



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Etude expérimentale sur assemblage spécifique de fenêtre bois

Assemblage d'angle à coupe d'onglet par micro-entures
collées

Acronyme de l'étude : **ESASPEC**



Rapport d'étude final
Aout 2016

Rédacteur : Marc Sigrist – Ingénieur construction menuiserie bois -

Institut Technologique FCBA

Siège social
10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84

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

Avec le soutien du :

CODIFAB

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1	Contexte et objectif de l'étude.....	3
2	L'assemblage d'angle à coupe d'onglet	3
2.1.	Comportement au retrait/gonflement du bois de l'assemblage.....	4
2.2.	Techniques d'assemblages bois à coupe d'onglet	5
3	Choix et descriptif des assemblages testés	6
4	Choix des protocoles et du programme d'évaluation	8
4.1	Protocole de stabilité diagonale des châssis sous charge.....	8
4.2	Protocole d'exposition sous arrosage puis rayonnement IR.....	9
4.3	Protocole de climats successifs uniformes sans charge	9
4.4	Programme d'évaluation et échantillonnage	10
5	Résultats des évaluations.....	11
5.1	Comportement de la stabilité diagonale des vantaux.....	11
5.2	Comportement sous arrosage puis rayonnement IR.....	14
5.3	Comportement sous climats successifs uniformes sans charge	17
6	Avis et interprétation.....	19
6.1	Rigidité mécanique et étanchéité à l'eau de l'assemblage testé.....	19
6.2	Stabilité diagonale des vantaux	19
6.3	Déformation et manœuvrabilité du châssis	19
6.4	Perspectives d'aptitude à l'usage	21
7	Conclusion.....	23
8	Remerciements	24
9	Références.....	25
10	Annexes au rapport d'étude	26

1 Contexte et objectif de l'étude

L'une des étapes clés de la conception/fabrication des menuiseries est le mode d'assemblage des composants constitutifs des cadres dormants et ouvrants (montants et traverses).

L'étude ADANDRA - *Etat des lieux sur les assemblages d'angles pour les menuiseries extérieures* – réalisée en 2014 (rapport téléchargeable via [guide ADANDRA sur assemblages fenêtre bois](#)) a identifié des techniques d'assemblages d'angle à coupe d'onglet permettant notamment une optimisation des procédés de fabrication. Mais pour ces techniques d'assemblage non-courantes en fenêtre bois, il existe un doute sur leur aptitude à l'usage notamment vis à vis de leur comportement aux variations d'humidité du bois.

L'objectif principal de cette étude expérimentale est d'acquérir des modèles de châssis bois à coupe d'onglet, déjà commercialisés depuis des années, et d'évaluer leur faculté à satisfaire les caractéristiques essentielles de rigidité, d'étanchéité et de stabilité après exposition sous climats successifs uniformes (humide puis sec).

L'étude, financée exclusivement par le CODIFAB menuiserie extérieure, a été dirigée par le comité de pilotage suivant : M. MARMORET (CAPEB), M. MACQUART (UFME), M. PARQUIER (UMB-FFB) et M. SIGRIST (FCBA).

2 L'assemblage d'angle à coupe d'onglet

Mettre en contact un seul couple de plans, coupés en pratique à 45°, l'assemblage à coupe d'onglet est à l'évidence un assemblage géométrique rationnel utilisé notamment pour les châssis PVC et aluminium. Cette technique permet l'assemblage, par simple découpe onglet 45°, de pièces finies provenant de « barres de profilés » fabriquées en grandes longueurs ($\geq 6m$).

Toutefois son comportement au retrait/gonflement du bois a conduit à ne pas le conseiller et l'assemblage des châssis bois est traditionnellement à coupe droite (enfournement collé, tourillon collé, mécanique vis + mousse d'étanchéité,...).

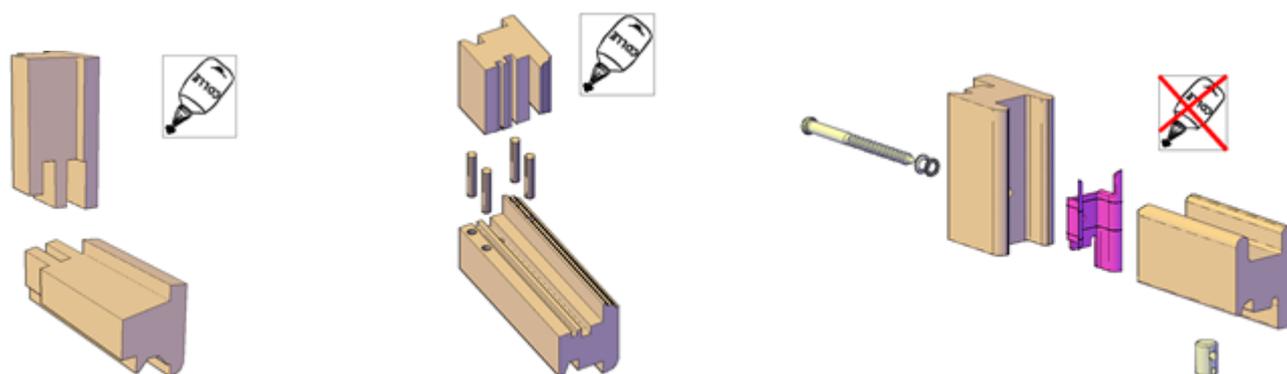


Figure 1 : Exemples d'assemblages d'angle traditionnels à coupe droite pour les châssis bois

2.1. Comportement au retrait/gonflement du bois de l'assemblage

Le retrait et gonflement du bois, sous l'effet de variation d'humidité du bois, induisent des charges hygrothermiques sur les éléments et l'assemblage d'angle.

Ces effets sont conséquents dans le sens tangentiel et radial du bois (coefficient de retrait de l'ordre de 0.3% par % d'humidité du bois) et sont négligeables dans le sens longitudinal.

Du coup, en fonction de l'orientation du bois dans l'assemblage, les charges hygrothermiques sont plus au moins importantes :

- **assemblage d'angle à coupe droite** (profil – contre profil) : charge hygrothermique faible et uniquement dans la direction de la pièce arasée. C'est le cas des assemblages traditionnels collés et mécaniques. La rigidité de l'assemblage et son dispositif d'étanchéité sont en mesure de compenser le phénomène.
- **assemblage d'angle à coupe d'onglet 45°** : charge hygrothermique pouvant entraîner soit une ouverture de l'assemblage (si l'assemblage n'est pas assez rigide), soit une déformation du châssis (si l'assemblage est suffisamment rigide). **C'est la raison principale pour laquelle ce type d'assemblage est peu utilisé en menuiserie extérieure et qu'il reste « non traditionnel »**.

