



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

CSTB
le futur en construction

Systemes ETICS sur parois à ossature bois et CLT

Julien LAMOULIE (FCBA)

Pauline MOREAU, Lucie WIATT,
Christine GILLIOT, Clément BELLEUDY
(CSTB)

Avec le soutien

CODIFAB

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



SNMi

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Bordeaux

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

Institut technologique FCBA : Forêt, Cellulose, Bois – Construction, Ameublement

Mai 2020

SOMMAIRE



Partie 1 : Propositions de prescriptions pour une mise en œuvre en atelier des systèmes ETICS

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Introduction | 8 |
| 2. | Domaine d'application | 8 |
| 3. | Définition des niveaux de préfabrication | 9 |
| | 3.1 Paroi support | 9 |
| | 3.2 Système ETICS | 9 |
| | 3.3 Cas particulier des baies | 9 |
| 4. | Exigences sur les matériaux | 10 |
| | 4.1 Panneaux supports d'ETICS | 10 |
| | 4.2 Isolants supports d'enduit | 10 |
| 5. | Aptitude à l'emploi | 11 |
| | 5.1 Stabilité | 11 |
| | 5.2 Sécurité en cas d'incendie | 11 |
| | 5.3 Résistance au vent | 11 |
| | 5.3.1 Résistance au vent des ETICS collés | 11 |
| | 5.3.2 Résistance au vent des ETICS fixés mécaniquement | 11 |
| | 5.4 Résistance aux chocs | 11 |
| | 5.5 Étanchéité | 11 |
| | 5.5.1 Étanchéité à l'air | 11 |
| | 5.5.2 Étanchéité à l'eau | 11 |
| | 5.6 Isolation thermique | 12 |
| 6. | Mise en œuvre | 13 |
| | 6.1 Conditions générales | 13 |
| | 6.2 Conditions spécifiques | 13 |
| | 6.3 Mise en place des profilés de départ | 13 |
| | 6.4 Mise en place de l'isolant | 14 |
| | 6.4.1 Généralités | 14 |
| | 6.4.2 Calepinage des panneaux isolants | 14 |
| | 6.4.3 Raccordement des panneaux isolants dans les angles | 16 |
| | 6.4.4 Raccordement des panneaux isolants dans le même plan | 17 |
| | 6.4.5 Gestion des panneaux isolants dans les angles des baies | 18 |
| | 6.4.6 Réparations et finitions lors de la mise en œuvre de l'isolant | 19 |
| | 6.5 Mise en place des profilés d'arrêt latéral | 19 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.6 | Pose des fenêtres et portes extérieures | 19 |
| 6.7 | Réalisation de la couche de base armée – partie atelier..... | 20 |
| 6.8 | Réalisation de la couche de base armée – partie chantier..... | 20 |
| 6.9 | Gestion des points singuliers : Carnet de détails | 21 |
| 6.9.1 | Généralités | 21 |
| 6.9.2 | Départ en partie basse | 22 |
| 6.9.3 | Arrêt haut : liaison mur / toiture avec dépassée ou en acrotère..... | 22 |
| 6.9.4 | Angles sortants | 23 |
| 6.9.5 | Angles rentrants..... | 24 |
| 6.9.6 | Raccords verticaux entre éléments de murs préfabriqués | 24 |
| 6.9.7 | Raccords horizontaux entre éléments de murs préfabriqués..... | 25 |
| 6.9.8 | Intégration des menuiseries extérieures..... | 26 |
| 6.9.9 | Traversées de parois | 28 |
| 7. | Suivi de production en atelier | 29 |
| 8. | Dispositions particulières liées au transport et au levage | 30 |
| 8.1 | Protection des éléments préfabriqués aux intempéries..... | 30 |
| 8.2 | Protection mécanique des éléments préfabriqués | 30 |
| 8.3 | Stabilité des éléments préfabriqués pendant les phases de transport et de levage 30 | |
| 8.4 | Réparations en cas de chocs accidentels..... | 31 |
| 9. | Textes de références | 32 |
| | Annexe : Évaluation de l’humidité de panneaux. | 33 |

Partie 2 : Qualification des panneaux CLT en tant que support d'ETICS (Aptitude au collage et comportement hygrothermique des parois CLT revêtues d'un système ETICS)

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction | 35 |
| 2. Collage de systèmes ETICS sur les panneaux CLT | 35 |
| 2.1 Introduction | 35 |
| 2.2 Cas à étudier | 35 |
| 2.3 Conclusion intermédiaire | 35 |
| 3. Comportement hygrothermique des parois CLT revêtues d'un système ETICS | 35 |
| 3.1 Introduction | 35 |
| 3.2 Cas étudiés | 36 |
| 3.3 Principaux résultats | 36 |
| 3.4 Proposition de règles de conception hygrothermique | 36 |
| 3.4.1 Prescriptions générales | 36 |
| 3.4.2 Prescriptions particulières pour les parois verticales en CLT avec un système ETICS | 37 |

Partie 3 : Etanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des façades en bois revêtues d'un système ETICS

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Introduction | 39 |
| 2. | Définition des exigences : sollicitations de vent et de pluie battante des façades..... | 39 |
| 2.1 | Actions dues au vent | 39 |
| 2.2 | Actions de la pluie battante..... | 40 |
| 3. | Évaluation de la performance des systèmes ETICS | 41 |
| 3.1 | Résistance au vent..... | 41 |
| 3.1.1 | Résistance au vent des ETICS collés | 41 |
| 3.1.2 | Résistance au vent des ETICS fixés mécaniquement | 41 |
| 3.2 | Résistance à la pluie battante..... | 42 |
| 3.2.1 | Choix de la méthode d'essai | 42 |
| 3.2.2 | Protocole de vieillissement | 42 |
| 3.2.3 | Définition des maquettes à soumettre aux essais | 43 |
| 3.2.4 | Définition et fabrication des corps d'épreuve..... | 44 |
| 3.2.5 | Résultats d'essai..... | 49 |
| 3.2.6 | Interprétation des résultats | 54 |
| 3.2.7 | Modélisations « pluie battante » complémentaires | 58 |
| 3.3 | Conclusion et exploitation des résultats d'essai..... | 64 |
| 4. | Prescriptions particulières pour la mise en œuvre des systèmes ETICS sur support bois jusqu'à 28m. | 66 |
| 4.1 | Préambule..... | 66 |
| 4.2 | Choix des matériaux..... | 66 |
| 4.2.1 | ETICS et système d'enduit | 66 |
| 4.2.2 | Calfeutrements | 66 |
| 4.2.3 | Membranes d'étanchéité | 66 |
| 4.2.4 | Profilés mécano-soudés d'appui de baie..... | 66 |
| 4.2.5 | Encadrements de baies..... | 67 |
| 4.2.6 | Profilés de jonction de l'enduit au dormant des portes et fenêtres extérieures. 67 | |
| 4.3 | Résistance à la pluie battante des façades bois avec ETICS : prescriptions générales | 68 |
| 4.3.1 | Rappel des exigences du NF DTU 31.2..... | 68 |
| 4.3.2 | Paroi en partie courante pour une exigence Ee1 | 69 |
| 4.3.3 | Paroi en partie courante pour une exigence Ee2 | 70 |
| 4.4 | Gestion des points singuliers..... | 70 |
| 4.4.1 | Généralités | 70 |
| 4.4.2 | Étanchéité au niveau des baies..... | 70 |
| 4.4.3 | Pied de façade..... | 74 |
| 4.4.4 | Jonctions verticale entre éléments de parois | 74 |
| 4.4.5 | Cas particulier : Jonction verticale sur joint de dilatation..... | 75 |
| 4.4.6 | Traversées de parois | 76 |
| 4.4.7 | Raccords horizontaux avec ETICS filants | 77 |



| | |
|--|----|
| 4.4.8 Raccords horizontaux avec recouplement de l'ETICS | 78 |
| 4.4.9 Arrêt haut : Liaison mur / toiture avec dépassée en bas de pente | 79 |
| 4.4.10 Arrêt haut : Liaison mur / acrotère ou toiture sans dépassée..... | 79 |

| | |
|--|-----------|
| Annexe : RAPPORT D'ESSAIS N° 404/18/285 du 11/03/2019 DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE FCBA CONCERNANT LA RESISTANCE A LA PLUIE BATTANTE APRES VIEILLISSEMENT:..... | 81 |
|--|-----------|

Partie 1 : Propositions de prescriptions pour une mise en œuvre en atelier des systèmes ETICS

1. INTRODUCTION

Cette partie complète les dispositions du **Cahier du CSTB 3729_V2 de Décembre 2014** relatives aux systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant (ETICS) sur parois extérieures de constructions à ossature en bois (COB), pour permettre leur mise en œuvre. Elle propose des dispositions complémentaires pour la préfabrication en atelier de systèmes relevant d'une évaluation (Documents Techniques d'Application (DTA) ou Avis Techniques (AT)).

Ces dispositions ne donnent pas les détails de l'évaluation propre à l'ETICS (traitée par le GS 7) ou au panneau support (traitée par le GS 2.2 ou GS 3.3).

Le contenu technique de ce document a été réalisé grâce aux apports rédactionnels du SYMOB, le Syndicat National des Constructeurs et Fabricants de Maisons à Ossature Bois

2. DOMAINE D'APPLICATION

Les parois supports visées sont les parois extérieures de constructions à ossature en bois (COB) conformes au NF DTU 31.2. Le dimensionnement de l'ossature en bois doit respecter les règles en vigueur (NF DTU 31.2 ou Eurocode 5 et Eurocode 8) et un déplacement horizontal maximal, dans le plan de la façade, inférieur ou égal à $1/500^{\text{ème}}$ d'une hauteur d'étage.

Toutes les dispositions de cette partie peuvent s'appliquer aux façades à ossature bois non porteuses décrites dans les Recommandations Professionnelles RAGE « façades à ossature bois non porteuses », qui feront l'objet du futur DTU 31.4.

Seule la pose des ETICS en travaux neufs est visée.

L'isolant de l'ETICS est collé et/ou fixé mécaniquement au support conformément au DTA ou l'AT dont relève le système.

Le système ETICS peut être posé jusqu'à la hauteur spécifiée dans le DTA ou l'Avis Technique du Titulaire.

3. DÉFINITION DES NIVEAUX DE PRÉFABRICATION

3.1 Paroi support

La paroi support doit avant la mise en œuvre des composants du système ETICS présenter un panneau sur sa face extérieure destiné à être support d'ETICS. Côté intérieur de la paroi, la préfabrication de la paroi à ossature bois peut être de type « SE » (Structure Enveloppe – mise en œuvre en atelier de l'isolant entre montant d'ossature et de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau) ou de type « S » (Structure seule)

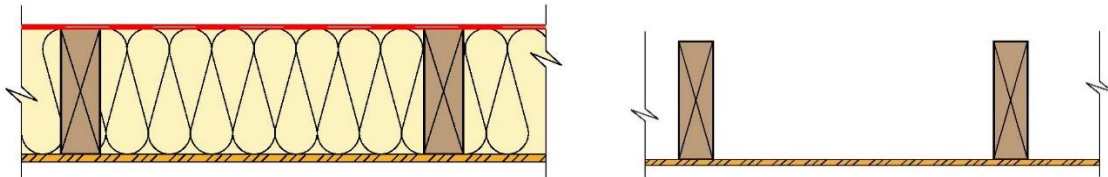


Figure 1 Préfabrication de type « SE » (gauche) et « S » (droite)

3.2 Système ETICS

Les prescriptions du présent document concernent une mise en œuvre partielle des ETICS en atelier,

Sont mis en œuvre en atelier :

- L'isolant
- La couche de base armée, avec débords de la trame en périphérie des éléments préfabriqués

Sont mis en œuvre sur chantier :

- Les points singuliers (raccords entre éléments préfabriqués, périphérie...)
- Les couches de finition

3.3 Cas particulier des baies

Si les menuiseries extérieures sont elles-mêmes posées en atelier, peuvent être posés en atelier les retours d'isolant en tableau, la couche de base armée et les différents accessoires d'étanchéité (bavettes métalliques, profilés de jonction au dormant,...).

Si les menuiseries extérieures sont posées sur le chantier, la mise en œuvre de l'isolant et de la couche de base armée est limitée au plan de la façade (voir chapitre 6.9.8 du présent document).

4. EXIGENCES SUR LES MATÉRIAUX

4.1 Panneaux supports d'ETICS

La pose de l'ETICS en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis des panneaux supports d'ETICS. Les panneaux admissibles sont donc identiques à ceux prescrits dans le **Cahier du CSTB 3729_V2 de Décembre 2014** : "Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant appliqués sur parois de constructions à ossature en bois".

