



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Déformation des Façades à Ossature Bois

Compatibilité des déformations entre FOB et revêtements extérieurs

Revêtement HPL

Date : Avril 2024

Rédaction : Maxime FIABANE et Julien LAMOULIE – FCBA



Avec le soutien de

Sommaire

1	Introduction	3
2	Maquettes avec revêtement HPL	4
2.1	Maquette avec baie – fabrication.....	4
2.2	Maquette croix de jonction - fabrication.....	7
3	Résultats d’essais HPL	9
3.1	Maquette avec baie	9
3.1.1	Essai de vieillissement mécanique cyclique par une mise en parallélogramme	9
3.1.2	Essai de flexion 4 points	9
3.1.3	Essai de résistance à la pluie battante	10
3.2	Maquette en croix de jonction.....	14
3.2.1	Essai de vieillissement mécanique cyclique par cisaillement.....	14
3.2.2	Essai de résistance à la pluie battante	14
4	Analyse	17
4.1	Maquette avec baie	17
4.1.1	Interprétation de l’essai de mise en parallélogramme	17
4.1.2	Interprétation de l’essai de flexion 4 points	17
4.1.3	Interprétation de l’essai de résistance à la pluie battante.....	18
4.2	Maquette croix de jonction.....	20
4.2.1	Interprétation de l’essai de cisaillement.....	20
4.2.2	Interprétation de l’essai de résistance à la pluie battante.....	20
5	Conclusion	22

1 Introduction

Le contexte et les objectifs du projet, ainsi que le protocole d'essai et la description des maquettes support de bardage sont décrits dans le rapport *Déformation des Façades à Ossature Bois – Compatibilité des déformations entre FOB et revêtements extérieurs – Rapport final – Généralités et protocole*.

Le présent rapport traite des résultats, de l'analyse et interprétation des résultats d'essais pour le revêtement HPL relevant du NF DTU 45.4.

2 Maquettes avec revêtement HPL

Cette partie présente le détail de mise en œuvre du revêtement HPL sur les maquettes.

2.1 Maquette avec baie – fabrication

La fabrication de la maquette avec baie et revêtement HPL est réalisée suivant les plans suivants (Figure 1 à Figure 5) :

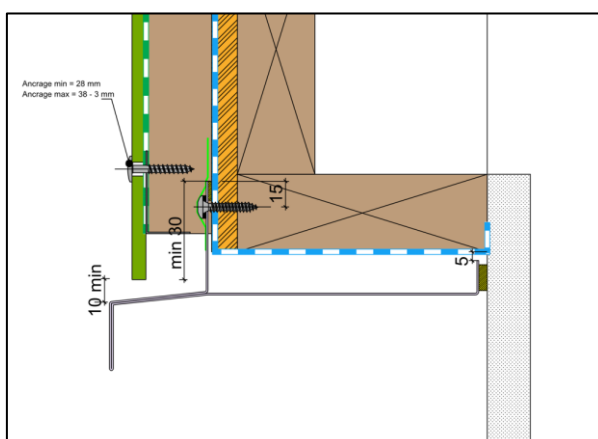


Figure 1 : chevêtre / linteau – revêtement HPL

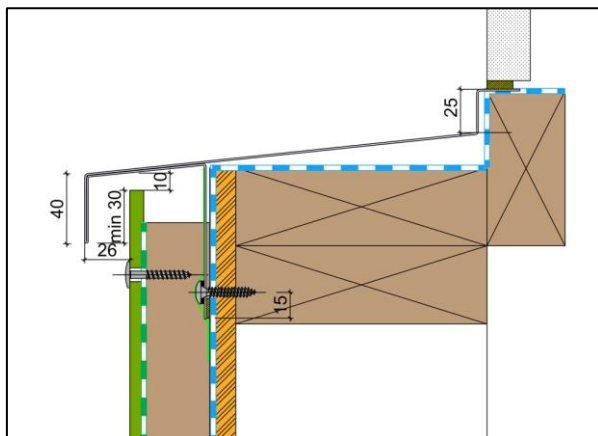


Figure 2 : chevêtre / appui – revêtement HPL

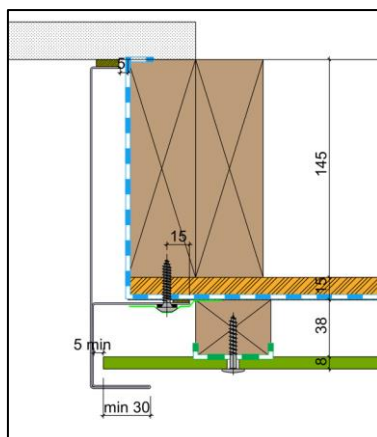


Figure 3 : Coupe horizontale – revêtement HPL

Le calepinage prévu sur les maquettes avec revêtement HPL est réalisé de la manière suivante :