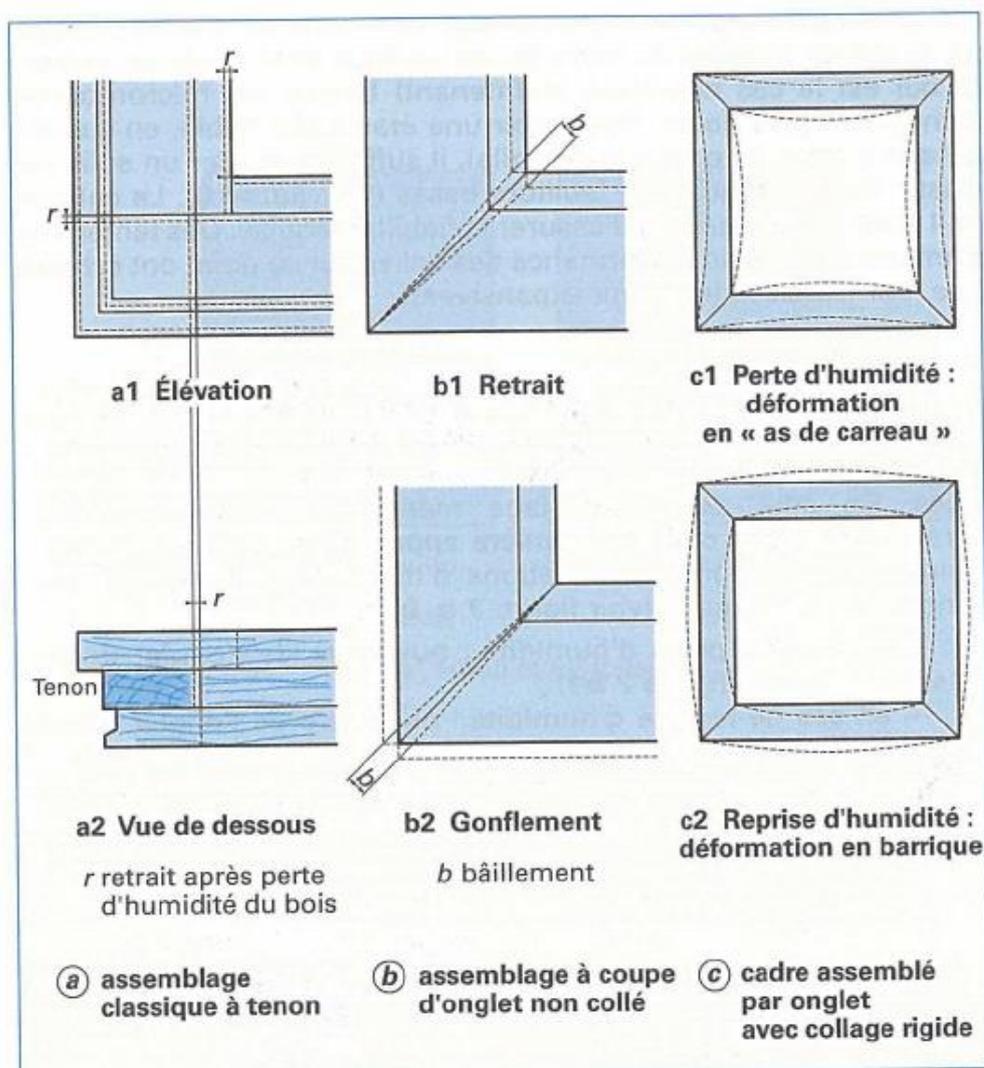


Figure 2 : Comportement des assemblages d'angle en fonction du retrait/gonflement du bois

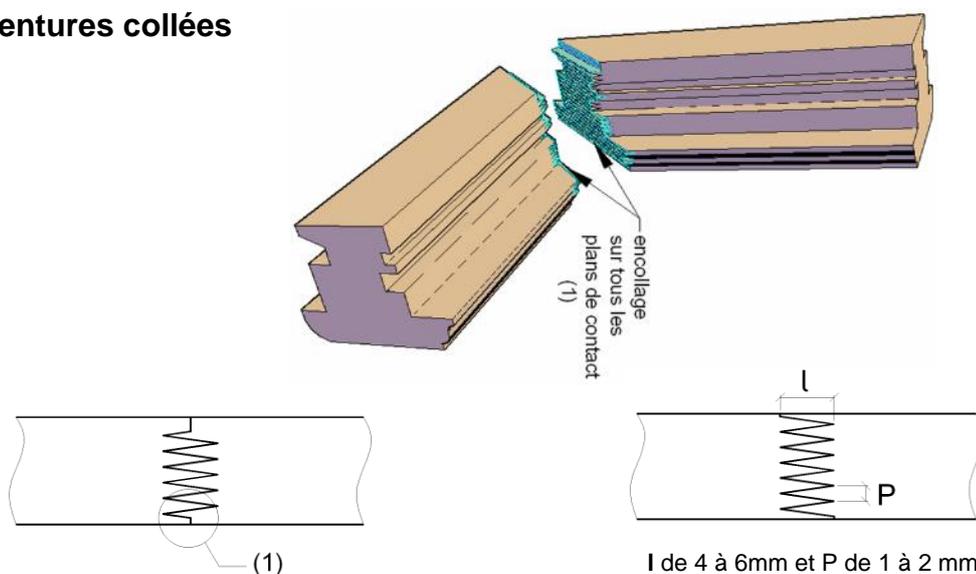
Solutions envisageables pour réduire le phénomène de retrait gonflement du bois :

- utilisation de carrelet lamellé collé pour réduire l'effet des charges hygrothermiques induites par l'exposition des 2 parements des châssis à des climats différents (ambiance intérieure sèche et extérieure humide par exemple)
- utilisation d'essence de bois ayant des caractéristiques de stabilité en service et des coefficients de retrait volumique adapté.
- sélectionner le type de débit du bois : quartier et faux quartier sont plus favorable que débit sur dosse (retrait radial total moyen est de 4% quand le retrait tangentiel total moyen est de 8%).
- mise en place de raidisseur ou de dispositif compensateur
- application d'un système de finition ayant un niveau élevé de protection hydrofuge.
- Rigidifier la liaison châssis – vitrage avec un système de vitrage collé.
- Protection de la menuiserie pour éviter des reprises d'humidité anormalement élevée lors de la phase chantier.
- Réduire la masse de bois du parement extérieure du châssis et/ou protection par capotage aluminium
- Jeux fonctionnels entre ouvrant et dormant réglables et adaptables

2.2. Techniques d'assemblages bois à coupe d'onglet

2 techniques sont identifiées :

• Micro-entures collées



Maintien mécanique et étanchéité réalisé par l'encollage avec colle D4 à joint mince sur les micro-entures. Complément d'étanchéité apporté par un solin de mastic silicone dans la jonction intérieure de l'angle.

Si micro-entures sur toute la surface : assemblage micro entures « auto serrant » après mise sous presse.
Si micro entures avec liaison plane aux extrémités (1) : assemblage n'est pas auto-serrant.

Figure 3 : descriptif de l'assemblage coupe d'onglet à micro-entures collées (extrait du guide ADANDRA)

C'est une technique d'assemblage non courante mais quelque peu utilisée pour des fenêtres bois (Belgique et France).