4.2 Isolants supports d'enduit

Les isolants sont :

- en laine minérale de roche conformes à la norme NF EN 13162
- en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163
- en fibres de bois conformes à la norme NF EN 13171

Lorsque les isolants posés en atelier sont en panneaux grand format (panneaux dont la surface est supérieure à 1,40 m²), l'exigence de stabilité dimensionnelle est de type DS(70,90)1 selon EN 1604.

5. APTITUDE À L'EMPLOI

5.1 Stabilité

Dans le cadre d'une préfabrication en atelier incluant la pose de l'ETICS, la stabilité du panneau doit être assurée pendant les phases de manutention et de transport (voir chapitre 8).

5.2 Sécurité en cas d'incendie

Pas de spécificité liée à la mise en œuvre en atelier.

5.3 Résistance au vent

5.3.1 Résistance au vent des ETICS collés

Le collage de l'ETICS (avec ou sans fixation mécanique supplémentaire aux points singuliers) en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis de la résistance au vent. Il convient de se référer au § 4.3.1 du Cahier du CSTB 3729_V2.

Note : Selon l'exposition au vent des façades (en fonction de la zone de vent et de la hauteur du bâtiment) la mise en œuvre de vis de fixation supplémentaires peut être nécessaire.

5.3.2 Résistance au vent des ETICS fixés mécaniquement

La fixation mécanique des ETICS en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis de la résistance au vent. Il convient de se référer au § 4.3.2 du Cahier du CSTB 3729_V2.

5.4 Résistance aux chocs

La pose de l'ETICS en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis de la résistance aux chocs. Il convient de se référer au § 4.4 du Cahier du CSTB 3729_V2.

Note : Le cas particulier des chocs accidentels subis lors du transport ou du levage est abordé au chapitre 8 du présent document.

5.5 Étanchéité

5.5.1 Étanchéité à l'air

L'ETICS n'assure pas l'étanchéité à l'air, qui doit être assurée par la paroi support.

5.5.2 Étanchéité à l'eau

En partie courante, la pose de l'ETICS en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis de l'étanchéité à l'eau. Il convient de se référer au § 4.5.2 du Cahier du CSTB 3729_V2 et aux prescriptions du rapport d'étude CODIFAB / SIPEV-SNMI « Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des parois à ossature bois et CLT revêtues d'un système ETICS ».

Au droit des points singuliers les prescriptions du chapitre 6 du présent document permettent d'assurer l'étanchéité à l'eau de la paroi.

5.6 Isolation thermique

En partie courante, la pose de l'ETICS en atelier n'implique pas de particularité vis-à-vis de l'isolation thermique. Il convient de se référer au § 4.6 du Cahier du CSTB 3729_V2.

En périphérie des éléments préfabriqués, les vides et jeux entre les isolants du système ETICS doivent être traités comme indiqué au chapitre 6.4.6.

6. MISE EN ŒUVRE

6.1 Conditions générales

Les éléments du système ETICS doivent être posés après la fixation complète du voile travaillant.

Avant la pose des éléments du système ETICS, les panneaux supports doivent être secs (voir annexe A), maintenus à l'abri des intempéries (stockage abrité, bâchage,...) et dépoussiérés.

Après la pose des éléments du système ETICS en atelier, les parois préfabriquées doivent être maintenues à l'abri des intempéries (stockage abrité, bâchage,...) pour toutes les phases de stockage en atelier ou sur chantier, de transport et de levage jusqu'à la mise hors d'eau du bâtiment.

En partie courante des parois préfabriquées, les joints entre panneaux isolants de l'ETICS ne doivent pas correspondre aux joints entre panneaux supports.

Un suivi de production adapté devra être mis en place (cf. chapitre 7).

6.2 Conditions spécifiques

En atelier, à l'abri des intempéries, les éléments de parois sont revêtus de panneaux isolants (collés ou fixés mécaniquement) sur lesquels est appliquée une couche de base armée.

Avant d'être manipulés, une durée minimale de séchage doit être respectée pour ces éléments de parois.

Les conditions spécifiques de mise en œuvre ou de séchage doivent être précisées dans le DTA ou l'AT de l'ETICS, notamment les temps de séchage nécessaires avant toute manutention dans l'atelier et avant le transport vers le chantier.

6.3 Mise en place des profilés de départ

En arrêt bas, le départ s'effectue sur un rail adapté à l'épaisseur de l'isolant et vissé au support / montant / lisse basse et formant goutte d'eau. Il faut recouvrir complètement les panneaux supports et éviter tout risque de stagnation d'eau en pied des ossatures en bois. Le rail de départ doit être perforé afin d'éviter les risques de stagnation d'eau. Si le rail est métallique, la nature des vis doit être choisie de façon à éviter tout couple électrolytique.

Une bavette de rejet d'eau formant larmier doit être prévue ou bien la mise en œuvre de l'ETICS doit recouvrir la liaison lisse basse/maçonnerie d'au moins 3 cm.

Note : Pour mémoire, la distance entre la lisse basse et le sol fini extérieur doit être au moins égale à 20 cm et la distance entre la goutte d'eau du rail de départ et le sol fini extérieur doit être au moins égale à 15 cm.

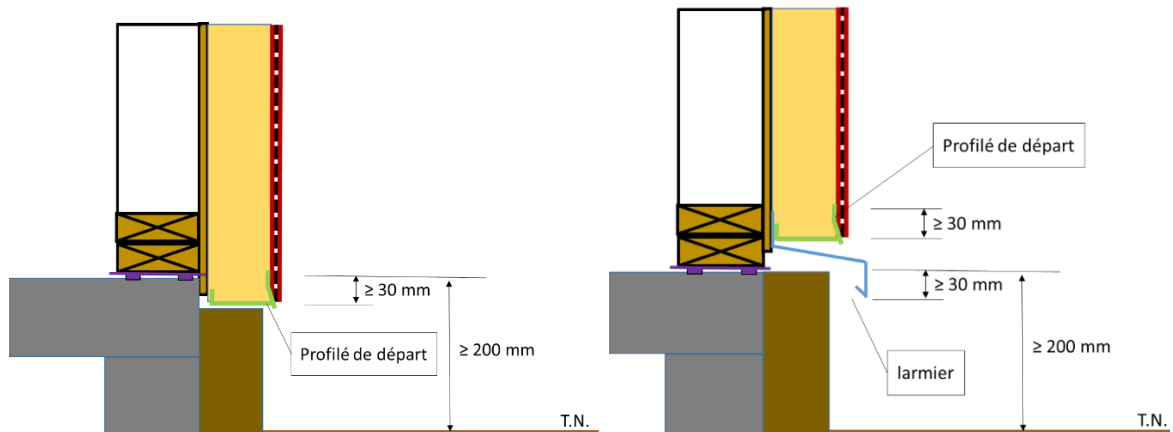


Figure 2 Gestion de la liaison ETICS / Mur à ossature bois en pied de mur : système ETICS à recouvrement (à gauche) avec interposition d'un larmier métallique (à droite)

NOTE 1 : La mise en place de cales de transport doit permettre la manutention des parois préfabriquées sans endommager ces profilés de départ (cf. chapitre 8).

NOTE 2 : L'utilisation de pièces de raccordement (éclisses) entre élément de profilés de départ permet de faciliter la pose (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.3** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.4**). Les profilés ne doivent cependant pas venir en butée contre l'âme de l'éclisse ; un espace de 1 mm doit être respecté.

6.4 Mise en place de l'isolant

6.4.1 Généralités

Des conditions spécifiques de mise en œuvre de l'isolant (protection contre l'exposition aux intempéries ou aux UV par exemple) peuvent être précisées dans le DTA ou l'AT de l'ETICS.

La fixation ou le collage de l'isolant peut être réalisé sur la paroi support à plat ou debout.

Les fixations mécaniques ne doivent pas poinçonner la surface de l'isolant et doivent être mises en œuvre au droit des montants de l'ossature bois.

L'ajustement des panneaux isolants est réalisé, si nécessaire après leur fixation à la paroi, par recoupe et/ou ponçage.

6.4.2 Calepinage des panneaux isolants

Les panneaux sont posés bout à bout, parfaitement jointifs, à partir du niveau bas établi par le profilé de départ :

- soit horizontalement, par rangées successives à joints décalés (pose dite « plein sur joint » ou « coupe de pierre »). Le décalage entre joints verticaux doit être au moins égal à 200 mm (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.3**).

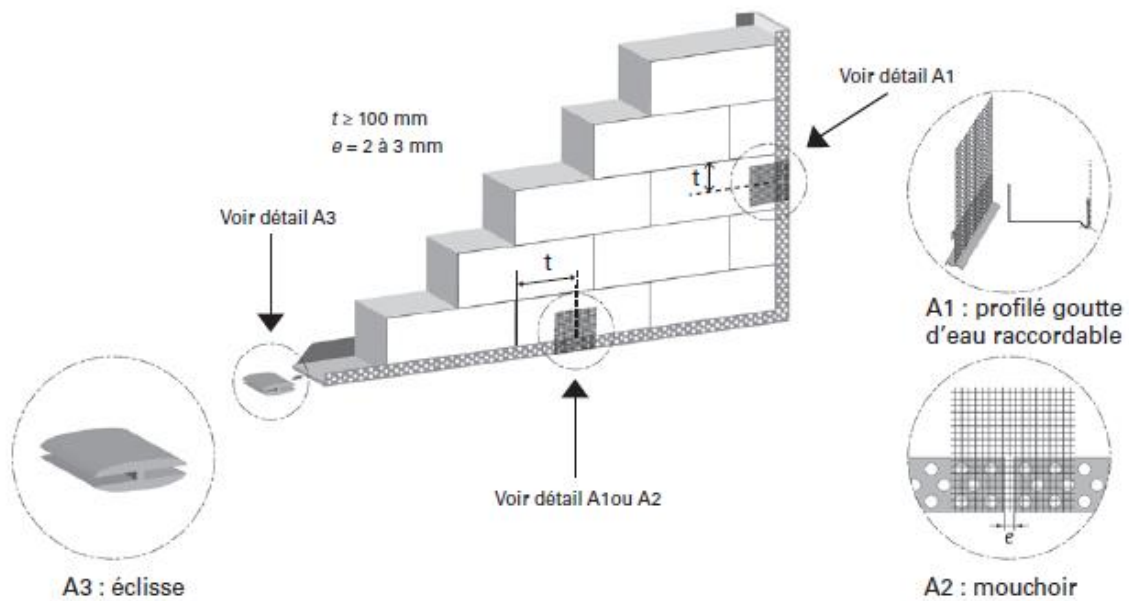


Figure 3 Profilés de départ et latéraux. Isolant posé à "coupe de pierre"

- b) soit, suivant calepinage spécifique dans le cas de panneaux "grand-format" (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). On appelle panneaux "grand-format" les anneaux de surface supérieure à 1,40 m². Ces panneaux sont posés à la verticale, et leurs joints sont décalés d'au moins 15 cm par rapport à ceux des panneaux supports.

La hauteur de ces panneaux isolants correspond à la hauteur de l'élément préfabriqué. Le joint horizontal filant doit être traité comme indiqué au chapitre 6.9.7.

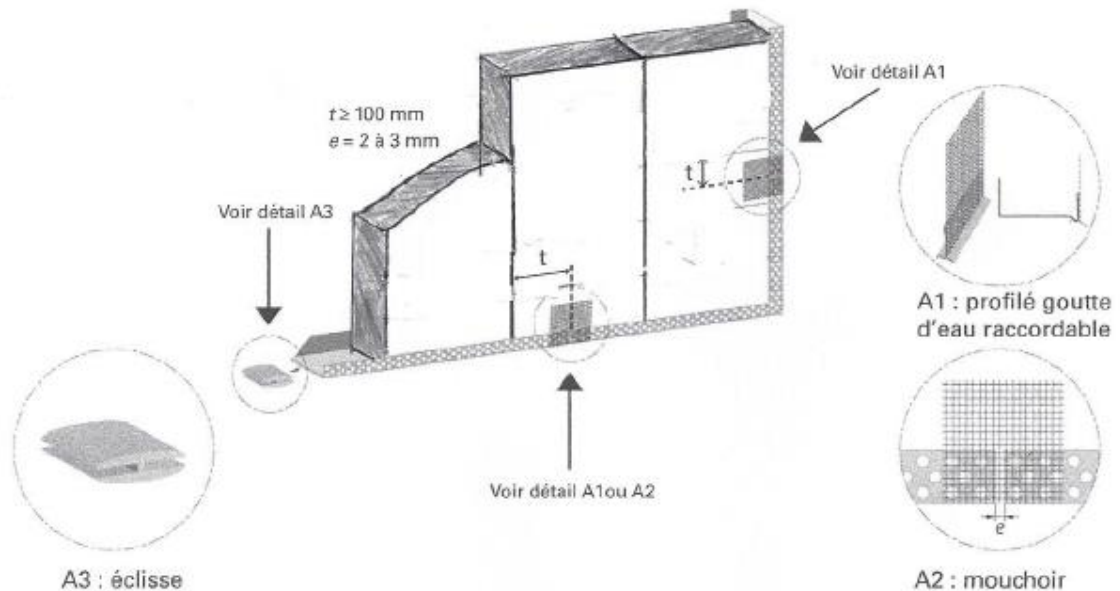


Figure 4 Profilés de départ et latéraux. Panneaux isolants "grands formats"

Le fabricant du système d'ETICS devra préciser dans son DTA ou AT les modes de mise en œuvre de l'isolant autorisés (en incluant les plans de pose et de fixation).

