Maison de la Forêt et du Bois de la Guyane
Place de l'Esplanade BP49
97321 CAYENNE CEDEX

Siège social
10, avenue de Saint-Mandé
75012 Paris
Tél +33 (0)1 40 19 49 19
Fax +33 (0)1 43 40 85 65

Bordeaux
Allée de Boutaut - BP 227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00
Fax +33 (0)5 56 43 64 80

www.fcba.fr

Ce document comporte 11 pages de rapport. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Ce rapport d'essais atteste des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais mais ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas un certificat de qualité au sens de la loi n° 94-442 du 03.06.94.

1. Définition des cahiers des charges à satisfaire pour valider un collage structural sur une essence nouvelle, le Gonfolo

Les produits collés traditionnels destinés au marché de la construction tels que les bois lamellés collés ou les bois massifs reconstitués doivent satisfaire à des exigences normatives s'appliquant sur le produit fini ainsi que sur la colle entrant dans sa composition.

Ainsi, les colles appartenant à la famille des aminoplastes (mélamine-formol ou mélamine-urée-formol) ainsi qu'à la famille des phénoplastes (résorcinol-formol ou résorcinol-phénol-formol) doivent satisfaire aux exigences de performances définies dans la norme *EN 301 (2006) : Adhésifs de nature phénolique et aminoplaste pour structure portante en bois : classification et exigences de performances*.

Cette norme s'appuie sur les normes d'essais *EN 302 parties 1 à 7*. Parmi ces normes, la norme *EN 302-2 (2004) : Adhésifs pour structures portantes en bois : détermination de la résistance à la délamination* prévoit que « dans le cas où l'adhésif doit être utilisé sur des essences de bois dur », l'essai de détermination de la résistance à la délamination généralement réalisé sur de l'épicéa « soit également réalisé sur des échantillons représentatifs de ce bois ».

Ainsi, la validation d'un collage structural sur une essence nouvelle comme le Gonfolo repose sur l'essai de détermination de la résistance à la délamination selon la norme EN 302-2 (2004).

Remarque :

Etant donné que les exigences associées ont été définies pour une essence de bois résineux (l'épicéa) de caractéristiques physiques très différentes de celles des bois feuillus, des propositions de modifications sont actuellement en cours de discussion par le groupe européen de normalisation CEN TC193/SC1/WG8 qui a en charge la révision des normes EN 301 et EN 302. Ces modifications prévoient la possibilité d'utiliser des lamelles de bois de section réduite (conditionnant de fait les dimensions du produit fini), et portent le seuil de délamination à ne pas dépasser de 5% à 8%.

2. Recherche d'une colle compatible avec l'application visée

2.1. Règles de mise en œuvre d'un collage

La réussite de l'opération de collage nécessite de veiller aux points suivants :

- Qualité des bois
- Humidité des bois
- Température des bois
- Usinage des bois
- Encollage des bois
- Pressage des bois

2.1.1. *Qualité des bois*

Densité

On considère comme denses les bois dont la masse volumique est supérieure à 700 kg/m^3 à 12% d'humidité. Ils présentent des difficultés de mouillage car l'eau contenue dans la colle demeure dans le plan de collage. Le collage prend lentement et le joint peut être de mauvaise qualité. Il est alors parfois nécessaire de pratiquer un double encollage ainsi que d'augmenter la pression et la durée de serrage de 20 à 50%.

Acidité

Si tous les bois sont généralement acides, certaines essences le sont plus que d'autres. Une forte acidité, associée à un taux d'humidité élevé, retarde la prise de certaines colles comme les résorcine. Il est alors recommandé de sécher les éléments à assembler à une humidité inférieure à 12% et d'augmenter la durée de pressage de 50% au moins.

Etat de surface

L'état de surface des bois a une grande influence sur les échanges interfaciaux entre le bois et la colle, l'épaisseur et la régularité du joint après pressage. Pour obtenir un collage satisfaisant, il est nécessaire d'opérer sur une surface plane, propre, sans poussière ni arrachement ou soulèvement de fibres.

Morphologie

Il est préférable d'écarter les bois gauches, cintrés ou tuilés afin d'éviter les décalages d'entures au moment de l'assemblage. Il est également recommandé de positionner les bois avec les cernes d'accroissement dans la même direction afin d'éviter des retraits différentiels trop importants.

2.1.2. Humidité des bois

L'humidité des bois joue sur la viscosité de la colle. Un excès d'eau peut diluer la colle ; un manque d'eau provoque une absorption par capillarité entraînant un joint maigre. Elle influence également le temps d'assemblage et le temps de prise. Lors de la vie en œuvre, elle conditionne également le bon comportement du collage vis à vis des variations climatiques.