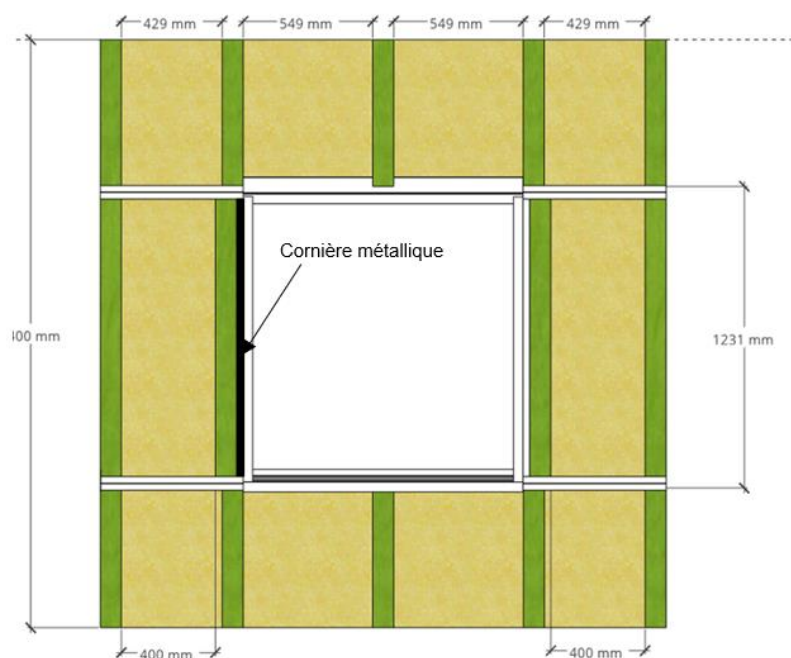


Figure 4 : Position et cotation des tasseaux supports de revêtement

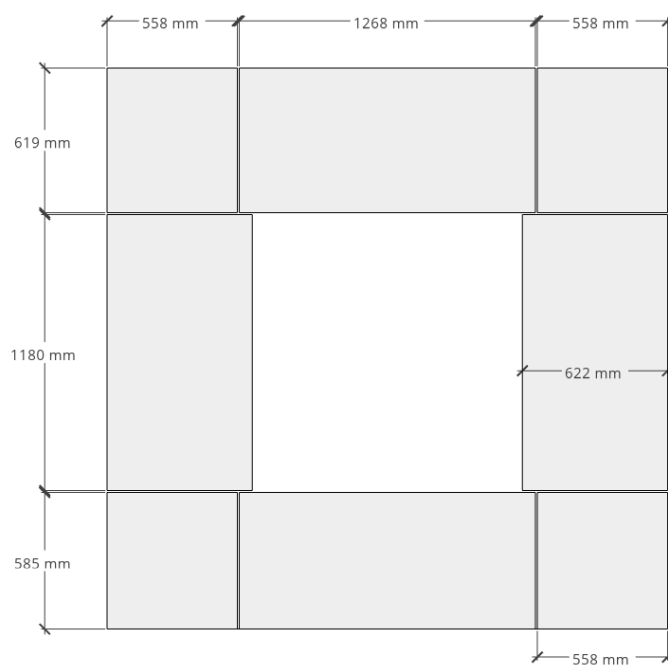


Figure 5 : Dimensions des Panneaux HPL

Les photos ci-dessous (Photo 1 à Photo 4) illustrent la fabrication de la maquette baie et revêtement HPL est détaillée dans le rapport d'essais n°403/23/0508/A-2-v1.



Photo 1 : Fixation du rail métallique



Photo 2 : Profilé en aluminium en forme d'oméga pour les jonctions horizontales

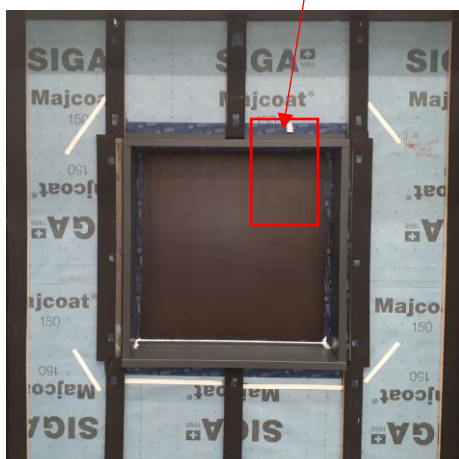


Photo 3 : Fixations des tasseaux bois



Photo 4 : Maquette FOB avec baie et revêtement extérieur en panneaux HPL

2.2 Maquette croix de jonction - fabrication

La fabrication de la maquette croix de jonction et revêtement HPL est réalisée suivant les plans suivants (Figure 6 et Figure 7) :