6.4.3 Raccordement des panneaux isolants dans les angles

Dans le cas a) (petits panneaux à format standard), les panneaux sont harpés ou posés à recouvrement aux angles sortants ou rentrants (cf.).

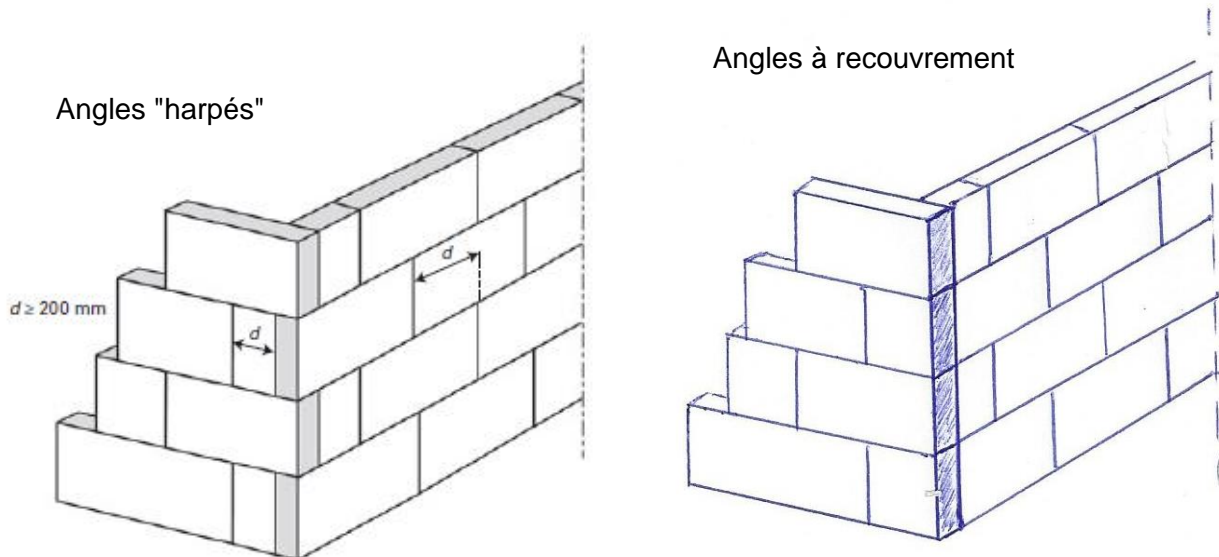


Figure 5 Pose des panneaux isolants à joints décalés

Dans le cas b) (grands panneaux), les panneaux isolants sont posés "à recouvrement" (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 6 Pose des panneaux isolants "grands formats" et recouvrement d'angle

Rappel : Les joints entre panneaux doivent être décalés d'au moins 150 mm de la jonction entre deux profilés de départ ou profilés latéraux (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Pour les angles à recouvrement, quel que soit le format des panneaux, les joints entre panneaux isolants et les joints entre éléments de façade à ossature bois préfabriqués, doivent être décalés de l'épaisseur du mur (voir figure 7 ci-dessous).

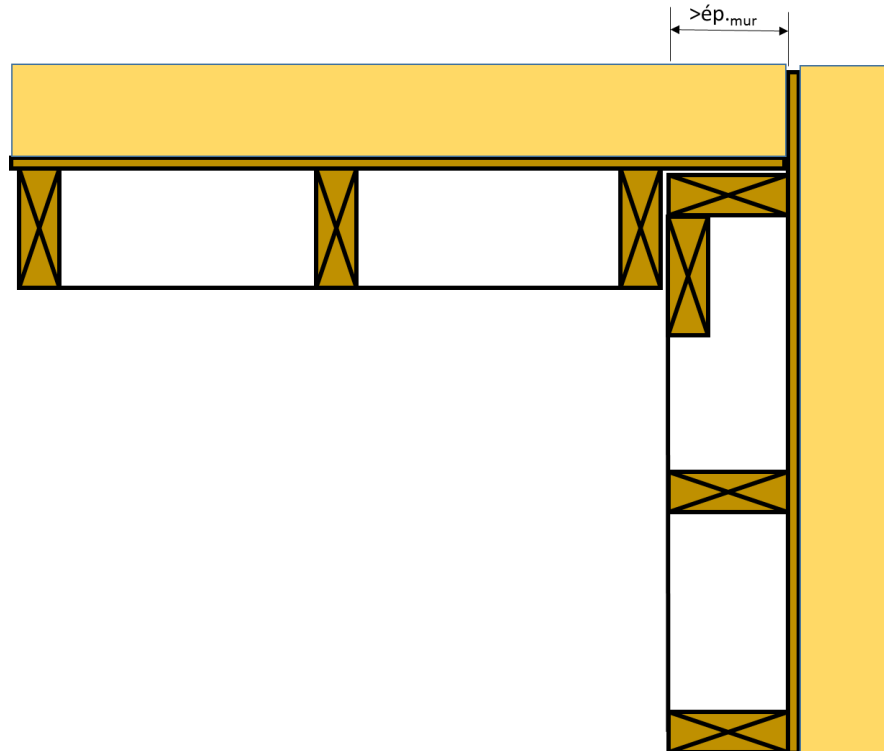


Figure 7 Décalage ossature / isolant dans les angles

6.4.4 Raccordement des panneaux isolants dans le même plan

Dans le cas de raccordements de parois dans le même plan, le joint entre éléments de murs à ossature bois et le joint entre panneaux isolants devront être décalés d'au moins 15 cm comme indiqué sur la figure 8 ci-dessous :

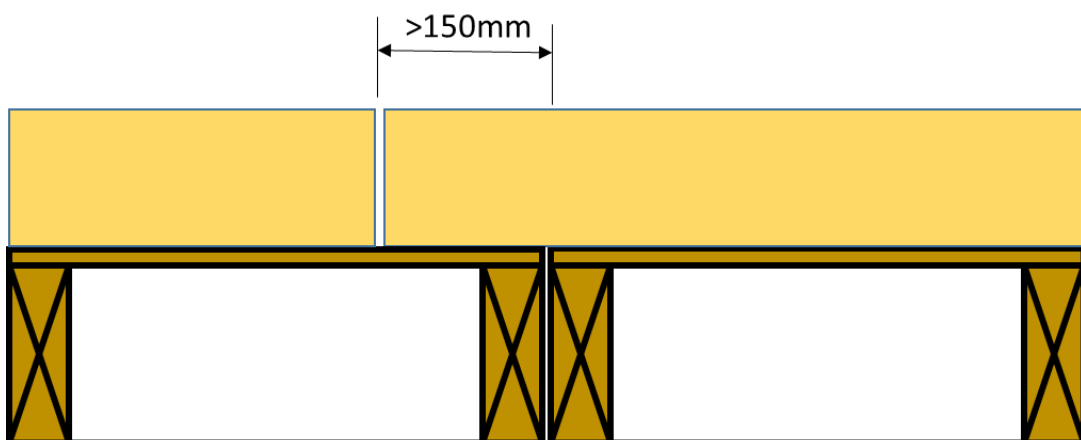


Figure 8 Raccordement dans le même plan avec débord d'isolant

Une autre alternative consiste à interrompre les isolants de part et d'autre du joint d'ossature (à 15 cm de part et d'autre) et de rapporter ultérieurement sur le chantier un panneau isolant de 30 cm de large.

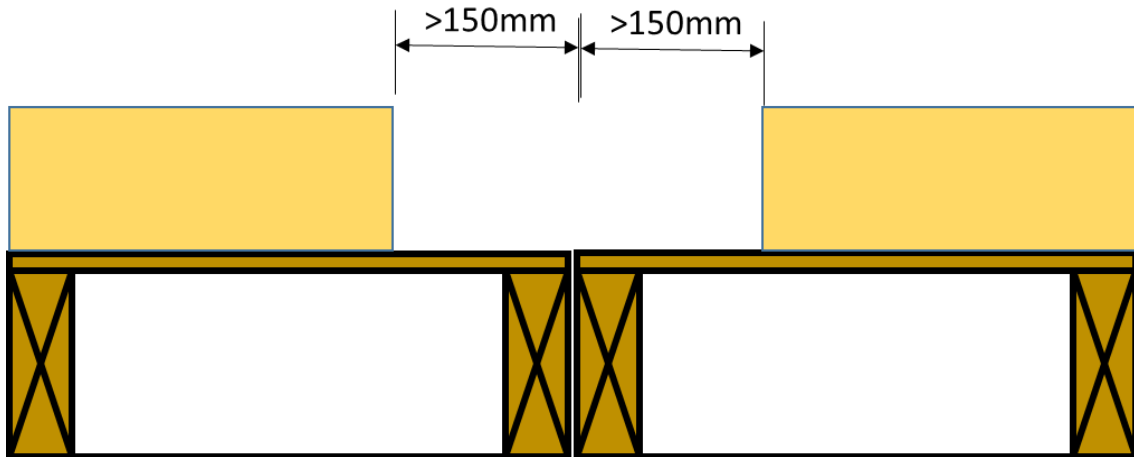
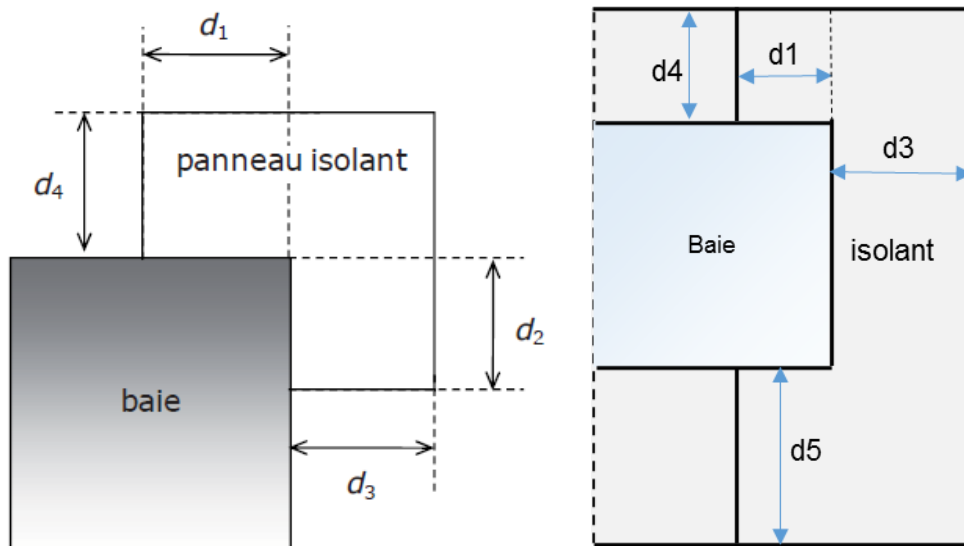


Figure 9 Raccordement dans le même plan avec débord d'isolant

6.4.5 Gestion des panneaux isolants dans les angles des baies

Aux angles des baies, les panneaux isolants doivent être posés de manière à éviter toute discontinuité. Par exemple, découpe des panneaux aux angles des menuiseries en « L » suivant les préconisations du document « *Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé : principe de mise en œuvre autour des baies - liaison avec les fenêtres* » (e-Cahier du CSTB 3709_V2). Ces exigences sont détaillées sur la figure ci-dessous.



$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 = 200 \text{ mm minimum}$

Figure 10 Suggestions d'encadrements de baies (panneaux grands formats à droite)

6.4.6 Réparations et finitions lors de la mise en œuvre de l'isolant

Ces exigences sont valables tant pour les isolants mis en œuvre en atelier que pour les raccords sur chantier entre les isolants de deux éléments de paroi préfabriqués contigus.

Les dégradations de l'isolant, coins cassés, etc., ou les joints ouverts de plus de 2 mm doivent être systématiquement rebouchés : avec un mastic ou un matériau de calfeutrement, mentionné dans le DTA ou l'AT pour les vides inférieurs à 6 mm ou par des lamelles du matériau isolant.