En fonction du type de colle utilisée, l'humidité des bois peut varier entre 8 et 15 voire 18%. Dans la pratique, il est préférable de limiter la différence d'humidité des bois à ± 2 points par rapport à une valeur nominale correspondant à l'humidité d'équilibre des bois en service (Tableau 1).

Emplois	Humidité d'équilibre (%)	Tolérance au moment du collage (%)
Bâtiment fermé et chauffé	10	8 à 12
Bâtiment fermé et non chauffé	13	11 à 15
Bâtiment ouvert, extérieur	16 à 20 et plus	14 à 18

Tableau 1 : Humidité d'équilibre des bois en service

2.1.3. Température des bois

La température des bois est susceptible de modifier la viscosité de la colle et perturber les échanges interfaciaux. Une température basse ($< 5^{\circ}\text{C}$) retarde le durcissement du joint ; une température élevée ($> 30^{\circ}\text{C}$) active le durcissement, ce qui n'est pas toujours souhaitable pour l'entreprise compte tenu des impératifs de production. La température optimale, située entre 15 et 25 $^{\circ}\text{C}$, dépend du type de colle utilisée.

2.1.4. Usinage

Les outils de coupe doivent être correctement affûtés afin de garantir l'obtention de surfaces propres et d'éviter leur oxydation.

2.1.5. Encollage

Le collage doit être réalisé dès que possible et au plus tard 24h après usinage. La colle est généralement déposée sous forme de cordons par des systèmes d'application automatisés. Le grammage doit être ajusté en fonction du type de colle utilisé et de l'essence des bois.

2.1.6. Pressage

La pression de serrage conditionne la répartition uniforme de la colle et l'épaisseur de joint qui jouent un rôle déterminant sur la résistance finale de l'assemblage. Elle doit être ajustée en fonction du type de colle utilisée et de l'humidité, la température, la section et l'essence des bois (masse volumique, porosité).

2.2. Caractéristiques du Gonfolo (1)

La réussite de l'opération de collage nécessite le respect des règles rappelées ci-dessus, ainsi que le choix de colles, adjuvants et paramètres de mise en œuvre adaptés aux caractéristiques des bois, parfois susceptibles de contrarier le collage.

2.2.1. Propriétés physiques

Le Gonfolo est un bois de caractéristiques physiques et mécaniques à priori assez homogènes. Il possède une masse volumique élevée (620 à 800 kg/m³ à 12% d'humidité, 725 kg/m³ en moyenne). Son retrait total en volume (17.3%) et son coefficient de rétractabilité (0.58) élevés rendent compte d'une certaine nervosité.

2.2.2. Propriétés mécaniques

Le Gonfolo propose un module d'élasticité (14 000 MPa) et une résistance à la flexion statique (165 MPa) élevés (valeurs moyennes).

2.3. Colles retenues

Les colles couramment utilisées pour le collage du bois sont répertoriées dans le tableau ci-dessous (Tableau 2) :

Destinations	Colles	Sollicitations	
		Travaillant	Non travaillant
Intérieur	Urée-formol	•	
	Vinyliques mono-composant		•
	Thermofusible		•
Extérieur abrité	Urée formol améliorée	•	
	Vinylique bi-composant		•
	Polyuréthane bi-composant		•
Extérieur	Résorcine	•	
	- Résorcinol-phénol		
	- Résorcinol-Phénol-Formol		
	Mélamine	•	
	- Mélamine-Urée-Formol		
	- Mélamine-Phénol-Formol		
Polyuréthane mono ou bi-composant	•		
Emulsion de polymères isocyanates	•		

Tableau 2 : colles couramment utilisées pour le collage du bois

(1) Source : Fiche CIRAD

Ce document comporte 11 pages de rapport. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Ce rapport d'essais atteste des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais mais ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas un certificat de qualité au sens de la loi n° 94-442 du 03.06.94.

Parmi les colles utilisées pour le collage structural du bois seules les colles Résorcine et Mélamine de part leurs caractéristiques intrinsèques et l'expérience acquise sur des essences difficiles à coller nous semblent compatibles avec l'application visée.