Tourillons collés et insert à queue d'aronde

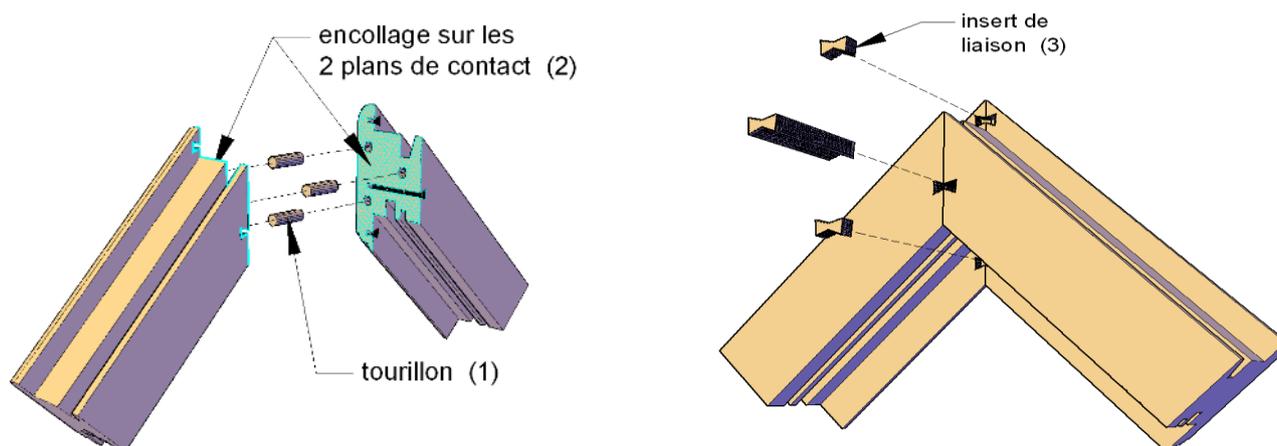


Figure 4 : descriptif de l'assemblage coupe d'onglet à tourillons collés et insert à queue d'aronde (extrait du guide ADANDRA)

C'est une technique d'assemblage non courante mais quelque peu utilisée pour les châssis bois de menuiseries mixte bois aluminium (Allemagne, Suisse, Italie, France).

Note : la veille réalisée n'a pas permis d'identifier de solutions d'assemblage à coupe d'onglet du type mécanique (vis ou insert associé à une pièce d'étanchéité).

3 Choix et descriptif des assemblages testés

Le comité de suivi de l'étude a souhaité prioriser les évaluations sur l'assemblage à micro-entures collées étant donné que cette solution est générique, au contraire de celle des inserts de liaison en queue d'aronde qui sont commercialisées par le seul fabricant Allemand Hoffmann. De plus cette solution serait transposable à toutes les tailles d'entreprises.

2 concepts d'assemblages de micro-entures collées commercialisés depuis de nombreuses années ont été identifiés et retenus par le comité de suivi. Les 2 fabricants menuisiers ont été sollicités pour réaliser les prototypes (achat financé par le CODIFAB) nécessaires au programme d'évaluation. L'identification des fabricants est confidentielle et reste au sein du comité du suivi de l'étude.

	CONCEPT 1	CONCEPT 2
Fabricant	Fabricant industriel Belge de fenêtre bois et mixte bois Environ 20000 châssis / an	Fabricant régional français de fenêtre bois et mixte bois Environ 6 000 châssis / an
Marché	Rénovation et neuf Assemblage coupe d'onglet depuis plus de 30ans	Rénovation et neuf Assemblage coupe d'onglet depuis plus de 30 ans
Bois	Très majoritairement Pin Sylvestre et ponctuellement en chêne KKK ou DKD Parement en débit sur quartier	Très majoritairement Pin Sylvestre et ponctuellement en chêne KKK ou DKD Parement en débit sur quartier

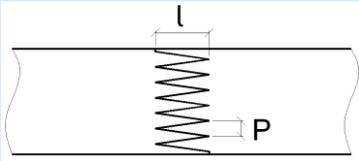
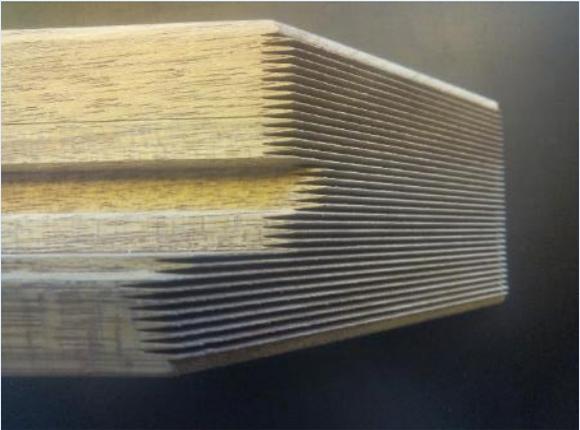
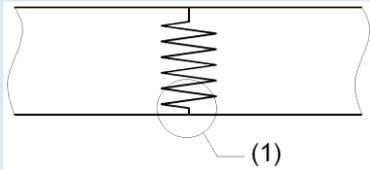
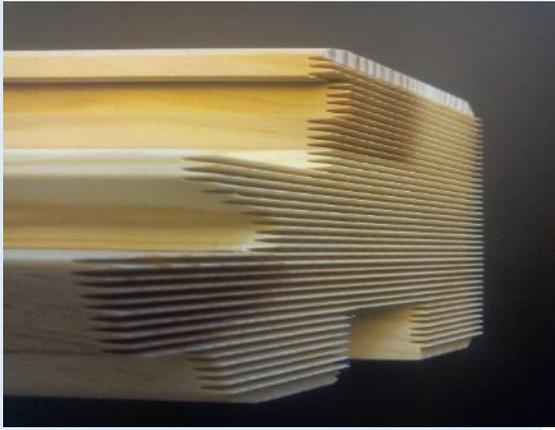
<p>Géométrie micro-entures</p>	 <p>largeur l de 4 à 6 mm pas P de 1 à 2 mm profil auto serrant</p> 	 <p>largeur l de 4 à 6 mm pas P de 1 à 2 mm profil non auto serrant</p> 
<p>Collage</p>	<p>Encollage double face au pinceau et à refus Colle vinylique à joint mince, classement D4 selon EN204.</p>	<p>Encollage simple face au pinceau et à refus Colle vinylique à joint mince, classement D4 selon EN204.</p>
<p>Fixation et Calfeutrement vitrage</p>	<p>Parclose intérieure Calage selon NF DTU 39 Calfeutrement par mastic silicone d'étanchéité extrudé dans une réservation.</p>	<p>Parclose intérieure Calage selon NF DTU 39 Calfeutrement par joint EPDM à sec.</p>
<p>Joint</p>	<p>Assemblage à joint marqué par un arrondi de rayon 4mm</p> 	<p>Assemblage à joint non marqué</p> 

Tableau 1 : descriptif des 2 concepts d'assemblages à micro-entures collés testés lors de l'étude

Hormis la différence au niveau du joint marqué ou non et du type de calfeutrement vitrage, les 2 concepts sont très proches l'un de l'autre.

4 Choix des protocoles et du programme d'évaluation

L'objectif est d'acquérir des connaissances sur le comportement aux variations d'humidité des 2 concepts de châssis bois retenus. Par souci budgétaire, Il s'agit d'une première approche, non exhaustive.