NOTE 1 : Les exigences réglementaires « sécurité incendie » peuvent conduire à des prescriptions particulières : il convient de se reporter aux Appréciations de Laboratoire au sens de l'IT 249 en vigueur.

NOTE 2 : La mousse de polyuréthane expansive n'est destinée qu'au calfeutrement occasionnel des joints ouverts entre panneaux isolants (joints de largeur inférieure ou égale à 10 mm). Elle ne doit pas être utilisée pour pallier des manques d'isolant importants (angles cassés par exemple). Après application de la mousse, le temps d'expansion et de durcissement précisé dans l'AT ou le DTA doit être respecté avant toute autre opération.

L'écart de planéité ne doit pas dépasser 7 mm sous la règle de 2 m dans le plan de la façade.

Lorsque l'isolant le permet, si les désaffleurs entre panneaux sont supérieurs, il est indispensable d'exécuter un ponçage de la surface. Le ponçage est exécuté manuellement à l'aide d'une taloche abrasive, ou à l'aide d'une machine à poncer. Le ponçage doit être suivi d'un dépoussiérage par broissage.

Dans le cas où les isolants ne peuvent pas être poncés et si les tolérances de planéité ne sont pas respectées, les isolants doivent être déposés et remplacés.

L'AT ou le DTA doit préciser si l'isolant peut être poncé ou non.

6.5 Mise en place des profilés d'arrêt latéral

Les profilés d'arrêt latéral, adaptés à l'épaisseur de l'isolant, sont fixés dans un montant d'ossature. Leur raboutage est réalisé par éclisse et mouchoir (voir figures 3 et 4 ci-dessus).

6.6 Pose des fenêtres et portes extérieures

Les accessoires d'étanchéité des baies (bavette, profilés métalliques, et les menuiseries extérieures doivent toujours être posés **avant** la mise en œuvre du retour d'isolant en tableau et linteau, et la jonction entre eux doit être réalisée avec une bande de mousse imprégnée précomprimée ou un profilé de raccord et répondre aux prescriptions du rapport d'étude CODIFAB / SIPEV-SNMI « Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des parois à ossature bois et CLT revêtues d'un système ETICS ».

Lorsque les fenêtres et portes extérieures ou les encadrements de baies sont posées en atelier, ces prescriptions s'appliquent intégralement.

Lorsque les fenêtres et portes extérieures sont posées sur chantier, doivent en plus s'appliquer les dispositions du chapitre 6.9.8 du présent document.

Les titulaires de DTA ou d'AT doivent proposer des dispositions détaillées du traitement des points singuliers et plus particulièrement autour des baies.

6.7 Réalisation de la couche de base armée – partie atelier

Cette couche de base armée réalisée en atelier comprend la 1^{ère} passe, l'armature (treillis), et éventuellement la 2^{ème} passe, conformément aux prescriptions de l'AT ou du DTA.

Les préconisations du § 4.2.6 du « CPT enduit sur PSE » s'appliquent avec les compléments suivants :

En périphérie des éléments préfabriqués, y compris en périphérie des baies, lorsqu'un raccordement d'enduit avec un autre élément de paroi est prévu sur chantier, le produit de base n'est pas appliqué et l'armature est laissée libre sur 150 mm, comme indiqué sur la figure ci-dessous :

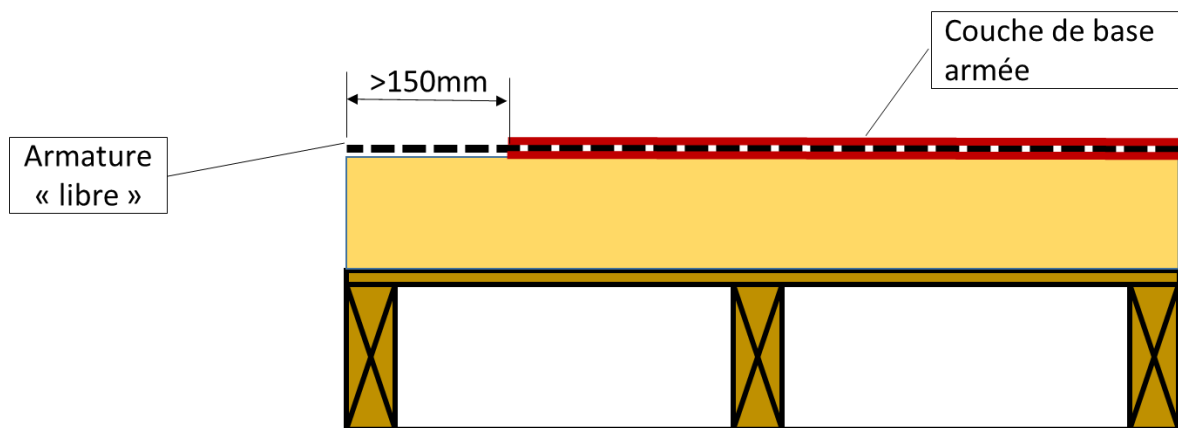


Figure 11 Mise en œuvre en atelier de la couche de base armée en périphérie des murs

6.8 Réalisation de la couche de base armée – partie chantier

Les deux éléments préfabriqués réalisés comme indiqués au chapitre 6.7 ci-dessus sont assemblés sur le chantier conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2.

Une armature supplémentaire (identique à celle du système d'enduit en partie courante) est mise en œuvre de sorte qu'elle déborde d'au moins 150 mm de part et d'autre du joint (voir figure ci-dessous).

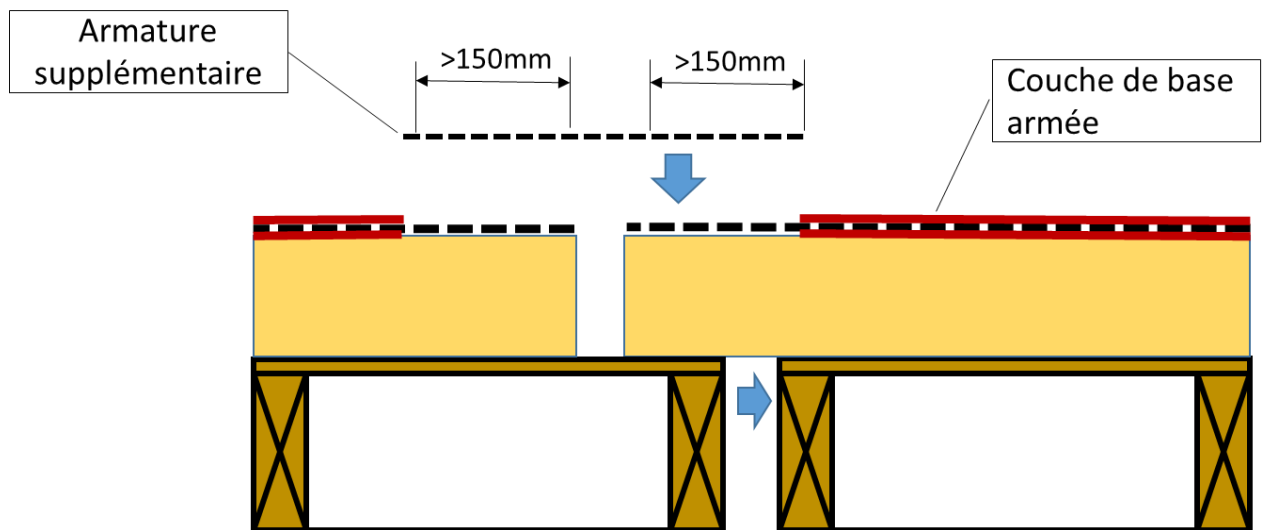


Figure 12 Finalisation de la couche de base armée sur chantier : cas du débord d'isolant

Dans le cas d'une bande isolante rapportée, les débords de l'armature supplémentaire de part et d'autre sont identiques : 150 mm.

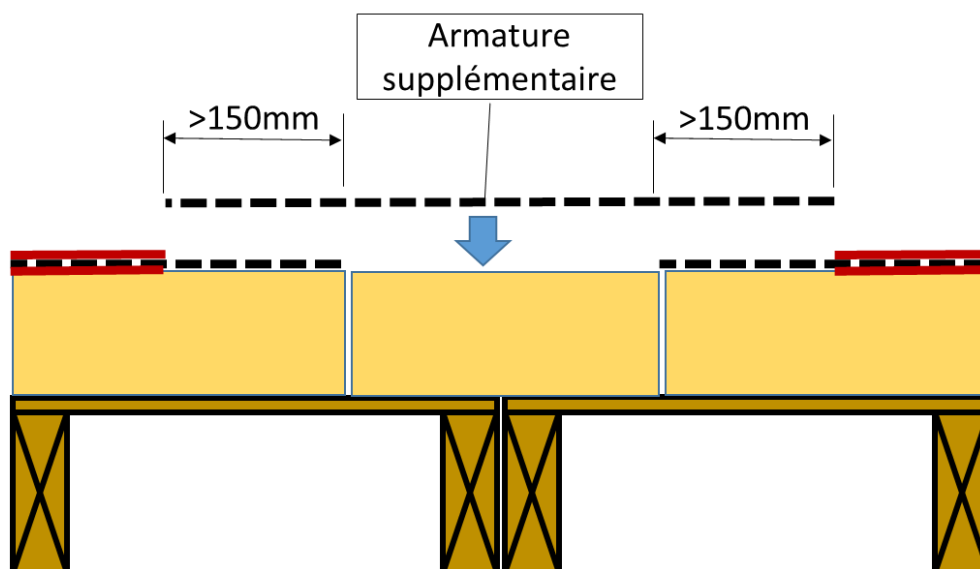


Figure 13 Finalisation de la couche de base armée sur chantier : cas de l'isolant rapporté

Cette armature supplémentaire est marouflée au moment de l'application de l'enduit de base (frais sur frais) afin de restaurer la continuité de la couche de base armée.

Pour les autres points singuliers, voir le chapitre 6.9 ci-dessous.

6.9 Gestion des points singuliers : Carnet de détails

6.9.1 Généralités

Ce chapitre regroupe les figures illustrant les solutions de principe pour la conception et la réalisation des principaux points singuliers rencontrés dans le traitement des bâtiments.

Pour la mise en œuvre autour des baies, il convient de se reporter au Cahier 3729_V2 et au rapport d'étude CODIFAB / SIPEV-SNMI « Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des parois à ossature bois et CLT revêtues d'un système ETICS ».

Les exemples de solutions proposées dans ce chapitre ne constituent pas une liste exhaustive.

D'autres solutions peuvent être utilisées, à condition que leur conception respecte les mêmes principes généraux :

- protection contre les pénétrations d'eau aux raccordements avec les autres parties de l'ouvrage ;
- réalisation de goutte d'eau en partie basse ;
- largeur suffisante de recouvrement des profilés perforés aux arrêts du revêtement.

6.9.2 Départ en partie basse

Voir § 6.3 du présent document.

6.9.3 Arrêt haut : liaison mur / toiture avec dépassée ou en acrotère

La couche de base armée doit être arrêtée au nu supérieur du mur à ossature bois. La partie supérieure du mur à ossature bois et de l'ETICS sera protégée par la dépassée de toiture ou par une couvertine dont la géométrie est rappelée sur la figure ci-dessous.