De façon générale et quelque peu caricaturale elles se différencient sur les points suivants :

- Mélamine : techniques, rapides, performantes sur bois difficiles à coller ; en croissance sur le marché européen
- Résorcine : moins techniques, plus lentes, très performantes sur bois difficiles à coller ; en déclin sur le marché européen mais ne seront pas abandonnées car niches porteuses : poutres courbes, bois difficiles à coller

Leurs principales caractéristiques sont détaillées ci-après (Tableau 3) :

Type de colle	Mélamine	Résorcine
Classement	EN 301, Type I	EN 301, Type I
Présentation	Bi-composant	Bi-composant
Etiquetage utilisateur :		
- Résine	- Non dangereux à nocif	- Nocif à toxique
- Durcisseur	- Nocif à corrosif	- Non dangereux à nocif
Stockage	3 à 6 mois à 20°C Au delà pour les poudres à l'abri de l'humidité	6 à 12 mois à 20°C Au delà pour les poudres à l'abri de l'humidité
Odeur	Faible formol	Forte phénol et résorcinol
Pénétration en bois de bout	Forte	Moyenne
Température d'encollage	15 à 25°C	15 à 25°C
Humidité des bois	8 à 15%	8 à 15%
Temps de prise à 20°C	2 à 8h	4 à 16h
Temps de stabilisation à 20°C	4 à 8 jours	4 à 8 jours
Nettoyage des encolleuses	Eau chaude	Eau froide
Traitement des eaux de lavages	Simple	Difficile
Caractéristiques du joint	Grège Dur Bonne tenue à l'eau, au fluage et au feu	Brun Dur Bonne tenue à l'eau, au fluage et au feu
Particularités	Joint mince Possibilité de joints épais si formule adaptée Prix moyen ≈ 2-3 euros/kg	Joint mince et épais Prix moyen ≈ 2-3 euros/kg
Emission de formol dans l'air après polymérisation ppm/m ² h	● ●	●

Tableau 3 : Quelques caractéristiques des colles Mélamine et Resorcine

Ce document comporte 11 pages de rapport. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Ce rapport d'essais atteste des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais mais ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas un certificat de qualité au sens de la loi n° 94-442 du 03.06.94.

3. Définition des paramètres de mise en œuvre des colles et essais préliminaires de résistance à la délamination

3.1. Mise en œuvre des éprouvettes

Des échantillons de poutres de 6 lamelles ont été réalisés à partir de lamelles de Gonfolo sur dosse et faux quartier de section avant rabotage 35 x 100 mm² et 320 mm de longueur (dimensions nominales, variables selon les approvisionnements).

Les colles utilisées sont les suivantes :

- Mélamine-Urée-Formol (MUF) : PREFERE 4546 / 5021 de DYNEA, classée type 1 selon la norme EN 301
- Résorcinol-Phénol-Formol (RPF) : XRL 490 / XDL 490 de BOSTIK, classée type 1 selon la norme EN 301

Les conditions de mise en œuvre des colles utilisées sont reportées dans le Tableau 5. Elles ont été ajustées en tenant compte :

- Des prescriptions des fabricants décrites dans les fiches techniques
- Des caractéristiques de surface du Gonfolo
- Des résultats d'essais

Principalement, nous avons joué sur les paramètres suivants :

- Temps d'assemblage : pour les bois denses, il convient généralement de travailler avec des temps d'assemblage assez longs afin que la colle épaisse (elle pré-polymérise) avant le serrage. Vu les pressions de serrage auxquelles il faut travailler avec de tels bois (10 bars minimum), cela permet d'éviter qu'elle soit éjectée hors du joint au moment du serrage
- Géométrie des lamelles : épaisseur réduite, composition (choix des débits)

Dans chaque échantillon de poutre ainsi constitué, 1 à 2 éprouvettes de délamination ont été débitées.

3.2. Méthodologie d'essais

Les essais ont été réalisés selon la norme EN 302-2 (2004) soit la détermination de la résistance à la délamination en tenant compte des modifications actuellement en cours de discussion par le groupe européen de normalisation CEN TC193/SC1/WG8 prévoyant la possibilité d'utiliser des lamelles de bois de section réduite.

3.2.1. Description du cycle d'essai

Un cycle d'essai (Tableau 4) est constitué :

- d'une immersion dans l'eau froide de température $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ à différentes pressions par l'intermédiaire d'un autoclave
- d'un séchage à $(65 \pm 3)^\circ\text{C}$ dans un tunnel de séchage où circule un flux d'air à une vitesse de $(2,25 \pm 0,25)$ m/s

Ce cycle d'immersion-séchage répété 2 à 3 fois en fonction de la classification de l'adhésif utilisé (type 1 ou type 2) est destiné à provoquer l'ouverture des joints de colle qui doivent accommoder les importantes variations dimensionnelles du bois.

Méthode		Cycle Haute température Adhésif de type 1	Cycle Basse température Adhésif de type 2
Nombre de cycles complets Immersion-séchage		3	2
Immersion	Dépression	Pression relative (*)	(-0.75 ± 0.05) bars
		Durée	15 min
	Pression	Pression relative (*)	(5 ± 0.25) bars
		Durée	60 min
Nombre d'immersion Dépression - pression		2	
Séchage	Température	$(65 \pm 3)^\circ\text{C}$	$(27.5 \pm 2.5)^\circ\text{C}$
	Humidité	(12.5 ± 2.5) % HR	(30 ± 5) % HR
	Durée	20 h	90 h

(*) Les pressions données sont des pressions relatives par rapport au zéro de la pression atmosphérique.