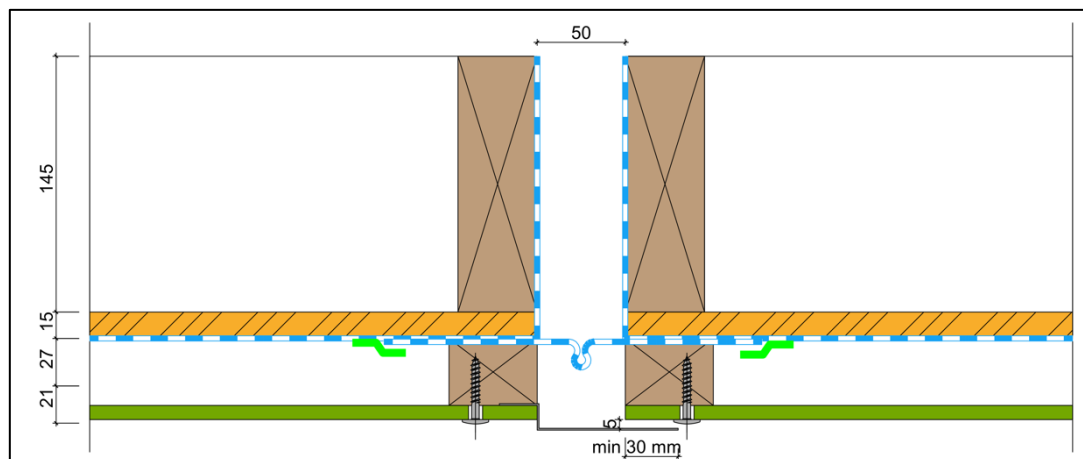


Figure 6 : Coupe horizontale maquette croix de jonction – HPL

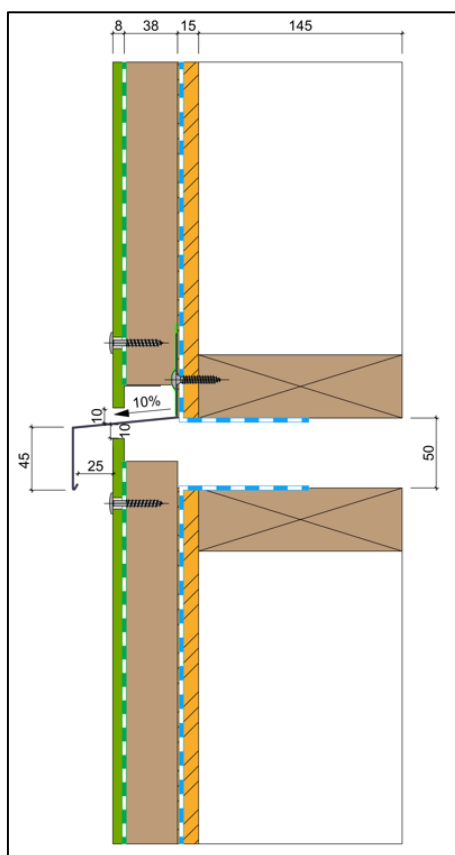


Figure 7 : Coupe verticale maquette croix de jonction – HPL

Les photos ci-dessous (Photo 5 à Photo 7) illustrent la fabrication de la maquette en croix de jonction et revêtement HPL est détaillée dans le rapport d'essais n°403/23/0508/A-3-v1.



Photo 5 : Pose des tasseaux bois au droit des montants et de la bavette



Photo 6 : Eclisse pour assurer la continuité de l'étanchéité de la bavette horizontale

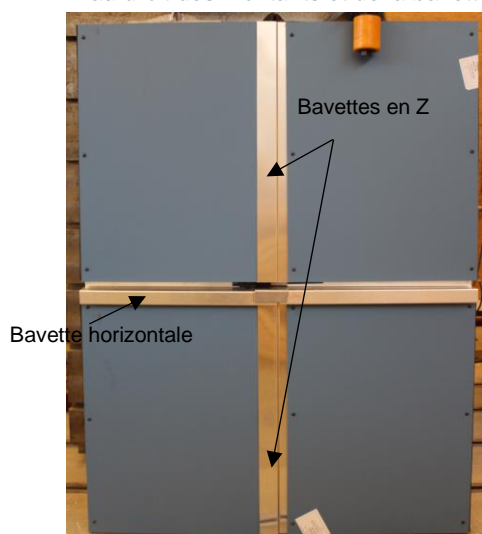


Photo 7 : Maquette d'essai croix de jonction



Photo 8 : Maquette d'essai vue de côté avec revêtement en panneaux HPL

3 Résultats d'essais HPL

3.1 Maquette avec baie

3.1.1 Essai de vieillissement mécanique cyclique par une mise en parallélogramme

Séquence	Nb cycles	Consigne déplacement (mm)	F _{max} (N)		Endommagement
1	10000	±4,03	-6675	6644	Pas de fissuration ni de dommage visible
2	1000	±5,18	-7826	7710	
3	100	±6,53	-9142	8962	
4	10	±7,97	-10444	10299	
5	1	±9,60	-11903	12021	

Tableau 1 : Résultats d'essais pour l'essai de mise en parallélogramme

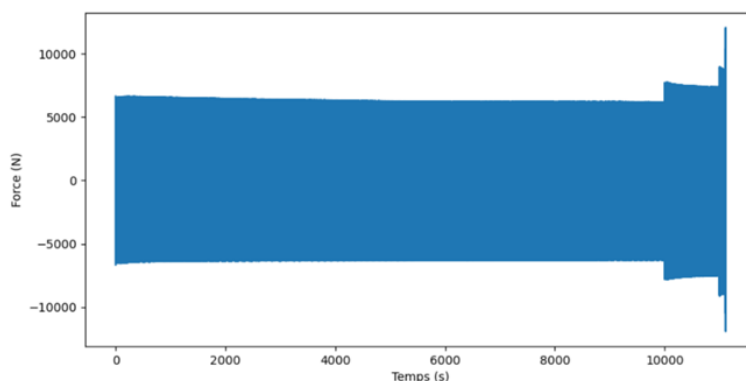


Figure 8 : Courbe de résultats d'essai de mise en parallélogramme Force / Temps

3.1.2 Essai de flexion 4 points

Séquence	Consigne déplacement (mm)	F _{max} (N)	Endommagement
1	0,96	8699	Pas de fissuration ni de dommage visible
2	1,92	16748	
3	2,88	25699	
4	3,84	34616	
5 Début du palier	4,80	43072	
5 Fin du palier		36025	