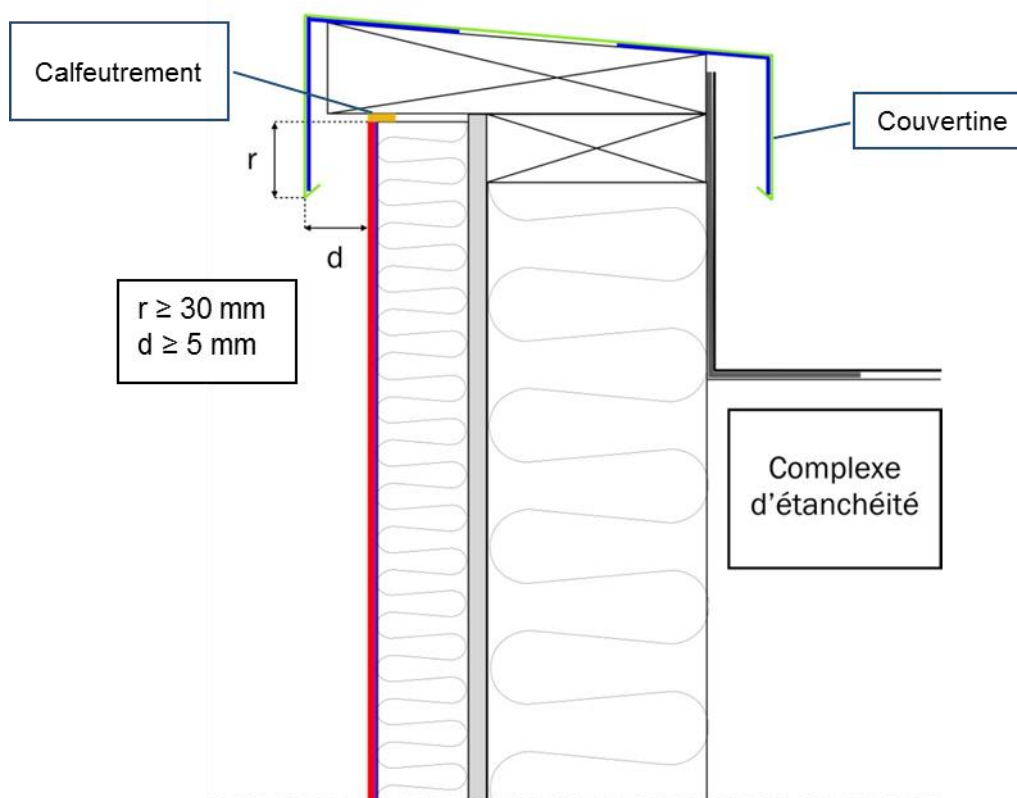


Figure 14 Exemple de d'arrêt haut dans le cas d'un acrotère avec couvertine

NOTE 1 : La couvertine peut être posée en atelier si la distance d est suffisante pour appliquer l'enduit de finition. A défaut, la tête de mur doit être protégée pendant le stockage, le transport, le levage et jusqu'à la pose de la couvertine.

NOTE 2 : La couvertine ne doit pas appuyer sur le système d'ETICS et doit être fixée dans l'ossature du mur. A cet effet, on pourra prévoir une lisse de largeur adaptée.

6.9.4 Angles sortants

Les recouvrements entre l'armature supplémentaire et l'armature posée en atelier sont supérieurs à 150 mm.

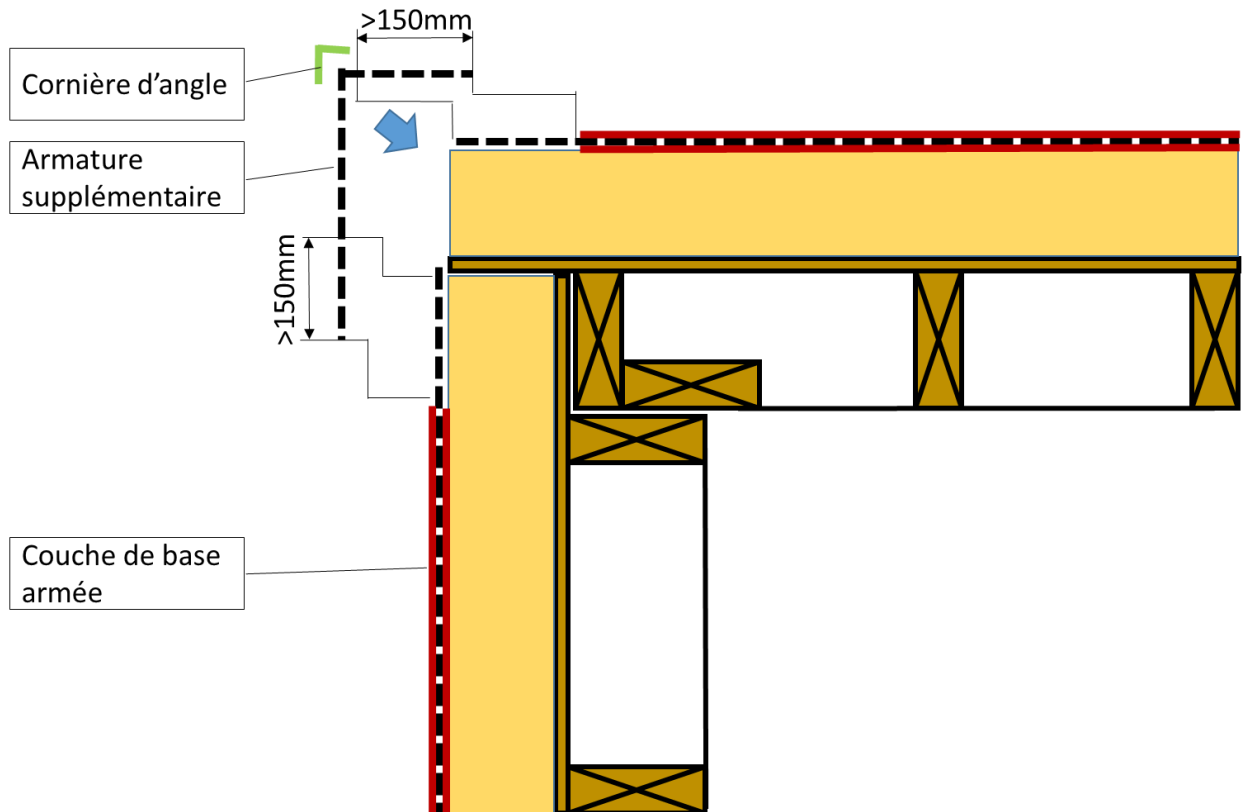


Figure 15 Exemple de traitement d'un angle sortant

L'armature supplémentaire est marouflée dans l'enduit de base afin de restaurer la continuité de la couche de base armée.

6.9.5 Angles rentrants

Les recouvrements entre l'armature supplémentaire et l'armature posée en atelier sont supérieurs à 150 mm.

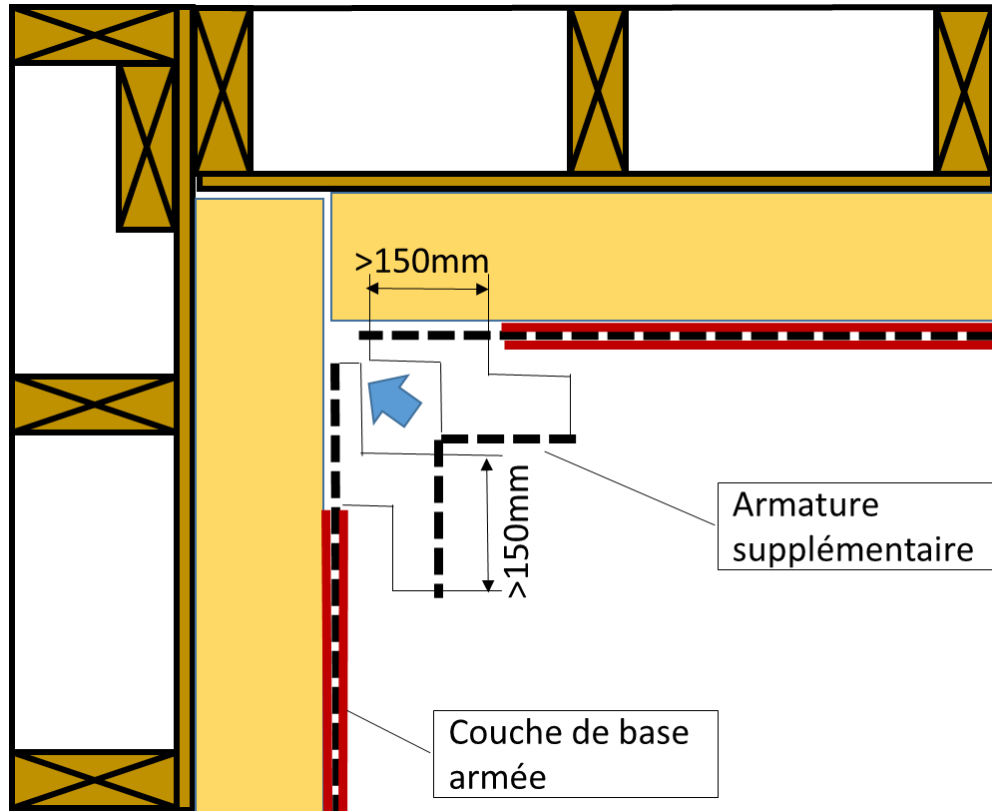


Figure 16 Exemple de traitement d'un angle rentrant

L'armature supplémentaire est marouflée dans l'enduit de base afin de restaurer la continuité de la couche de base armée.

6.9.6 Raccords verticaux entre éléments de murs préfabriqués

Voir chapitre 6.8 ci-dessus.

6.9.7 Raccords horizontaux entre éléments de murs préfabriqués

✓ Continuité de l'enduit

Les recouvrements entre l'armature supplémentaire et l'armature posée en atelier sont supérieurs à 150 mm.

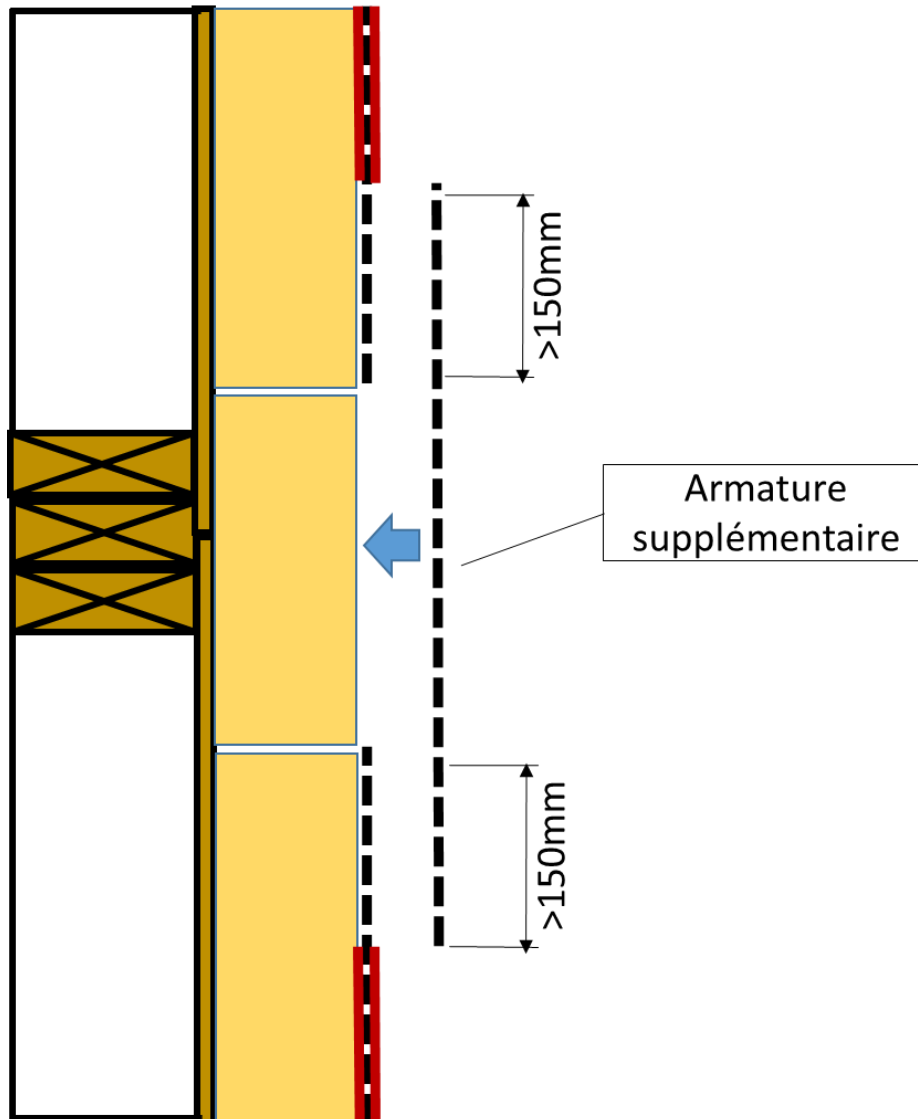


Figure 17 Exemple de raccord horizontal : continuité de l'enduit (coupe verticale)

L'armature supplémentaire est marouflée dans l'enduit de base afin de restaurer la continuité de la couche de base armée.

✓ **Avec bavette formant larmier**

Le larmier est intégré à la paroi avant la mise en œuvre de l'isolant. Un profilé de départ (voir chapitre 6.3) est mis en place au-dessus du larmier. La distance entre le larmier et la couche de base armée doit être suffisante pour appliquer l'enduit de finition. Les recouvrements doivent respecter les exigences portées sur la figure ci-dessous.