Pour ce faire, le programme expérimental retenu, basé sur les spécifications du §7.2.2.2 de la norme NF P 23 305, se limite à l'évaluation des caractéristiques de :

- rigidité,
- étanchéité à l'eau et
- stabilité en service

du système « assemblage & châssis » après exposition à différents protocoles de vieillissement climatique.

4.1 Protocole de stabilité diagonale des châssis sous charge

Il s'agit de l'évaluation standard pour des fenêtres bois à assemblage spécifique. Protocole selon Annexe F de la norme XP P 20 650-2
Spécifications selon §7.2.2.2 de la NF P 23 305.

Elle consiste à exposer, dans un climat humide (23°C 85 % HR sur 3 semaines) puis sec (23°C 30 %HR sur 3 semaines) le vantail de la fenêtre OF1 de dimension standardisée de 1200x1000mm (Hxl) avec une charge de 25 daN au battement. Il s'agit donc d'un essai sous climats successifs uniforme sous charge.

Le contrôle de l'influence climatique porte sur :

- la chute de nez
- l'étanchéité à l'eau du vantail par essai NF EN 1027
- ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis



Photo 1 : vantaux dans enceinte climatique (humide puis sec) avec charge verticale de 25daN au battement

4.2 Protocole d'exposition sous arrosage puis rayonnement IR

Il s'agit d'une exposition à des sollicitations hygrothermiques sévères qui simulent les effets de la pluie (arrosage pendant 2 semaines) puis du soleil (rayonnant infra-rouge avec rayonnement calorifique important pendant 2 semaines). Ce protocole de vieillissement, sous référence FCBA-LBO-PHY-003 est couramment utilisé pour évaluer la stabilité d'un système de bardage mais il n'est pas normalisé pour les fenêtres.

Exceptionnellement dans le cadre de cette étude, il a été décidé d'exposer l'un des châssis, ayant déjà subi l'essai de stabilité diagonale, à cette exposition sévère afin de constater le type de dégradation.

Seul le parement extérieur du châssis est soumis à l'arrosage + radiant IR alors que le parement intérieur reste dans l'ambiance du laboratoire d'essai.

Le contrôle de l'influence climatique porte sur :

- ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis
- Etanchéité à l'eau via essais « piscine » et « soufflette + eau savonneuse »

A titre de comparaison, un châssis à enfourchement traditionnel collé (enfourchement) a également été exposé à ce protocole (mais sans avoir subi le vieillissement de stabilité diagonale).



Photo 2 : Exposition du parement extérieur du châssis à un arrosage (15jours) puis à un rayonnement IR (15jours)

4.3 Protocole de climats successifs uniformes sans charge

L'évaluation de la stabilité diagonale ne pouvant être réalisée sur des vantaux de grandes dimensions, il est apparu prioritaire de soumettre également une PFOF2 de dimension 2270x2200 mm (Hxl) à un climat humide (23°C 85 % HR sur 3 semaines) puis sec (23°C 30 %HR sur 3 semaines) selon NF EN 1294.

La fenêtre est exposée au vieillissement climatique sans charge au battement.

Le contrôle de l'influence climatique porte sur :

- ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis
- la manœuvre du vantail selon NF EN 12046-1

- AEVM de la fenêtre selon FD DTU 36.5-P3
- Etanchéité à l'eau via essais « piscine » et « soufflette + eau savonneuse »

4.4 Programme d'évaluation et échantillonnage

Les échantillons ont été réalisés en chêne qui correspond à l'essence ayant le niveau de stabilité en service le plus défavorable commercialisé par les 2 fabricants.

A titre de comparaison vis-à-vis du niveau de protection apportée par la finition, il a été demandé de réaliser des échantillons en chêne brut (tel que défini dans le protocole d'essai de stabilité diagonale pour accélérer la reprise/séchage d'humidité) et en chêne lasuré 2 couches.

Les épaisseurs de gamme de fenêtre choisies sont :

- CONCEPT 1 : 59 mm sur ouvrant et dormant
- CONCEPT 2 : 68mm sur ouvrant et dormant

N°	Exposition climatique	CONCEPT 1	CONCEPT 2	Critères d'évaluation
1	Stabilité diagonale des vantaux climats successifs uniformes sous charge de 25daN	4 Châssis OF1 de 1200x1000mm (Hxl) dont : 3 châssis en chêne brut (ref. échantillons 818-1, 818-2 et 818-3) 1 châssis en chêne avec 2 couches de lasure (ref. échantillon 813-4)	4 Châssis OF1 de 1200x1000mm (Hxl) dont 3 châssis en chêne brut (échantillons 412-1, 412-2 et 413-3) 1 châssis en chêne avec 2 couches de lasure (échantillons 413-4)	chute de nez \leq 2mm étanchéité à l'eau initial et final (NF EN 1027) : pas d'infiltration jusqu'à 500 Pa. ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis
2	Arrosage et rayonnement IR	Échantillon 818-1 ayant déjà subi l'exposition climatique n°1		ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis - essais « piscine 24h » et « soufflette+eau savonneuse » : Pas d'infiltration d'eau
3	climats successifs uniformes sans charge	1 châssis PFOF2 de 2270x2200mm (Hxl) avec le vantail principal en chêne brut et le vantail secondaire en chêne lasuré 2 couches (ref. échantillon 465)		ouverture/déformation de l'assemblage et/ou châssis manœuvre du vantail selon NF EN 12046-1 : classe 1 AEVM : E*7B – V*2 – classe 2 en mécanique essais « piscine 24h » et « soufflette+eau savonneuse » : Pas d'infiltration d'eau

Tableau 2 : Synthèse du programme d'évaluation et d'échantillonnage

5 Résultats des évaluations

5.1 Comportement de la stabilité diagonale des vantaux

- Résultats pour le **CONCEPT 1** :

Rapport d'essai n° 404/14/403-1 en annexe

CONCEPT 1				
Echantillon	Etanchéité à l'eau initiale (EN1027)	« Chute de nez » résiduelle à la fin des climats après retrait des charges et stabilisation	Etanchéité à l'eau finale	Constat sur assemblage et châssis
818-1 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	0.99 mm	Pas de pénétration d'eau	Pas d'ouverture du joint d'assemblage des déformations sont constatées sur les montants et traverses (voir tableau 4)
818-2 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	1.35 mm	Pas de pénétration d'eau	
818-3 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	0.45 mm	Pas de pénétration d'eau	
818-4 (chêne lasuré)	Pas de pénétration d'eau	0.45 mm	Pas de pénétration d'eau	

Tableau 3 : Résultat de stabilité diagonale du concept 1

Les 4 échantillons d'assemblage du CONCEPT 1 restent rigides, étanches et avec une chute de nez acceptable après essai de stabilité diagonale des vantaux.