Tableau 2 : Résultats d'essais pour l'essai de flexion 4 points

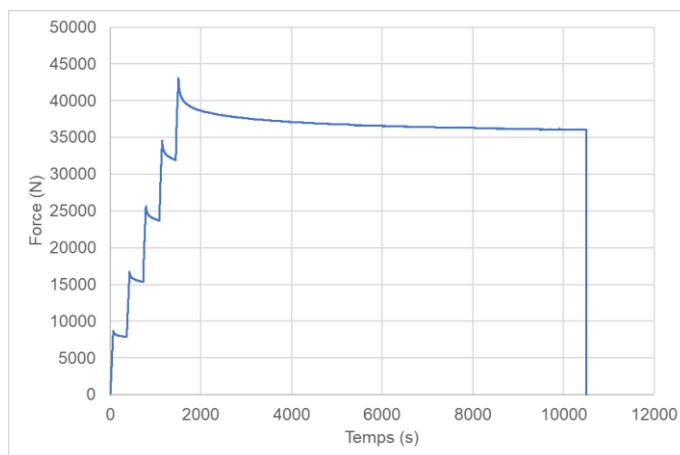


Figure 9 : Courbe d'essai de flexion 4 points Force / Temps

3.1.3 Essai de résistance à la pluie battante

m_0 (kg)	m_1 (kg)	W_A (kg/m ²)	P (hPa)	T (°C)	H (HR%)
318,5	320	0,26	1019,4	22,6	53,9

Écart de pression (Pa)	Intervalle de temps (min)	Temps total en fin de palier (min)	Observations	Volume d'eau récupéré en fin d'essai dans la double goutlotte	
				Contre parement (L)	Pare-pluie (L)
0	20	20	Aucune	48,17	1,28
0 à 150	10	30			
0 à 300	10	40			
0 à 450	10	50			
0 à 600	10	60			

Tableau 3 : Résultats de l'essai de résistance à la pluie battante

Comme expliqué dans le rapport *Déformation des Façades à Ossature Bois – Compatibilité des déformations entre FOB et revêtements extérieurs – Rapport final – Généralités et protocole*, une double goutlotte a été mise en place en pied de maquette afin de récolter et de dissocier les eaux de ruissellement provenant de la face intérieure (contre parement) du bardage de celles côté pare-pluie.

Après ouverture, des passages d'eau à l'arrière du revêtement extérieur sont mis en évidence en périphérie de l'encadrement de baie et le long des tasseaux (arrivée d'eau par les angles supérieurs de la baie, à la liaison revêtement / encadrement).

La présence d'eau est constatée sur la face intérieure des panneaux de bardage et sur le pare-pluie (cf. photos).



Photo 9 : Contrepement des panneaux HPL

Des infiltrations sont également constatées au travers des profils en oméga, à la jonction des panneaux.

Le détail des zones indiquées sur la photo ci - dessous est disponible dans les photos suivantes.

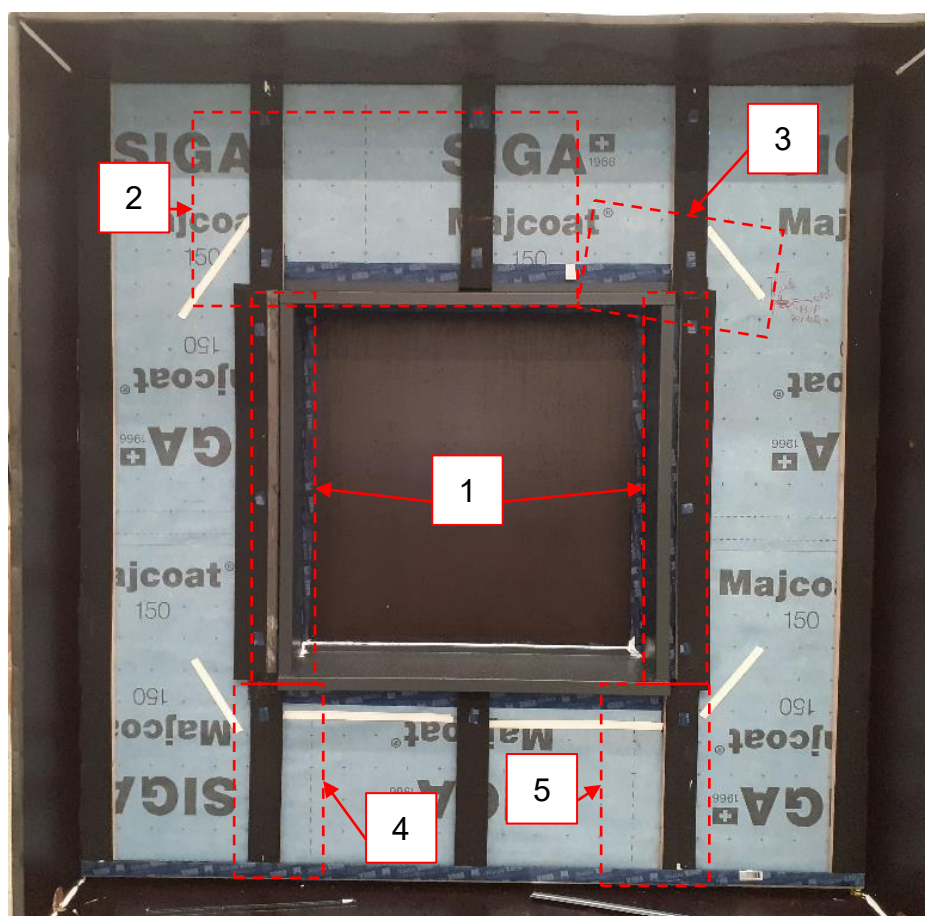


Photo 10 : Emplacements des zones d'humidification après l'essai de résistance à la pluie battante
Aucune présence d'eau n'est constatée sur la maquette par ailleurs et notamment à l'arrière du pare-pluie.

1

Pas de photo permettant d'illustrer la zone 1 du fait du manque d'accessibilité.