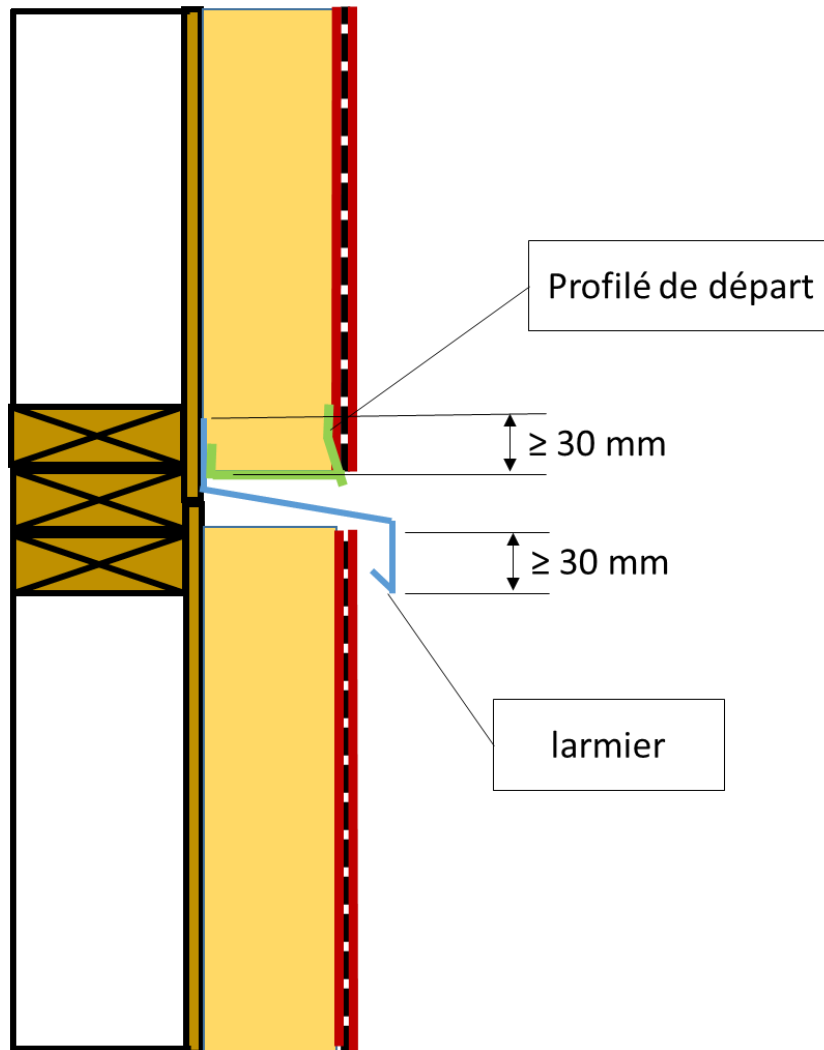


Figure 18 Exemple de raccord horizontal: avec bavette (coupe verticale)

NOTE : Les exigences réglementaires « sécurité incendie » peuvent conduire à des prescriptions particulières : il convient de se reporter aux Appréciations de Laboratoire au sens de l'IT 249 en vigueur.

6.9.8 Intégration des menuiseries extérieures

✓ **Cas de la pose des menuiseries extérieures et/ou des encadrements de baies en atelier**

Pour la mise en œuvre autour des baies, il convient de se reporter au Cahier 3729_V2 et au rapport d'étude CODIFAB / SIPEV-SNMI « Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des parois à ossature bois et CLT revêtues d'un système ETICS ».

✓ **Cas de la pose des menuiseries extérieures sur chantier avec retour d'isolant en tableau**

Lorsqu'un retour d'isolant en tableau est prévu, et si les fenêtres et portes extérieures ne sont pas posées en atelier, les dispositions suivantes doivent être appliquées.

Le retour d'isolant en tableau ne doit pas être posé et des dispositions doivent être prises pour permettre le raccordement avec le plan de façade sur le chantier.

- L'armature est posée dans la baie avec des « surlongueurs » suffisantes pour une future jonction avec les profilés de raccordement de la menuiserie.
- Avant la réalisation de la couche de base armée, des pièces d'armature de dimensions minimales 30 x 30 cm (appelées « mouchoirs ») doivent être posées aux angles des baies, à chaque découpe de l'isolant en « L », dans l'épaisseur du tableau (cf. figure ci-dessous). Ces pièces sont soit des morceaux découpés dans le treillis, soit des pièces d'armature rigides préformées tridimensionnelles.
- La couche d'enduit de base est mise en œuvre avec un retrait d'au moins 50 mm par rapport aux angles de la baie et de telle sorte que les « mouchoirs » soit marouflés sur au moins 100 mm.

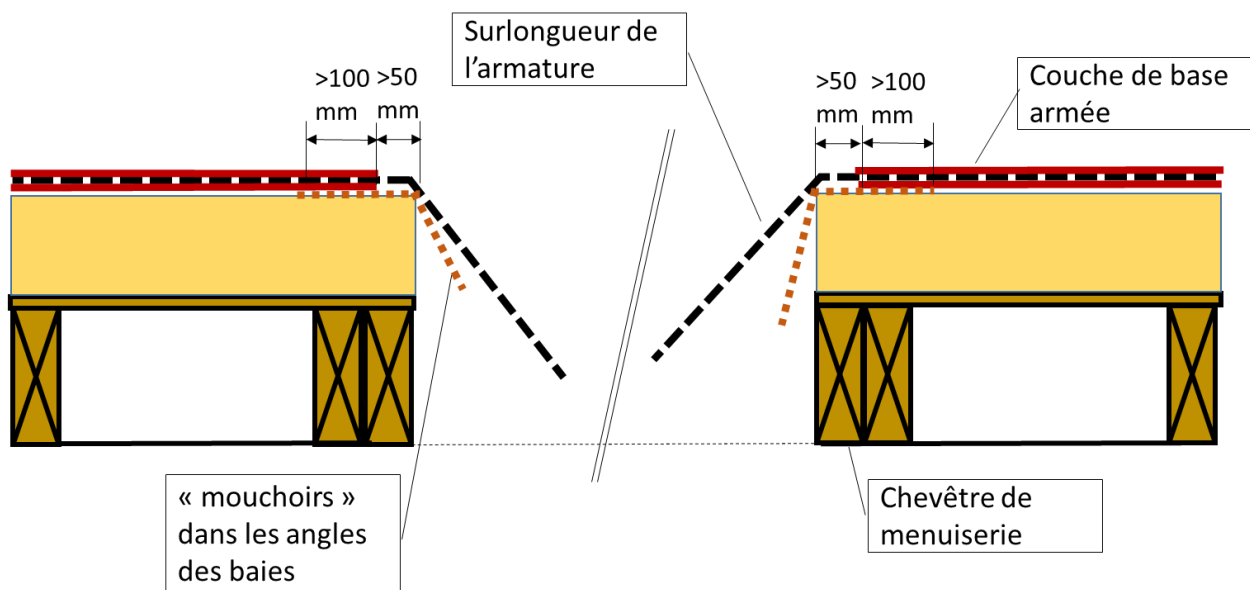


Figure 19 Gestion de la préfabrication en atelier au niveau des tableaux

Le reste des opérations de raccordement aura lieu sur le chantier, comme indiqué dans le rapport d'étude CODIFAB / SIPEV-SNMI « Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des parois à ossature bois et CLT revêtues d'un système ETICS », avec le phasage suivant :

- Fixation de la menuiserie au chevêtre
- Mise en œuvre de l'isolant dans le tableau et des accessoires d'encadrement au niveau de l'appui de baie
- Mise en œuvre des profilés de raccord avec treillis sur la menuiserie
- Mise en place des cornières d'angle côté extérieur
- Mise en œuvre de l'enduit de base

6.9.9 Traversées de parois

Aucun percement ne pourra être réalisé sur chantier : les fourreaux traversant la paroi sont mis en œuvre en atelier.

Le percement dans l'isolant est ajusté aux dimensions du fourreau.

Un calfeutrement continu sur la périphérie du fourreau est mis en place dans l'épaisseur de la couche de base armée.

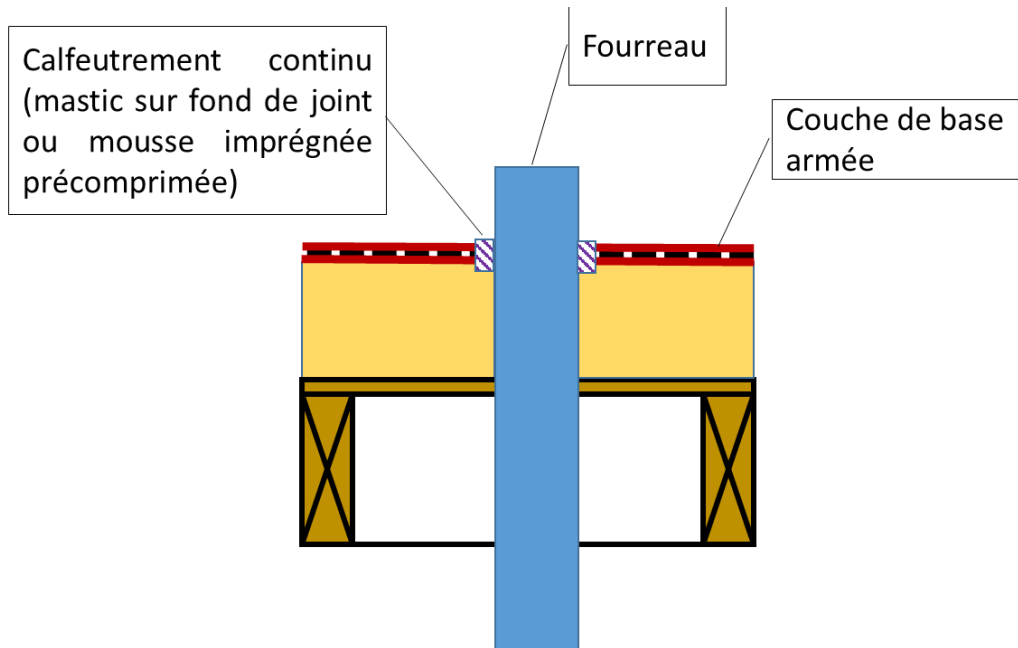


Figure 20 Exemple de traitement d'une traversée de paroi

7. SUIVI DE PRODUCTION EN ATELIER

Le fabricant doit mettre en place un suivi de production en atelier afin de s'assurer de la constance de la qualité de mise en œuvre du système d'ETICS. Les dispositions particulières de ce suivi de production sont décrites dans l'AT ou le DTA du fabricant de système d'ETICS.

Les caractéristiques et les moyens de suivis devant être mis en place sont indiqués dans le Tableau 1 ci-dessous :

| Propriété | Critère de suivi | Fréquence de vérification |
|--|---|--|
| Température ambiante lors du collage | ≥ 5°C | 1 fois par jour |
| Humidité du support | Contrôle d'épaisseur du panneau (Voir annexe A) | 1 fois par lot et par jour |
| Planéité du support | <ul style="list-style-type: none"> 5 mm sous la règle de 2 m pour les supports collés 5 mm sous la règle de 2 m pour les supports fixés mécaniquement | 1 fois par jour, par lot et par équipe |
| Pour les systèmes d'ETICS collés : dosage du mélange pour collage | Contrôle de la conformité aux prescriptions du fabricant du système d'ETICS et enregistrement des quantités effectives mélangées | 1 fois par mélange |
| Pour les systèmes d'ETICS collés : quantité de colle appliquée | Contrôle de la conformité aux prescriptions du fabricant du système d'ETICS et enregistrement des quantités effectives appliquées | 1 fois par jour, par lot et par équipe |
| Délai d'attente avant manipulation du mur | Contrôle du respect des exigences de l'AT ou du DTA | 1 fois par an |
| Pour les systèmes d'ETICS fixés mécaniquement : | Conformité de la fixation, du nombre de fixations et de l'emplacement de la fixation, aux exigences du fabricant du système d'ETICS : contrôle visuel et enregistrement de la référence Vigilance à avoir pour ne pas enfoncer la fixation dans les panneaux isolants : la rosace des fixations doit être affleurant en surface de l'isolant | 1 fois par lot (chantier) |
| Épaisseur de la couche de base armée | Contrôle de la conformité aux prescriptions du fabricant du système d'ETICS | 1 fois par jour, par lot et par équipe |
| Délai d'attente avant application de la couche de finition | Contrôle du respect des procédures mises en place pour respecter les prescriptions du fabricant du système d'ETICS | 1 fois par an |
| Quantité d'enduit appliqué pour couche de finition | Contrôle de la conformité aux prescriptions du fabricant du système d'ETICS et enregistrement des quantités effectives appliquées | 1 fois par jour, par lot et par équipe |
| Délai d'attente avant manipulation du mur | Contrôle du respect des procédures mises en place pour être conforme aux prescriptions du fabricant du système d'ETICS | 1 fois par an |
| Mise en place des profilés et accessoires devant être posés en atelier | Contrôle visuel | 1 fois par jour, par lot et par équipe |

Tableau 1 : Exemple de suivi de production en usine

8. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES LIÉES AU TRANSPORT ET AU LEVAGE

8.1 Protection des éléments préfabriqués aux intempéries

Les isolants et la couche de base armée posés en atelier ne constituent pas une protection aux intempéries pendant la phase de transport et de levage.