Les vantaux se déforment suivant:

CONCEPT 1 :	Mesures prises sur les vantaux (hxl) : 1120 mm x 920 mm	
	Après climat humide (23°C / 85% HR) Humidité du bois stabilisée à 14% à 15%	Après climat sec (23°C / 30% HR) Humidité du bois stabilisée à 8%
	Sur- largeur au centre (mm) Effet « barrique »	Sous-largeur au centre (mm) Effet « As de carreau »
818-1 (chêne brut)	+ 1,00 mm environ	- 1,02 mm
818-2 (chêne brut)	+ 1,00 mm environ	- 1,32 mm
818-3 (chêne brut)	+ 0,50 mm environ	- 1,09 mm
818-4 (chêne lasuré)	+ 0,50 mm environ	- 1,63 mm

Tableau 4 : Déformation des vantaux du concept 1 après climat humide puis sec

Suite aux déformations constatées sur les châssis, il a été décidé de réaliser un essai de manœuvre (NF EN 12046-1) et de résistances mécaniques (NF EN 14608 et NF EN 14 609) sur l'échantillon 818-3. Voir résultat d'essai en annexe 2 du rapport n° 404/14/403-1.

Echantillon	Effort de manœuvre	Charge verticale ou « contreventement »	Torsion statique
CONCEPT 1 818-3 (chêne brut) Ayant déjà subi essai de stabilité diagonale	Classe 1 (initial et final)	Classe 2 	Classe 2 
Aucun dommage, ni de déformation qui rendrait la fenêtre inutilisable			

Tableau 5 : Résultat de manœuvre et de résistances mécaniques d'un échantillon Concept 1 ayant déjà subi la stabilité diagonale

- **Résultats pour le CONCEPT 2 :**

Rapport d'essai n° 404/14/403-2 en annexe

Echantillon	Etanchéité à l'eau initiale (EN1027)	CONCEPT 2		
		« Chute de nez » résiduelle à la fin des climats après retrait des charges et stabilisation	Etanchéité à l'eau finale	Constat sur assemblage et châssis
412-1 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	0.51 mm	Pas de pénétration d'eau au niveau des angles	Pas d'ouverture du joint d'assemblage
412-2 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	1.12 mm	Il a été observé sur certains vantaux des pénétrations d'eau au niveau de la parclose en traverse basse	des déformations sont constatées sur les montants et traverses (voir tableau 7)
413-3 (chêne brut)	Pas de pénétration d'eau	0.88 mm		
414-4 (chêne lasuré)	Pas de pénétration d'eau	0.52 mm		

Tableau 6 : Résultat de stabilité diagonale du concept 2

Les vantaux se déforment suivant:

CONCEPT 2 : Mesures prises sur les vantaux (hxl) : 1122 mm x 925 mm		
	Après climat humide (23°C / 85% HR) Humidité du bois stabilisée à 14% à 15%	Après climat sec (23°C / 30% HR) Humidité du bois stabilisée à 8%
	Sur- largeur au centre (mm) Effet « barrique »	Sous-largeur au centre (mm) Effet « As de carreau »
412-1 (chêne brut)	+ 1,45 mm environ	- 0,00 mm
412-2 (chêne brut)	+ 2,20 mm environ	- 0,25 mm
413-3 (chêne brut)	+ 0,85 mm environ	- 0,85 mm
414-4 (chêne lasuré)	+ 1,10 mm environ	- 0,45 mm

Tableau 7 : Déformation des vantaux du concept 2 après climat humide puis sec

Pour déterminer la cause des pénétrations d'eau constatées sous parclose en traverse basse, des essais d'étanchéité à l'eau complémentaires ont été réalisés sur l'échantillon 413-3.

CONCEPT 2 : Echantillon 413-3 (Chêne brut) après stabilité diagonale		
<p>Essai d'étanchéité à l'eau « piscine 24h »</p> <p>Immersion de la face du vitrage extérieure posé à plat pendant 24h</p>	<p>Pas de pénétration d'eau au niveau des assemblages d'angles.</p> <p>Pénétration d'eau sous parclose.</p>	
<p>Démontage du vitrage</p>	<p>Constat : Non présence d'un calfeutrement par mastic en pied de parclose et présence d'infiltration d'eau au niveau du calfeutrement vitrage extérieur par joint EPDM à sec.</p>	
<p>Essai d'étanchéité à l'eau « soufflette + eau savonneuse »</p>	<p>Pas de pénétration d'eau au niveau des 4 assemblages.</p> <p>Ouverture à 1 angle de 0.5mm coté intérieur (retrait du bois)</p>	

Tableau 8 : Vérification complémentaire de l'étanchéité à l'eau des angles du concept 2

Les 4 échantillons d'assemblage du CONCEPT 2 restent rigides, étanches et avec une chute de nez acceptable après essai de stabilité diagonale des vantaux. La pénétration d'eau constatée sous parclose est due à une perte d'étanchéité du calfeutrement vitrage extérieur suite aux vieillissements climatiques.

5.2 Comportement sous arrosage puis rayonnement IR

L'échantillon 818-1, après évaluation en stabilité diagonale, a été exposé au protocole d'arrosage puis rayonnement IR.

Rapport d'essai n° 404/14/403-1 en annexe 1.

CONCEPT 1 :		Mesures prises sur le vantail (hxl) : 1120 mm x 920 mm
	<p>Après 2 semaines d'arrosage Humidité du bois stabilisée à 20% à 22% environ</p> <p>Sur- largeur au centre (mm)</p> <p>Effet « tonneau »</p>	<p>Après 2 semaines de rayonnement IR au panneau radiant Humidité du bois stabilisée à 5% environ</p> <p>Sous-largeur au centre (mm)</p> <p>Effet « As de carreau »</p>
<p>818-1 (chêne brut)</p> <p>Ayant déjà subi essai de stabilité diagonale</p>	<p>+ 1,00 mm environ (rien d'autre à signaler)</p> <p><u>Constat :</u> La sur-largeur n'est pas supérieure à celle constatée après le climat humide (23°C / 85% HR) malgré une reprise d'humidité d'au moins 5% (de 15% à 20%).</p>	<p>Après 2 jours de chauffe : - 0,69 mm et on constate face exposée au panneau radiant une ouverture (sur les 2 premières dentures) des assemblages d'angle de 5 à 6 mm pour le dormant, de 2 mm environ pour l'ouvrant</p>  <p>Sur le parement intérieur (face non exposée au vieillissement), on ne constate pas d'ouverture d'angle</p> 

Tableau 9 : Constat sur châssis concept 1 après arrosage puis rayonnement IR

Suite à l'essai arrosage+ IR, une vérification de l'étanchéité à l'eau de l'échantillon 818-1 a été réalisée :

CONCEPT 1 : Echantillon 818-1 (Chêne brut) après stabilité diagonale puis « arrosage + IR »		
<p>Essai d'étanchéité à l'eau « piscine 24h »</p> <p>Immersion de la face du vitrage extérieure posé à plat pendant 24h</p>	<p>Pas de pénétration d'eau lors de l'essai,</p> <p>Pas de constat de pénétration d'eau au niveau de la feuillure à verre (constat après démontage du vitrage)</p>	
<p>Essai d'étanchéité à l'eau « soufflette + eau savonneuse »</p> <p>Réalisé sur les angles après démontage du vitrage</p>	<p>Pas de pénétration d'eau au niveau des 4 angles malgré l'ouverture du joint sur le parement extérieur,</p> <p>(malgré le retrait du bois sur les 2 premières dentures du parement extérieur)</p> <p>Pas d'ouverture des micro-entures au niveau de la feuillure à verre</p> <p>Délamination du lamellé collé entraînant une pénétration d'eau. L'apparition de ce défaut dénote le niveau très sévère du vieillissement réalisé.</p>	  

Tableau 10 : Vérification de l'étanchéité à l'eau du vantail concept 1 après arrosage et rayonnement IR

L'assemblage d'angle (ainsi que le calfeutrement vitrage) de l'échantillon 818-1 du CONCEPT 1 reste étanche malgré l'ouverture du joint coté extérieur.