Zone 1 : Montants de l'encadrement de baie jusqu'aux tasseaux. Présence d'eau qui s'écoule le long de l'encadrement de baie d'un côté et limité par le tasseau de l'autre côté – côtés gauche et droit. Assez peu d'eau constatée en quantité.

2



Photo 11 : Détail Zone 2

Zone 2 : Présence d'eau en partie supérieure de l'encadrement de baie dû à l'espace entre l'encadrement et le panneau. L'eau ne dépasse pas le ruban adhésif pare-pluie.

3



Photo 12 : Détail Zone 3

Zone 3 : Partie supérieure droite de l'encadrement de baie. Présence d'eau sur le ruban adhésif pare-pluie et sur la bande d'EPDM du tasseau. Pas d'eau en-dessous de la bande d'étanchéité EPDM.

4



Photo 13 : Détail Zone 4

Zone 4 : Présence d'eau en partie supérieure de l'encadrement de baie (gauche).



Photo 14 : Détail Zone 5

Zone 5 : Partie basse droite de la maquette. Présence d'eau sur le pare-pluie le long du tasseau et sur la bande d'EPDM du tasseau.

3.2 Maquette en croix de jonction

3.2.1 Essai de vieillissement mécanique cyclique par cisaillement

Séquence	Nb cycles	Consigne déplacement (mm)	Endommagement
1	10000	±4,03	Pas de fissuration ni de dommage visible
2	1000	±5,18	
3	100	±6,53	
4	10	±7,97	
5	1	±9,60	

Tableau 4 : Résultats d'essais pour l'essai de cisaillement

3.2.2 Essai de résistance à la pluie battante

m_0 (kg)	m_1 (kg)	W_A (kg/m ²)	P (hPa)	T (°C)	H (HR%)
188,0	188,5	0,09	1009,8	21,4	49,6

Écart de pression (Pa)	Intervalle de temps (min)	Temps total en fin de palier (min)	Observations
0	20	20	Aucune
0 à 150	10	30	
0 à 300	10	40	
0 à 450	10	50	
0 à 600	10	60	

Tableau 5 : Résultats de l'essai de résistance à la pluie battante – HPL – croix de jonction

La présence d'eau est constatée sur la face intérieure des panneaux HPL et sur le pare-pluie dans certaines zones.

Le détail des zones indiquées ci – dessous est explicité dans les photos suivantes.

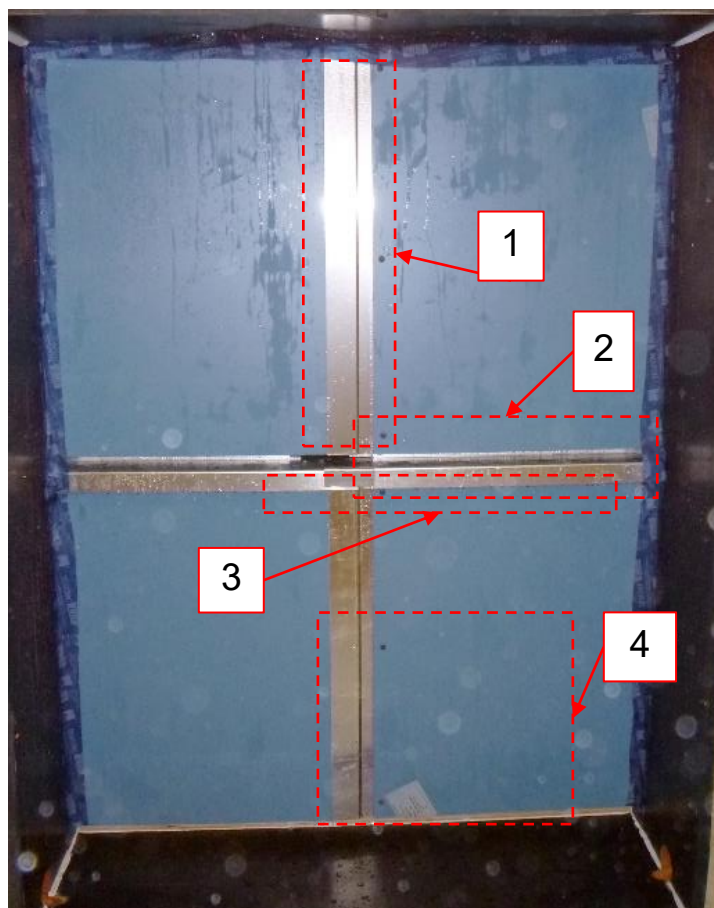


Photo 15 : Emplacements des zones d'humidification après l'essai de résistance à la pluie battante
Aucune présence d'eau n'est constatée sur la maquette par ailleurs et notamment à l'arrière du pare-pluie.
Note : La partie basse (les 20 premiers cm) de la maquette n'est pas étudiée à cause des projections d'eau du caisson.

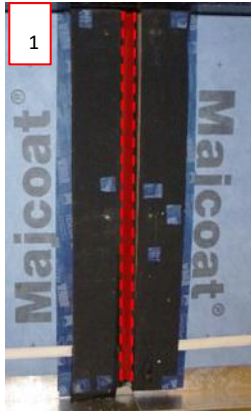


Photo 16 : Détail Zone 1

Zone 1 : Présence d'eau sur le soufflet du pare-pluie – jonction verticale – partie haute.

Présence d'eau sur la bavette et sur le pare-pluie au-dessus de la bavette.