Une protection provisoire par bâchage doit être mise en place sur les éléments préfabriqués.

8.2 Protection mécanique des éléments préfabriqués

Les débords des isolants en périphérie des parois préfabriquées devront être protégés et renforcés si nécessaire pendant les phases de transport et manutention (avec des cales d'épaisseur provisoires, en bois par exemple, comme illustré sur la figure ci-dessous).

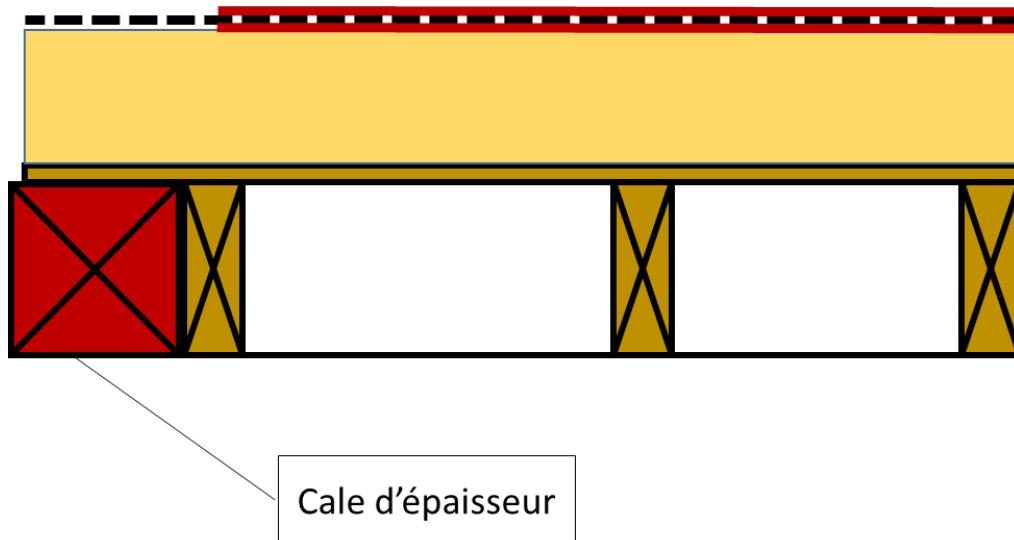


Figure 21 Exemple de protection provisoire de transport dans les angles

8.3 Stabilité des éléments préfabriqués pendant les phases de transport et de levage

Le choix et le positionnement des accessoires de levage (élingues textiles, boucles métalliques, crochets, manchons, chevilles,...) sont à justifier par le calcul en phase étude. Les sollicitations exercées sur la paroi lors des phases de manutention (en atelier et sur chantier) ne doivent pas excéder celles en œuvre.

La conception du levage doit être réalisée en fonction du poids propre des éléments préfabriqués à lever et de leur centre de gravité.

La position des points d'élingage doit figurer sur les plans de fabrication ou ceux-ci doivent être incorporés au niveau de la préfabrication.

8.4 Réparations en cas de chocs accidentels

La mise en œuvre du système d'ETICS en atelier peut rendre nécessaire la réalisation de réparations sur le chantier.

Les réparations propres aux isolants supports d'ETICS sont décrites au chapitre 6.4.6 du présent document.

Des chocs accidentels sur les ETICS mis en œuvre en atelier peuvent survenir pendant les phases de transport et de levage.

Un contrôle particulier doit être réalisé sur les parois préfabriquées une fois mises en œuvre : si les conséquences de ces chocs accidentels s'écartent des critères définis dans l'ETAG 004 (pas de déformation de l'isolant ni de fissuration de l'enduit), une reprise doit être effectuée sur chantier.

Dans le cas de dégradations sur des surfaces n'excédant pas 2 cm², la réfection consiste simplement à reboucher le trou avec un revêtement identique à celui utilisé en finition.

Des dégradations sur des surfaces plus importantes nécessitent un remplacement local du système.

La méthode suivante peut être adoptée :

- i. Délimiter une surface carrée ou rectangulaire à quelques centimètres au-delà des bords de la dégradation existante. Découper ensuite à la disquette l'enduit et l'isolant et retirer le système complet jusqu'au support. Nettoyer le support, éliminer toutes traces de collages, plots, etc. Entailler l'enduit en place à 45° dans les angles et dégager l'armature sur environ 10 cm à partir des bords de la découpe, puis éliminer le revêtement existant dans la partie ainsi dégagée.
- ii. Découper un morceau d'isolant de mêmes dimensions que celles de la partie enlevée et le coller en remplacement avec une colle de même nature que celle du système.
- iii. Après séchage de la colle, préparer une pièce d'armature dont les dimensions seront d'environ 5 cm plus grandes que celles de la partie découpée. Enduire grassement l'isolant rapporté avec l'enduit de base, dans lequel on vient maroufler le morceau d'armature, puis rabattre l'armature dégagée. Appliquer une deuxième passe d'enduit de base pour ne conserver qu'une différence d'épaisseur égale à celle de l'enduit de finition.
- iv. Après séchage, appliquer le produit d'impression (le cas échéant) et l'enduit de finition.

Les réparations seront effectuées selon les prescriptions du DTA ou de l'Avis Technique du Fabricant.

Les prescriptions concernant la réalisation de ces travaux doivent être décrites dans le DTA ou l'AT du fabricant d'ETICS.

9. TEXTES DE RÉFÉRENCES

- **NF DTU 31.2** : Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois.
- **NF DTU 20.1** : Parois et murs en maçonnerie de petits éléments.
- **European Technical Approval Guideline n° 004**: External thermal insulation composite systems with rendering, February 2013.
- **Cahier du CSTB 3709_V2 de juin 2015** : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant : principes de mise en œuvre autour des baies en liaison avec une fenêtre ou une porte extérieure
- **Cahier du CSTB 3035_V3 de septembre 2018**: "Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure sur polystyrène expansé" dénommé dans le document "CPT enduit sur PSE"
- **Cahier du CSTB 3729_V2 de Décembre 2014** : "Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant appliqués sur parois de constructions à ossature en bois"
- **Cahier du CSTB 3709_V2 de Juin 2015** : Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant : principes de mise en œuvre autour des baies en liaison avec une fenêtre ou une porte extérieure
- **Eurocode 5 (NF EN 1995)** : Conception et calcul des structures bois.
- **Eurocode 8 (NF EN 1998)** : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes.
- **NF EN 1382** : Méthodes d'essai - Résistance à l'arrachement dans le bois d'éléments de fixation.
- Recommandations professionnelles RAGE : Façades à Ossature Bois non porteuses
- Guide RAGE "Intégration des menuiseries extérieures dans des parois à ossature bois"
- Pr DTU 31.4 : Façades à Ossature Bois

Note : Un document d'évaluation européenne (EAD - European Assessment Document), en cours de rédaction, devrait remplacer à terme l'ETAG 004.

ANNEXE : ÉVALUATION DE L'HUMIDITÉ DE PANNEAUX.

Avant recouvrement des panneaux supports par un système ETICS, la question se pose de la suffisance de l'assèchement pour ne générer aucun dysfonctionnement.

Les panneaux à base de bois sont sensibles aux gonflements en épaisseur lorsqu'ils sont exposés à l'eau liquide ou vapeur.

Un moyen simple et efficace pour vérifier l'intégrité du panneau lors de sa réception repose sur le contrôle de son épaisseur avec un pied à coulisse (précision de $\pm 0,02$ mm).

La mesure de l'épaisseur effective des panneaux est réalisée sur la base d'un échantillonnage tel que défini dans l'annexe B du NF DTU 31.2 – partie 1-2 (CGM).

L'épaisseur nominale retenue est celle utilisée lors du dimensionnement mécanique des ouvrages.

Seuils d'acceptabilité :

- **Seuil 1 :** Si l'épaisseur mesurée est strictement inférieure à 10 % de l'épaisseur nominale : pas de conséquence sur l'aptitude à l'usage : **le système ETICS peut être mis en œuvre immédiatement.**
- **Seuil 2 :** Si l'épaisseur mesurée est supérieure ou égale à 10 % de l'épaisseur nominale et strictement inférieure à 15 % : prélèvement d'éprouvettes pour analyse mécanique des panneaux (mesure de la résistance en flexion selon NF EN 310 à comparer à la valeur déclarée) : les panneaux doivent être séchés avant recouvrement par l'ETICS (voir conditions de séchage ci-après).
- **Seuil 3 :** Si l'épaisseur mesurée est supérieure ou égale à 15 % de l'épaisseur nominale : Dépose et remplacement des panneaux.

Conditions de séchage avant le recouvrement des panneaux du seuil 2 :

Deux cas :

- Si la température ambiante est inférieure à 19°C : Ventilation efficace du local (renouvellement d'air de 5 vol/h minimum) pendant 15 jours minimum, associé à un chauffage portant le local à plus de 19°C.
- Si température ambiante est supérieure ou égale à 19°C : Ventilation efficace pendant 15 jours minimum (renouvellement d'air de 5 vol/h minimum).



CSTB
le futur en construction

Partie 2 : Qualification des panneaux CLT en tant que support d'ETICS :

- Aptitude au collage
- Comportement hygrothermique des parois CLT revêtues d'un système ETICS

1. INTRODUCTION

Cette partie a pour objectif d'apporter des éléments techniques pour viser les panneaux CLT en tant que supports d'ETICS.

2. COLLAGE DE SYSTÈMES ETICS SUR LES PANNEAUX CLT

2.1 Introduction

Les travaux sont en cours mais ne sont pas finalisés

2.2 . Cas à étudier

Les essences de bois, représentatives du marché, à étudier sont :

- Pin
- Sapin ou Epicéa
- Douglas

Il sera aussi tenu compte de l'éventuel traitement prévu sur le pli extérieur.

Les colles à tester, sont celles présentes dans les AT ETICS sur COB actuels et identifiées comme étant les plus critiques au regard de la valeur d'adhérence obtenue sur support contreplaqué CTB-X.

2.3 Conclusion intermédiaire

En attendant les résultats de cette campagne d'essais, la fixation mécanique des ETICS avec panneaux isolants en polystyrène expansé (PSE) peut être envisagée avec les fixations bois définies dans les AT ETICS sur COB. Ce mode de fixation n'est pas celui actuellement défini dans le cas des ETICS avec isolant en PSE, où la fixation par collage reste la règle.

Pour les autres natures d'isolant (laine de roche et fibres de bois), la fixation mécanique est la seule visée dans les AT ETICS sur COB.

3. COMPORTEMENT HYGROTHERMIQUE DES PAROIS CLT REVÊTUES D'UN SYSTÈME ETICS

3.1 Introduction

Ces travaux ont été menés en parallèle de l'étude « Perméabilité à la vapeur d'eau du CLT » publiée en décembre 2018 et disponible sur le site du CODIFAB ([lien](#)).

Dans le présent document ne sont repris que les résultats et conclusions relatifs aux systèmes ETICS. Tous les essais, toutes les hypothèses ayant permis de réaliser les modélisations sont détaillés dans le rapport cité ci-dessus.

3.2 Cas étudiés

Toutes les parois étudiées, de manière sécuritaire, comportent un panneau CLT 3 plis de 90 mm d'épaisseur avec un collage MUF.

En variantes, ont été modélisées les configurations suivantes :

- Climat Nancy / isolant PSE ép. 140 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 0,3 \text{ m}$ / sans pare-vapeur
- Climat Brest / isolant PSE ép.140 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 2 \text{ m}$ / sans pare-vapeur
- Climat La Pesse / isolant PSE ép.140 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 2 \text{ m}$ / sans pare-vapeur
- Climat Nancy / isolant fibre bois ép.200 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 2 \text{ m}$ / sans pare-vapeur
- Climat Nancy / isolant laine minérale ép.140 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 2 \text{ m}$ / $Sd_{\text{pare-vapeur}} = 18 \text{ m}$
- Climat Nancy / isolant fibre bois ép.140 mm / $Sd_{\text{système d'enduit}} = 2 \text{ m}$ / $Sd_{\text{pare-vapeur}} = 18 \text{ m}$
- Liaison mur CLT avec système ETICS (Nancy / PSE / $Sd_{\text{enduit}} = 2\text{m}$ / sans PV) et plancher bas CLT isolé par le dessus sur vide sanitaire

3.3 Principaux résultats

Les teneurs en eau des panneaux CLT de ces différents cas de calcul restent inférieurs aux seuils pour lesquels pourraient survenir des conditions défavorables pour le panneau CLT lui-même.