A titre comparatif, un châssis OF1 à assemblage traditionnel collé a été également testé (pour la 1^{ère} fois selon ce protocole).

Mesures prises sur le châssis (hxl) : 1200 mm x 901 mm		
	Après 2 semaines d'arrosage Humidité du bois stabilisée de 20% à 25%	Après 2 semaines de rayonnement IR au panneau radiant Humidité du bois stabilisée à 5% environ
Châssis OF1 en chêne peint et assemblage traditionnel collé par enfournement	Sur largeur homogène entre montant de +3mm environ	ouverture des assemblages d'angle de 0.5 à 1mm environ
		

Tableau 11 : Constat sur châssis à assemblage traditionnel (enfournement collé) après arrosage puis rayonnement IR

5.3 Comportement sous climats successifs uniformes sans charge

Rapport d'essai n° 404/14/403-3 en annexe

Echantillon	Domage sur les angles	Déformation châssis
CONCEPT 1 1 châssis PFOF2 de 2270x2200mm (Hxl) avec le vantail principal en chêne brut et le vantail secondaire en chêne lasuré 2 couches référence 465	Aucune ouverture d'angle constatée.	Déformation longitudinale de face des montants des ouvrants et dormants (flèche perpendiculaire au plan du vitrage) : <ul style="list-style-type: none"> montant crémone avec une flèche de 5 à 8 mm (creux coté extérieur) montant palier avec une flèche de 8.3mm (creux coté extérieur) montant dormant avec une flèche de 4 à 6mm (creux coté extérieur) 

Effet « tonneau » et « as de carreau » constaté après chacun des 2 climats (voir tableau ci-après)

Tableau 12 : Constat sur PFOF2 concept 1 après climats successifs uniforme

CONCEPT 1	Mesures prises sur les vantaux (hxl) : 2195 mm x 1073 mm et sur le dormant	
	Après climat humide (23°C / 85% HR) Humidité du bois stabilisée à 14% à 15%	Après climat sec (23°C / 30% HR) Humidité du bois stabilisée à 8%
	Sur- largeur au centre (mm) Effet « tonneau »	Sous-largeur au centre (mm) »As de carreau «
Vantail principal (non peint)	+1,25	-0,15
Vantail semi fixe (peint)	+1,30	-0,60
Dormant(peint) Hxl : 2,30 x 2,20(vantaux non montés sur le dormant, dormant libre)	+4,77	-0,30

Tableau 13 : Déformation des châssis PFOF2 concept 1 après climats successifs uniforme

Suite au vieillissement climatique, un essai AEVM a été réalisé.

CONCEPT 1 : Echantillon 465 ayant déjà subi essai de climats successifs uniforme		
Effort de manœuvre	Non classé car le vantail principal n'était pas manœuvrable en actionnant simplement la poignée. Il a été nécessaire de fermer la menuiserie avec une personne actionnant la poignée et l'autre poussant le montant cintré.	
Perméabilité à l'air	Classe 4 A*4	
Etanchéité à l'eau	Classe 4B E*4B Pénétration d'eau à partir du palier à 200Pa au niveau de la parclose basse du vantail et en pied du battement central Aucune pénétration d'eau constatée au niveau des assemblages à coupe d'onglet.	
Résistance au vent	Classe B2 V*B2 Pas de dommage constaté	
Charge verticale ou « contreventement » Et Torsion statique	Classe 2 Pas de dommage constaté	

Tableau 14 : résultat essai AEVM sur PFOF2 concept 1 après climats successifs uniforme

Pour déterminer la cause des pénétrations d'eau constatées sous parclose en traverse basse, un essai d'étanchéité à l'eau « piscine 24h » a été réalisé.

CONCEPT 1 : Echantillon 465 après climats successifs uniforme et AEVM		
Essai d'étanchéité à l'eau « piscine 24h »	Pas de pénétration d'eau : <ul style="list-style-type: none"> ni au niveau des assemblages d'angles, ni sous parclose 	
Immersion de la face du vitrage extérieure posé à plat pendant 24h	Après démontage du vitrage, on constate la non présence de mastic en pied de parclose.	
Puis démontage du vitrage	L'infiltration d'eau détectée en AEV provient d'une remontée d'eau par les trous de drainage puis passage sous parclose.	

Tableau 15 : Vérification complémentaire sur l'étanchéité à l'eau du vantail

L'assemblage d'angle (ainsi que le calfeutrement vitrage) de l'échantillon 465 du CONCEPT 1 reste rigide et étanche. Les déformations longitudinales de face des montants empêchent la manœuvre des vantaux.

6 Avis et interprétation

6.1 Rigidité mécanique et étanchéité à l'eau de l'assemblage testé

Les résultats obtenus permettent de conclure que l'assemblage à micro-entures coupe d'onglet testé, du fait de sa surface importante de collage, est très rigide (autant qu'un assemblage traditionnel collé du type enfourchement) et reste étanche sur la plage d'humidité du bois de 8% à 15%.

Assemblage d'angle à micro-entures à coupe d'onglet testé (selon descriptif tableau 1)	
RIGIDITE MECANIQUE	SATISFAISANT pour une plage d'humidité du bois variant entre 8% et 15%
ETANCHEITE A L'EAU	

Tableau 16 : Avis sur rigidité mécanique et étanchéité à l'eau de l'assemblage testé

Pour un retrait du bois rapide à des humidités inférieures à 8% après un gonflement à 20% (suite vieillissement arrosage et rayonnement IR), le collage des micro-entures extérieures (les plus exposées) n'a pas résisté, générant une ouverture significative de la coupe d'onglet. Pour autant l'assemblage est resté étanche. A noter que l'assemblage traditionnel collé n'a également pas résisté (ouverture du joint et défaut d'étanchéité à l'eau) à ce vieillissement qui est certainement trop contraignant pour juger de son aptitude à l'usage.

6.2 Stabilité diagonale des vantaux

Les résultats obtenus permettent de conclure que la stabilité diagonale des vantaux testés (de calage vitrage conforme NF DTU 39) satisfait aux critères de chute de nez ($\leq 2\text{mm}$ maximum).

Assemblage d'angle à micro-entures à coupe d'onglet testé (selon descriptif tableau 1)	
STABILITE DIAGONALE des vantaux	SATISFAISANT pour une plage d'humidité du bois variant entre 8% et 15%

Tableau 17 : Avis sur stabilité diagonale des vantaux

6.3 Déformation et manœuvrabilité du châssis

Les résultats des essais ont mis en évidence 2 typologies de déformation sur le châssis :

- Déformation du châssis dans le plan du vitrage : effet « as de carreau » (retrait du bois) ou « barrique » (gonflement du bois).
- Déformation longitudinale de face (perpendiculaire au vitrage) des montants

▪ **Déformation du châssis dans le plan du vitrage**

Etant donné que l'assemblage reste rigide, les variations dimensionnelles du bois se traduisent pas des déformations des châssis vitrés appelées effet « as de carreau » (retrait du bois) ou « barrique » (gonflement du bois).