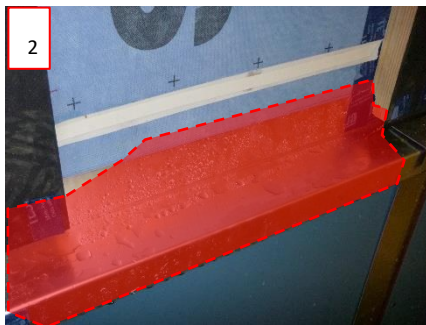


Photo 17 : Détail Zone 2

Zone 2 : Présence d'eau sur la bavette et qui remonte sur 2 à 3 cm jusqu'au pare-pluie



Photo 18 : Détail Zone 3

Zone 3 : Zone sous bavette – Présence d'eau sur le pli de la bavette formant goutte d'eau, sous la bavette et également derrière la bavette.



Photo 19 : Détail Zone 4

Zone 4 : Zone basse gauche de la maquette. Présence d'eau sous la bavette et sur la bande d'étanchéité EPDM recouvrant le tasseau.

4 Analyse

4.1 Maquette avec baie

4.1.1 Interprétation de l'essai de mise en parallélogramme

Les résultats d'essais montrent un comportement traction/compression globalement symétrique.

Les essais sont pilotés en déplacement. L'effort nécessaire pour atteindre le déplacement d'une séquence donnée diminue au cours de la séquence et donc des cycles faisant apparaître une relaxation dans la maquette.

Configuration	Déplacement maximal	F _{max} (kN)
Panneaux HPL	h/250 (9,6mm)	12

Tableau 6 : Effort maximal atteint pour le déplacement maximal

À la suite de cet essai, il est visuellement constaté l'absence de dégradation à h/250 des panneaux, des fixations, de l'encadrement de baie ou des systèmes d'étanchéité à l'eau (pas de fissuration, de déformation ou de déboitement).

Ce vieillissement mécanique, permettant de reproduire l'effet du vent pendant 50 ans sur un bâtiment recevant une FOB et un revêtement HPL, montre que l'ouvrage de panneaux HPL supporte sans dommage les déformations horizontales de la FOB dans son plan.

4.1.2 Interprétation de l'essai de flexion 4 points

Cet essai de flexion 4 points reproduit le déplacement correspondant au fluage sur la structure en appliquant au droit de chaque vérin une déformation maximale de L/500. Le but de l'essai est donc d'imposer un déplacement afin d'assurer une déformation de l'éprouvette correspondante.

L'effort nécessaire pour maintenir ce déplacement se stabilise pour chaque essai au cours du dernier palier mettant en lumière le phénomène de fluage (Tableau 7). Les efforts indiqués (début de palier et stabilisé au bout de 2,5h) sont la somme des efforts des deux vérins.

Configuration	F _{max} (kN)	F _{stabilisé_depmax} (kN)
Panneaux HPL	43	36

Tableau 7 : Effort maximal et effort stabilisé pour le déplacement maximal (4,8 mm)

F_{max} : Somme des efforts maximaux atteints pour le déplacement maximal (L/500 soit 4,8mm)

F_{stabilisé_depmax} : Somme des efforts stabilisés après 2,5 heures sous déplacement maximal

Les résultats d'essais montrent l'absence de fissuration ou de déformation visibles à L/500 au droit de chaque vérin.

Ce vieillissement mécanique, permettant de reproduire l'effet fluage d'une FOB support de panneaux HPL, montre que l'ouvrage de panneaux HPL supporte sans dommage les déformations verticales de la FOB dans son plan.

4.1.3 Interprétation de l'essai de résistance à la pluie battante

L'une des fonctions du système de panneaux de bardage est de protéger efficacement cette paroi vis-à-vis des intempéries et notamment de la pluie battante.

L'objectif de cet essai de résistance à la pluie battante est de vérifier que les sollicitations mécaniques lors des essais de mise en parallélogramme et de flexion 4 points n'ont pas remis en cause l'étanchéité du système, pour des dommages qui n'auraient pas pu être identifiés lors des contrôles visuels mentionnés ci-dessus.

Après essai, les ouvertures pratiquées montrent la présence d'eau en plusieurs endroits :

- le long de l'encadrement de baie jusqu'au tasseau (voir les zones 1, 2, 3, 4 et 5 au §3.1.3).
- derrière les panneaux HPL (voir Photo 9 au §3.1.3)

L'eau s'infiltre principalement à l'arrière du revêtement par le jeu permettant la ventilation du panneau au-dessus du linteau.

En contre-parement, les panneaux sont humidifiés sur toute leur surface.

L'eau s'infiltre également par les profilés en « oméga », appuyés uniquement par les tasseaux et qui fléchissent donc sous l'effet de la pression de l'eau.

Le volume total d'eau (ruissellement + pluie battante) aspergé au cours de l'essai est de 691,2L.

Écart de pression (Pa)	Intervalle de temps (min)	Volume d'eau de ruissellement (L)	Volume d'eau de pluie battante (L)	Volume d'eau total (L)
0	20	57,6	172,8	230,4
0 à 150	10	28,8	86,4	115,2
0 à 300	10	28,8	86,4	115,2
0 à 450	10	28,8	86,4	115,2
0 à 600	10	28,8	86,4	115,2

Tableau 8 : Volumes d'eau aspergé au cours de l'essai de résistance à la pluie battante

	Volume d'eau récupéré en fin d'essai dans la double goulotte (L)	Pourcentage du Volume total projeté (aspersion + ruissellement)
Contre-parement	48,17	6,97 %
Pare-pluie	1,28	0,19 %

Tableau 9 : Volumes d'eau récupérés dans les goulottes et comparaison au volume d'eau total aspergé

Mise en perspective des quantités d'eau reçues sur le pare-pluie pendant l'essai

La quantité d'eau aspergée sur les maquettes lors de l'essai est de 2 Litres par m² et par min. Sachant que 1L/m² est équivalent à 1 mm de hauteur d'eau, la maquette, au cours que l'essai reçoit l'équivalent de 2 mm/min soit 120 mm/h.