(**) La durée de séchage effective dans l'enceinte climatique est fonction du poids de l'éprouvette. Ainsi, elle est arrêtée lorsque la masse de l'éprouvette d'essai est revenue à 100 - 110 % de la masse initiale.

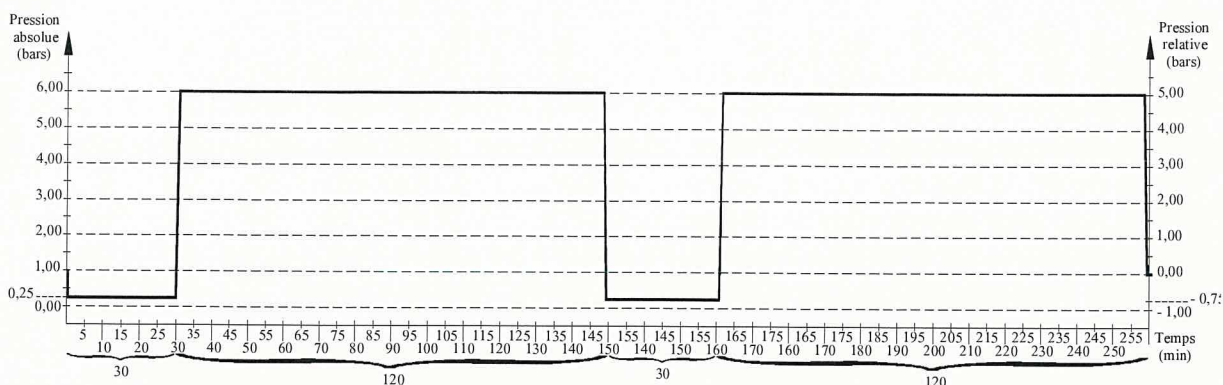


Tableau et diagramme 4 : cycle d'essai

Les colles utilisées étant de type 1, nous avons utilisé le cycle Haute Température répété 3 fois. A l'issue de ce cycle, le pourcentage de délamination qui correspond au rapport entre la longueur de joints de collages ouverts et la longueur totale des joints a été mesuré.

3.3. Résultats

L'ensemble des résultats est reporté dans le Tableau 5.

Configuration :

	1	2	3	4	5
Adhésif					
Nature	MUF	MUF	MUF	RPF	RPF
Grammage (g/m ²)	350	350	350	450	450
Encollage	simple face	simple face	simple face	double face *	double face *
Temps ouvert avant serrage (min)	0	0	0	0	0
Temps fermé avant serrage (min)	30	45	45	60	75
Pression de serrage (bars)	10	10	10	10	10
Temps de serrage (heures)	>12	>12	>12	>12	>12
Lamelles (rabotées)					
Epaisseur (mm)	27	27	22	22	22
Largeur (mm)	95	95	110	110	110
Longueur (mm)	320	320	320	320	320
H (%)	13-14	13-14	13-14	13-14	13-14
Mv Poutre 1 (kg/m ³)	698-718	682-713	643-655	634-820	636-675
Mv Poutre 2 (kg/m ³)	/	/	663-848	/	/
Cycle de délamination EN 302-2 :					
Eprouvettes					
Largeur (mm)	91	91	100	100	100
Longueur (mm)	75	75	75	75	75
Résultats (%) Poutre 1 / Eprouvette 1	28	11	1,3	4,4	0
Poutre 1 / Eprouvette 2	22	16	2,5	5,5	3
Poutre 2 / Eprouvette 1	/	/	1,8	/	/
Poutre 2 / Eprouvette 2	/	/	4,6	/	/

Tableau 5 : résultats

Ce document comporte 11 pages de rapport. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Ce rapport d'essais atteste des caractéristiques de l'échantillon soumis aux essais mais ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue donc pas un certificat de qualité au sens de la loi n° 94-442 du 03.06.94.

4. Conclusions

Les configurations 3 en MUF et 5 en RPF sont validées avec succès.

Nous recommandons néanmoins l'utilisation de RPF car cette technologie est moins technique et sera plus adaptée aux difficiles conditions de collage en Guyane.

Enfin, le rainurage des lamelles, afin de casser les variations dimensionnelles du bois, devrait rendre possible l'utilisation de lamelles d'épaisseur après rabotage 27 mm au lieu de 22 mm, ce qui améliorerait considérablement le rendement matière.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Guillaume Legrand', is written over a horizontal red line.

Guillaume Legrand

Responsable Technique Collage & Panneaux