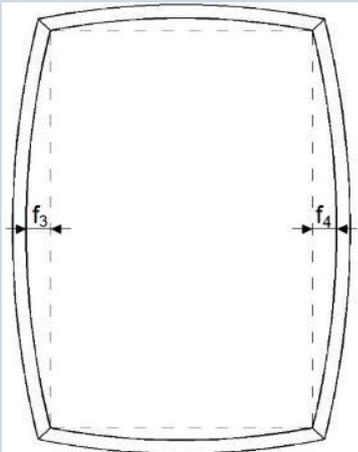
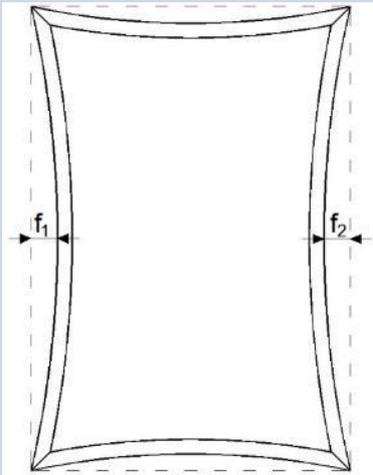
	Après climat humide (23°C / 85% HR) Humidité du bois stabilisée à 14% à 15%	Après climat sec (23°C / 30% HR) Humidité du bois stabilisée à 8%
	Sur- largeur au centre (mm) Effet « tonneau »	Sous-largeur au centre (mm) »As de carreau «
Moyenne obtenue lors des essais	SL = 1.07 mm	SL = - 0.82
	 SL = f3 + f4	 SL = f1 + f2

Tableau 18 : Moyenne des déformations de châssis testés

L'humidité des bois étant stabilisé à 12% environ avant le climat humide, on peut, de manière approchée déduire que la sur-largeur ou sous-largeur imprimée à un châssis est de l'ordre de 0.3mm pour 1 point de variation d'humidité du bois.

En première approche : $SL(\text{en mm}) = 0.3 \times \Delta(H\%)$

Ce type de déformation, directement imputable au concept d'assemblage à coupe d'onglet, n'a pas entraîné de défaut de manœuvre entre châssis ouvrant et dormant (jeu fonctionnel de 4mm) pour un bois variant de $\pm 3\%$ par rapport à une humidité initiale de 12% environ. Le respect du calage du vitrage (NF DTU 39) limite probablement les déformations du châssis.

▪ **Déformation longitudinale de face des montants**

Suite aux climats successifs uniformes, une déformation longitudinale de face (flèche perpendiculaire au vitrage) de 5 à 8mm des montants (ouvrant et dormant) de longueur de 2.20m ont empêché la manœuvre des vantaux.

Après vérification dans un deuxième temps, il a également été constaté des déformations longitudinales (de 1 à 2 mm sur 1.20m de montant) sur quelques montants des échantillons du CONCEPT 1 testés en stabilité diagonale.

Traditionnellement, ce type de déformation apparait suite à un gradient d'humidité du bois trop élevé dans l'épaisseur du montant. Ce gradient d'humidité provient soit d'une

exposition sous climats différents des 2 parements de la menuiserie, soit d'une problématique de séchage du bois avant fabrication.

Mais il n'est pas exclu de penser que l'assemblage coupe d'onglet soit beaucoup plus sensible, qu'un assemblage à coupe droite, aux contraintes d'humidité accumulées dans le bois (séchage du bois, climats successifs uniformes ou différentiels) en provoquant également des déformations longitudinales de face des montants.

Pour une flèche de déformation longitudinale de face supérieure à 1.5 à 2mm/m, la manœuvre des vantaux ne sera vraisemblablement pas satisfaisante car même en cas de possibilité de réglage des organes de rotation, le niveau de perméabilité à l'air serait dégradé.

Assemblage d'angle à micro-entures à coupe d'onglet testé (selon descriptif tableau 1)	
DEFORMATION DU CHASSIS (calage NF DTU 39)	MANŒUVRE VANTAIL SATISFAISANTE Pour un bois variant de $\pm 3\%$ par rapport à une humidité initiale de 12% environ
DEFORMATION LONGITUDINALE DE FACE DES MONTANTS (grande longueur > 1.20m)	MANŒUVRE VANTAIL NON SATISFAISANTE Pour un bois variant de $\pm 3\%$ par rapport à une humidité initiale de 12% environ <i>Note : il subsiste un doute si ce défaut est directement imputable à l'assemblage à coupe d'onglet</i>

Tableau 19 : Manœuvrabilité des châssis en fonction des déformations constatées

6.4 Perspectives d'aptitude à l'usage

En première approche, cette étude expérimentale valide que la détermination de l'aptitude des assemblages d'angle à micro-entures en fenêtre bois passe principalement par la connaissance du comportement en déformation du châssis aux variations d'humidité du bois.

En l'occurrence, pour des châssis de dimensions maximum 1.20m x 1.00m (Hxl), l'aptitude à l'usage de l'assemblage testé (concept micro-entures collées défini au tableau 1) apparaît satisfaisante sous condition de variations d'humidité du bois maîtrisées entre 8% et 15% ($\pm 3\%$ par rapport à une humidité initiale de 12% environ).

Le seul échantillon de grande dimension (hauteur de 2.20m) testé lors de cette étude expérimentale a donné des déformations longitudinales de face non compatibles avec la manœuvre des vantaux. Il conviendrait d'approfondir les causes de cette problématique en réalisant des évaluations complémentaires (essais climatiques sur un échantillonnage plus important) afin de déterminer s'il existe un lien direct avec l'assemblage à coupe d'onglet testé.

L'importante variabilité de l'humidité du bois d'un élément de fenêtre en fonction des conditions climatiques saisonnières rend la détermination de l'aptitude à l'usage de cet assemblage très sensible. Si la plage de 8% à 15% d'humidité du bois apparaît compatible avec une fenêtre bois mise en œuvre en condition climatique « Modérée » définies selon

figure 2 de la NF P 23 305 (ci-après), l'humidité d'éléments en bois de fenêtre peut être temporairement hors de cette plage pour des conditions climatiques « Sèches » et « Humides ». De plus, le respect des conditions de protection des fenêtres bois contre des reprises d'humidité anormalement élevées ou basses en phase chantier est primordial.



Figure 5 : Répartition géographique des 3 zones climatiques (extrait de la NF P 23 305)

L'utilisation de cet assemblage est d'autant plus pertinente pour des châssis bois protégé de variations d'humidité importantes (fenêtre mixte bois-aluminium, fenêtre VEC type LumiVec accessible sous <http://www.fcba.fr/actualite/lumivec-la-fenetre-bois-made-fcba-en-video>).