Comme vu dans le Tableau 9, l'eau récoltée sur le pare-pluie représente 0,19 % donc 0,23 mm/h.

Une première comparaison peut être faite avec l'exigence de résistance à la pénétration de l'eau pour les membranes pare-pluie définie par la partie 1-2 du NF DTU 31.4, qui est de type W1 y compris après vieillissement, sur la base d'un essai colonisé de la norme NF EN 13859-2 §5.2.3. Les essais suivant cette norme sont réalisés avec une colonne d'eau de 200 mm appliquant une pression sur la surface de l'éprouvette maintenue pendant 2h.

On constate donc que les 0,23 mm maximum que voit le pare-pluie au cours de l'essai de résistance à la pluie battante selon NF EN 12865 sont négligeables.

Une autre comparaison peut être faite avec la réalité « météo ».

Quelques exemples de moyennes mensuelles annualisées (période 1976-2005) :

- Brest : 13 jours de pluie mensuels et 87 mm mensuels
- Quimper : 13 jours de pluie mensuels et 91 mm mensuels
- Aurillac : 12 jours de pluie mensuels et 120 mm mensuels
- Annecy : 11 jours de pluie mensuels et 115 mm mensuels
- Chambéry : 11 jours de pluie mensuels et 120 mm mensuels
- Lons-le Saunier : 12 jours de pluie mensuels et 109 mm mensuels
- Belfort : 13 jours de pluie mensuels et 94 mm mensuels
- Tulle : 11 jours de pluie mensuels et 101 mm mensuels
- Pau : 12 jours de pluie mensuels et 102 mm mensuels

Sources des données météo analysées pour les pluies moyennes :

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/indices-mensuels-de-precipitations-et-nombre-de-joursde-precipitations-issus-du-modele-aladin-climat/> et https://mtmx.github.io/blog/carto_meteo/

Les 120 mm d'eau que voit la maquette pendant l'heure d'essai peuvent donc être corrélés à ces valeurs qui correspondent plutôt à une moyenne mensuelle, qui permettrait donc en réalité un séchage entre chaque épisode de pluie.

Ces constats et analyses permettent de conclure que la contribution du revêtement HPL à l'étanchéité à l'eau et à la résistance à la pluie battante de la maquette avec baie, peut-être assurée après sollicitations mécaniques, jusqu'à une pression de pluie battante de 600 Pa correspondant notamment à la limite haute du domaine d'application du NF DTU 31.4.

4.2 Maquette croix de jonction

4.2.1 Interprétation de l'essai de cisaillement

Les efforts mis en jeu pour réaliser les déplacements imposés sont très faibles puisque le sous-module sollicité est libre.

Les résultats d'essais montrent l'absence de fissuration ou de déformation visibles à $h/250$.

4.2.2 Interprétation de l'essai de résistance à la pluie battante

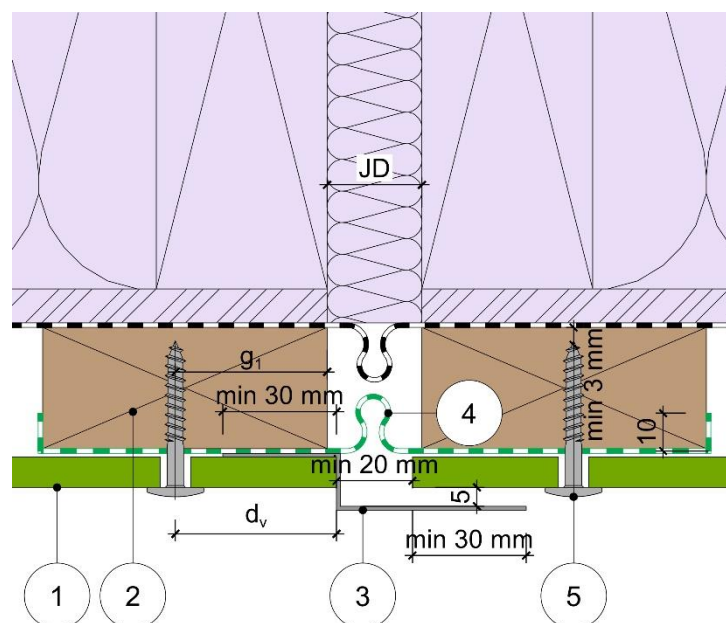
L'objectif de cet essai de résistance à la pluie battante est de vérifier que les sollicitations mécaniques lors de l'essai de cisaillement n'ont pas remis en cause l'étanchéité du système pour des dommages qui n'auraient pas pu être identifiés lors des contrôles visuels mentionnés ci-dessus.

Après essai, les ouvertures pratiquées sur le revêtement montrent la présence de traces d'eau en différents points (voir §3.2.2).

La principale zone exposée est la jonction verticale de pare-pluie en soufflet (zones 1 et 4 du §3.2.2). S'il n'est pas possible de quantifier exactement le volume d'eau allant sur le pare-pluie, le constat visuel est une humidification plus importante que sur la maquette avec baie.

Des préconisations découlent de ces résultats lorsque le niveau de sollicitation pluie battante sur la façade est de type Ee2 :

- Protéger le soufflet pare-pluie vertical par une membrane de protection (type EPDM) mise en œuvre sur la face extérieure des tasseaux en complément du profilé métallique en Z comme illustré sur la figure ci-dessous (Figure 10)



Légende

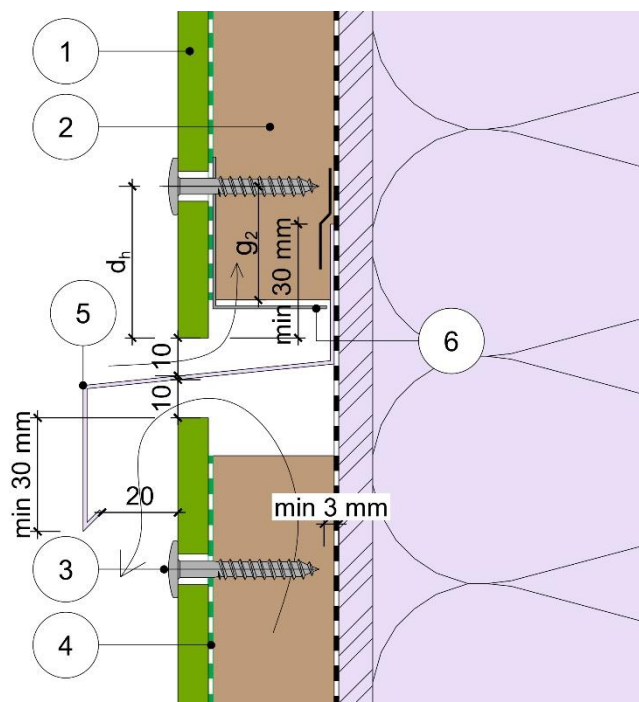
- 1 Bardage ventilé
- 2 Tasseau support de bardage
- 3 Profilé métallique
- 4 Bande de protection
- 5 Fixation par vis

d_v Distance au bord vertical

g_1 Garde des fixations du panneau de bardage au bord des tasseaux

Figure 10 : Exemple de traitement des joints verticaux – compatibilité Ee2 – coupe horizontale

- Apposer un ruban adhésif entre le relevé de la bavette et le pare-pluie pour éviter les infiltrations à l'arrière de la bavette (Figure 11).



Légende

- 1 Bardage ventilé
- 2 Tasseau support de bardage
- 3 Fixation par vis
- 4 Bande de protection
- 5 Bavette (hors lot)
- 6 Grille anti-rongeurs
- d_h Distance au bord horizontal
- g_2 Garde des fixations du panneau de bardage à l'extrémité des tasseaux

Figure 11 : Exemple de traitement des joints verticaux – compatibilité Ee2 – coupe verticale

- Apporter une attention particulière à la jonction horizontale entre deux parties de bavette : la continuité du larmier horizontal doit être assurée soit par un recouvrement direct de la tôle, soit par éclissage, et sur une longueur minimale de 15 cm ou 30 cm dans le cas d'une façade visée par une exigence « sécurité incendie / propagation du feu par les façades ».

5 Conclusion

Les essais réalisés dans le cadre cette étude ont permis de démontrer que la mise en œuvre des revêtements en HPL sur façades à ossature bois, lorsque celles-ci sont conçues et dimensionnées conformément au NF DTU 31.4, est possible.

Le vieillissement mécanique n'altère pas la protection par la double-peau {bardage ventilé-pare-pluie} de la FOB vis-à-vis des sollicitations de pluie battante.

Des prescriptions particulières doivent être adoptées en fonction de l'exigence attendue (Ee1 ou Ee2). L'ensemble de ces prescriptions est détaillé dans le [Guide bardages en plaques sur parois à ossature bois et CLT](#).

Ce guide permet de consulter les dispositions à adopter avec exemples illustrés pour :

- Les recouvrements au droit des planchers intermédiaires
- La gestion des angles sortants et rentrants
- La périphérie des baies
- Les jonctions verticales entre FOB

Dans tous les cas, et en l'absence de justification à ce jour, les revêtements doivent être recoupés au droit des jonctions entre éléments de FOB (jonctions verticales et jonctions horizontales).

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 joindre

SIÈGE SOCIAL

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

BORDEAUX

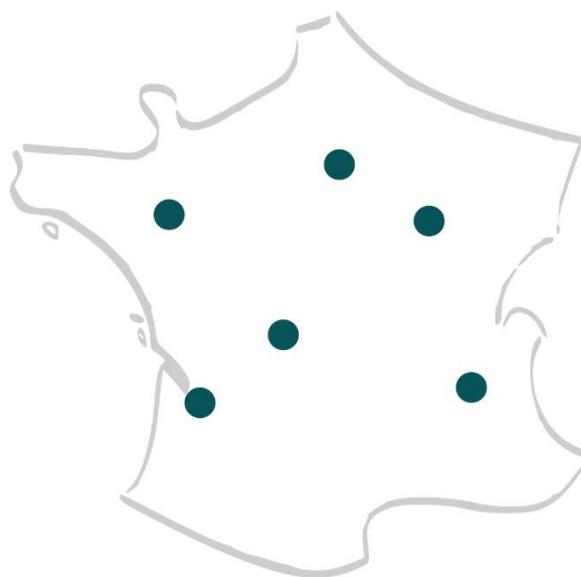
Allée de Boutaut - BP227
33028 Bordeaux Cedex
+33 (0)5 56 43 63 00

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