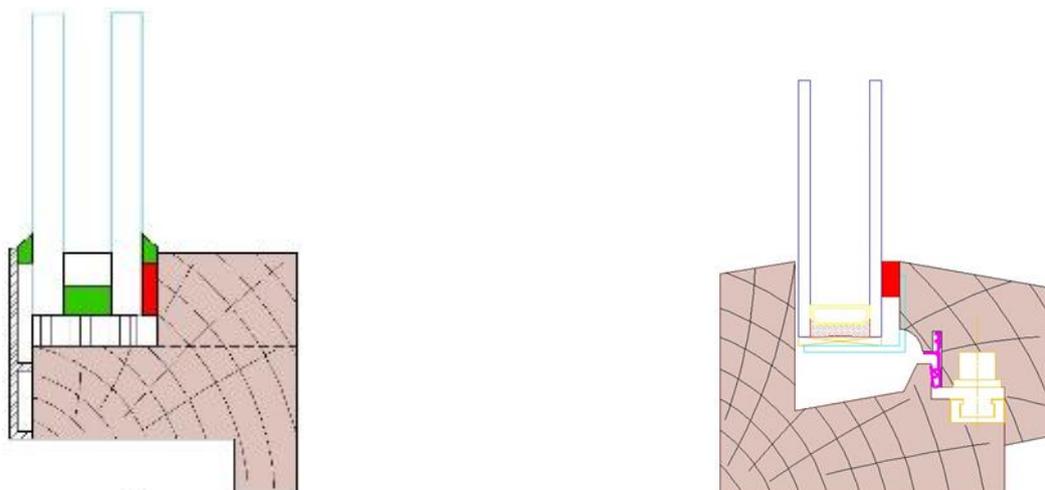


Figure 6 : Concepts de fenêtre à ouvrant caché et vitrage extérieur collé limitant la l'humidification du châssis ouvrant

7 Conclusion

Les résultats obtenus permettent de conclure que l'assemblage coupe d'onglet par micro-entures testé (descriptif détaillé au tableau 1), du fait de sa surface importante de collage, est **très rigide** (autant qu'un assemblage traditionnel collé du type enfourchement) et reste **étanche sur la plage d'humidité du bois de 8% à 15%**.

Dans des conditions de variations d'humidité sévères, un séchage du bois rapide à des humidités inférieures à 8% après un gonflement à 20% (suite vieillissement arrosage et rayonnement IR), le joint de colle des micro-entures extérieures (les plus exposées) a cédé, générant une ouverture significative de la coupe d'onglet. Pour autant l'assemblage est resté étanche à l'eau au contraire de l'assemblage traditionnel collé également testé.

En première approche, cette étude expérimentale valide que la détermination de l'aptitude des assemblages d'angle à micro-entures en fenêtre bois passe principalement par la connaissance du comportement en déformation du châssis (effet « barrique » ou effet « as de carreau ») aux variations d'humidité du bois.

En l'occurrence, pour des châssis de dimensions maximum 1.20m x 1.00m (HxI), l'aptitude à l'usage de l'assemblage testé apparaît satisfaisante (stabilité diagonale des vantaux et manœuvre) sous condition de variations d'humidité du bois maîtrisées entre 8% et 15% ($\pm 3\%$ par rapport à une humidité initiale de 12% environ).

Le seul échantillon de grande dimension (hauteur de 2.20m) testé lors de cette étude expérimentale a donné des déformations longitudinales de face non compatibles avec la manœuvre des vantaux. Il conviendrait d'approfondir les causes de cette problématique normalement liée à un gradient d'humidité du bois trop élevé dans l'épaisseur du montant. Ce gradient d'humidité provient soit d'une exposition sous climats différents des 2 parements de la menuiserie, soit d'une problématique de séchage du bois avant fabrication. **Mais il n'est pas exclu d'envisager que l'assemblage coupe d'onglet soit beaucoup plus sensible, qu'un assemblage à coupe droite, aux contraintes d'humidité accumulées dans le bois (séchage du bois, climats successifs uniformes ou différentiels) en provoquant également des déformations longitudinales de face des montants.**

L'importante variabilité de l'humidité du bois d'un élément de fenêtre en fonction des conditions climatiques saisonnières complique la détermination de l'aptitude à l'usage de cet assemblage. Si la plage de 8% à 15% d'humidité du bois est compatible avec une fenêtre bois mise en œuvre en condition climatique « Modérée » définies selon figure 2 de la NF P 23 305 (ci-après), l'humidité du bois serait ponctuellement hors de cette plage pour des conditions climatiques « Sèches » et « Humides ».

De plus, le respect des conditions de protection des fenêtres bois contre des reprises d'humidité anormalement élevées ou basses en phase chantier apparaît primordial.

Pour cet assemblage, un débouché possible serait son utilisation sur des concepts de fenêtres mixte bois aluminium et à ouvrant caché (à Vitrage Extérieur Collé ou non) qui permettent de limiter l'humidification du bois (car alors localisé en zone « non mouillable » du châssis).

Les assemblages à coupe d'onglet doivent continuer à faire l'objet d'évaluations spécifiques pour démontrer leur aptitude à l'usage.

8 Remerciements

FCBA remercie le CODIFAB (Comité professionnel de développement des industries françaises de l'ameublement et du bois) pour le financement de cette étude, ainsi que les organisations professionnelles qui se sont impliquées dans ce travail : CAPEB, FFB, UFME.

Un certain nombre de collaborateurs FCBA se sont impliqués dans cette étude et plus particulièrement : Thierry Dassié, Didier Fillit et Marc Sigrist.

9 Références

Rapport d'étude ADANDRA - *Etat des lieux sur les assemblages d'angles pour les menuiseries extérieures* – réalisée en 2014 (rapport téléchargeable via [guide ADANDRA sur assemblages fenêtre bois](#)),

Cahier n°132 du CTBA, Les assemblages mécaniques de fenêtres – conception et solutions – septembre 1990,

NF P 23-305, Menuiserie en Bois – Spécifications techniques des fenêtres, portes fenêtres, portes extérieures et ensemble menuisés en bois (indice de classement P23-305),

NF EN 14351-1+A1, Fenêtres et portes – Norme produit, caractéristiques de performance –Partie 1 : Fenêtres et blocs portes extérieurs pour piétons sans caractéristiques de résistance au feu et/ou dégagement de fumée (indice de classement P20-500-1),

FD DTU 36.5, mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures – mémento de choix en fonction de l'exposition,

NF DTU 39, travaux de vitrerie - miroiterie

XP P 20 650-2, fenêtres, portes fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – pose de vitrage minéral en atelier – partie 2 : exigences et méthodes d'essais spécifiques au bois.

NF EN 1027, fenêtres et portes – étanchéité à l'eau – méthode d'essai

NF EN 1294, vantaux de portes – détermination du comportement aux variations d'humidité entre des climats successifs uniformes

NF EN 12046-1, Forces de manœuvre – méthode d'essai – partie 1 : fenêtres

NF EN 14608, fenêtres – détermination de la résistance à une charge verticale (contreventement)

NF EN 14609, fenêtres – détermination de la résistance à la torsion statique

10 Annexes au rapport d'étude

Rapport d'essai n°404/14/403-1

Rapport d'essai n°404/14/403-2

Rapport d'essai n°404/14/403-3