Cependant, lorsque le système d'enduit à un Sd élevé ($Sd = 2 \text{ m}$), il faut signaler que quel que soit le type d'isolant, l'humidité peut avoisiner 18% dans le CLT, ce qui implique des justifications mécaniques en classe de service 2.

Avec la présence d'un pare-vapeur de $Sd = 18 \text{ m}$ côté intérieur de la paroi, quel que soit l'isolant ou la nature de l'enduit, le teneur en eau dans le CLT ne dépassent jamais 10%.

Dans le cas de la liaison mur CLT avec système ETICS et plancher bas CLT isolé par le dessus sur vide sanitaire, la teneur en eau dans le pli inférieur du CLT du plancher augmente d'une année sur l'autre, ce qui constitue un risque pour la salubrité du bois. L'effet barrière du système ETICS combiné à la présence de l'isolant au-dessus du plancher produit ce confinement en tête de plancher.

3.4 Proposition de règles de conception hygrothermique

3.4.1 Prescriptions générales

La proposition de règles de conception ci-dessous est valable uniquement :

- pour des parois à base de panneaux CLT composés au minimum de 3 plis pour les parois verticales (CLT collés à chant ou non, ou CLT cloués) ;
- pour des constructions en climats français métropolitains (y compris climat de montagne) ;
- pour des locaux à faible ou moyenne hygrométrie, au sens de l'annexe B de la partie 1-1 du NF DTU 31.2 –2019 ;
- pour des parois possédant un système d'étanchéité à l'air continu (avec ou sans membrane) ;
- pour des parois possédant un isolant côté extérieur du CLT de résistance thermique supérieure ou égale à $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$;
- Les vides de construction (jeux d'assemblage entre panneaux CLT par exemple) doivent être inférieurs à 10 mm, sinon, à partir de 10 mm, ils doivent être remplis d'isolant.

Les locaux visés par ces règles de conception peuvent être ponctuellement et temporairement rafraîchis en période chaude par un système d'appoint associé à la ventilation mécanique, pour autant que la température de consigne soit telle que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur soit inférieure ou égale à 5°C.

La présence de ferrures métalliques ponctuelles (par opposition à ces ferrures filantes sur la longueur de la façade) et d'épaisseur de plaque inférieure ou égale à 6 mm et traversant l'isolant côté extérieur du CLT ne pose pas de problème de salubrité.

Les prescriptions ci-dessous peuvent être optimisées au cas par cas pour des projets particuliers grâce à des modélisations spécifiques prenant en compte les climats extérieurs et intérieurs particuliers du site de construction, et la composition précise des panneaux CLT du chantier (type de colle, épaisseur des plans de collage, nombre de plis, épaisseur des plis,...) avec des données matériaux conformes au rapport « Perméabilité à la vapeur d'eau du CLT » ([lien](#)).

3.4.2 Prescriptions particulières pour les parois verticales en CLT avec un système ETICS

Le système complet d'enduit (couche(s) de base + finition(s)) doit avoir un Sd inférieur ou à égal à 2m pour les ETICS avec isolant en polystyrène expansé et à 1m pour les ETICS avec isolant en laine de roche ou en fibres de bois. L'épaisseur d'air équivalente Sd est déterminée selon l'ETAG 004.

En l'absence de pare-vapeur (dont le Sd est supérieur ou égal à 18 m, mis en œuvre côté intérieur par rapport au CLT), les justifications mécaniques devront être réalisées en classe de service 2.

Si un pare-vapeur dont le Sd est supérieur ou égal à 18 m est mis en œuvre, le dimensionnement de la structure, d'un point de vue strictement hygrothermique, pourrait être réalisé en classe de service 1.



Partie 3 : Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante des façades en bois revêtues d'un système ETICS



1. INTRODUCTION

Les dispositions de conception et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant (ETICS) appliqués sur parois de constructions à ossature en bois définies dans le Cahier CSTB 3729_V2 de décembre 2014 limitent la hauteur de l'ETICS à 9 m (hors pignon), voire 6 m dans certains cas.

Ce rapport décrit les travaux menés, dans le but de montrer la compatibilité des systèmes ETICS avec les exigences climatiques propres à des hauteurs de façade plus importantes : la résistance au vent et tout particulièrement l'étanchéité à l'eau, pour laquelle des essais avant et après vieillissement ont été réalisés.

Ce document permet d'envisager la mise en œuvre d'ETICS sur des bâtiments bois de plusieurs niveaux, au-delà de 9 m de hauteur.

2. DÉFINITION DES EXIGENCES : SOLLICITATIONS DE VENT ET DE PLUIE BATTANTE DES FAÇADES

Les actions dues au vent sont de deux types : celles en pression et celles en dépression.

En termes de durabilité, en particulier pour la façade bois support d'ETICS, l'incidence de la pluie battante est liée à l'action en pression du vent, alors que pour la tenue mécanique des ETICS, c'est l'action du vent en dépression qui doit être considérée.

2.1 Actions dues au vent

La pression de vent caractéristique (pression dynamique de pointe) est calculée selon NF EN 1991-1-4 + A1 et de son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA + A1 + A2 + A3. Les pressions (en Pa) dans le tableau ci-après sont données pour des sites dont l'orographie est défavorable (coefficient $C_0 = 1,15$), sur le territoire français métropolitain.

| Région de vent | Catégorie de terrain | Hauteur de la façade (m) | | |
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------|
| | | $H \leq 9$ | $9 < H \leq 18$ | $18 < H \leq 28$ |
| 1 | IV | 508 | 552 | 732 |
| | IIIb | 552 | 704 | 900 |
| | IIIa | 720 | 872 | 1072 |
| | II | 920 | 1072 | 1280 |
| | 0 | 1136 | 1276 | 1492 |
| 2 | IV | 604 | 656 | 860 |
| | IIIb | 660 | 836 | 1072 |
| | IIIa | 856 | 1040 | 1280 |
| | II | 1096 | 1276 | 1532 |
| | 0 | 1356 | 1520 | 1772 |
| 3 | IV | 708 | 772 | 1012 |
| | IIIb | 772 | 984 | 1252 |
| | IIIa | 1004 | 1220 | 1500 |
| | II | 1284 | 1496 | 1792 |
| | 0 | 1588 | 1780 | 2080 |
| 4 | IV | 820 | 896 | 1180 |

| | | | | |
|--|------|------|------|------|
| | IIIb | 896 | 1140 | 1452 |
| | IIIa | 1164 | 1416 | 1740 |
| | II | 1488 | 1736 | 2080 |
| | 0 | 1844 | 2068 | 2392 |

2.2 Actions de la pluie battante

Telles que définies dans le NF DTU 33.1 P1-1 pour les façades rideaux, et reprises dans le NF DTU 31.2 de mai 2019, les sollicitations de pluie battante correspondent à 25% de la pression de vent caractéristique (pression dynamique de pointe) telle que définie dans le tableau ci-dessus.

Le tableau ci-après présente donc, en Pa, les sollicitations de résistance à la pluie battante pour une façade de bâtiment.

| Région de vent | Catégorie de terrain | Hauteur de la façade (m) | | |
|----------------|----------------------|--------------------------|-----------------|------------------|
| | | $H \leq 9$ | $9 < H \leq 18$ | $18 < H \leq 28$ |
| 1 | IV | 127 | 138 | 183 |
| | IIIb | 138 | 176 | 225 |
| | IIIa | 180 | 218 | 268 |
| | II | 230 | 268 | 320 |
| | 0 | 284 | 319 | 373 |
| 2 | IV | 151 | 164 | 215 |
| | IIIb | 165 | 209 | 268 |
| | IIIa | 214 | 260 | 320 |
| | II | 274 | 319 | 383 |
| | 0 | 339 | 380 | 443 |
| 3 | IV | 177 | 193 | 253 |
| | IIIb | 193 | 246 | 313 |
| | IIIa | 251 | 305 | 375 |
| | II | 321 | 374 | 448 |
| | 0 | 397 | 445 | 520 |
| 4 | IV | 205 | 224 | 295 |
| | IIIb | 224 | 285 | 363 |
| | IIIa | 291 | 354 | 435 |
| | II | 372 | 434 | 520 |
| | 0 | 461 | 517 | 598 |

En synthèse, pour qu'une solution technique soit considérée étanche à l'eau, dans toutes les zones de vent, celle-ci doit faire la preuve de sa résistance à (arrondi à la dizaine supérieure) :

- 470 Pa pour les constructions dont la hauteur est inférieure à 9 m,
- 520 Pa pour les constructions dont la hauteur est inférieure à 18 m,
- 600 Pa pour les constructions dont la hauteur est inférieure à 28 m.

3. ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES SYSTÈMES ETICS

3.1 Résistance au vent

3.1.1 Résistance au vent des ETICS collés

Les ETICS collés, avec ou sans fixation mécanique supplémentaire aux points singuliers, ne présentent pas de limitation d'emploi par rapport aux actions du vent en pression ou en dépression.

La résistance à l'arrachement de la colle sur le panneau support doit être évaluée conformément à l'Annexe 1 du Cahier 3729_V2.

3.1.2 Résistance au vent des ETICS fixés mécaniquement

Les ETICS fixés mécaniquement présentent des limitations d'emploi par rapport aux actions du vent en dépression. Leur emploi n'est pas limité en pression.

Pour une configuration donnée, la résistance de calcul R_d à l'action du vent en dépression est prise égale à la plus petite des deux valeurs suivantes :

- résistance de calcul $R_{d, is}$ entre l'isolant et les fixations, déterminée conformément au paragraphe 4 du Cahier du CSTB 3701 ;
- résistance de calcul $R_{d, su}$ entre les fixations et le support (montant d'ossature ou panneau CLT), déterminée conformément à l'Annexe 2 du Cahier 3729_V2.

Les fixations mécaniques de l'isolant doivent faire l'objet d'un marquage CE selon la norme NF EN 14592+A1 ou sur la base d'une Évaluation Technique Européenne. La valeur du paramètre d'arrachement caractéristique $f_{ax,k}$ de la fixation, qui sert au calcul de la résistance à l'arrachement dans le support (voir Annexe 2 du Cahier 3729_V2), doit être mentionnée dans la déclaration des performances de cette fixation.

Le DTA ou l'AT de l'ETICS indique les résistances de calcul à l'action du vent en fonction du nombre de fixations, ainsi que les plans de fixation en partie courante.

Note : Le charpentier/constructeur bois doit être informé des éventuelles contraintes de conception de la COB liées à la fixation mécanique de l'ETICS. Par exemple, dans les régions et/ou dans les parties d'ouvrage soumises à des sollicitations de vent élevées, cela peut conduire à réduire l'entraxe entre montants de la COB afin que le façadier puisse mettre en œuvre un nombre de fixations adapté à la sollicitation du vent.

3.2 Résistance à la pluie battante

3.2.1 Choix de la méthode d'essai

Plusieurs textes de référence permettent de caractériser la performance des parois :

- NF EN 12865 (Décembre 2012) : Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments – Détermination de la résistance à la pluie battante des systèmes de murs extérieurs sous pression d'air pulsatoire
- NF EN 13830 (Juillet 2015) : Façades rideaux, qui renvoie pour l'étanchéité à l'eau aux normes :
 - NF EN 12155 (Octobre 2000) : Façades rideaux – Détermination de l'étanchéité à l'eau – Essai de laboratoire sous pression statique
 - NF EN 12154 (Décembre 2000) : Façades rideaux – Etanchéité à l'eau – Exigences de performance et classification

La norme NF EN 13830 impose de fixer une pression maximale cible pour établir le niveau des paliers de pression intermédiaires et de travailler sur des parois complètes.

La performance maximale des systèmes ETICS n'étant pas connue, et la limite du domaine d'application n'étant pas fixée à l'avance, il a été fait le choix d'utiliser la norme NF EN 12865, qui permet de mener un essai de type « exploratoire ».

Le détail du protocole d'essai suivi figure dans le rapport d'essai en annexe 1.

3.2.2 Protocole de vieillissement

Plusieurs protocoles de vieillissement coexistent :

- Les protocoles dédiés aux mousses imprégnées précomprimées (calfeutrement, selon NF P 85-571) et celui des ETICS (selon ETAG 004), exceptés pour le nombre de cycles, sont assez proches : séquences chaud / froid / humidité sur des périodes relativement courtes, visant à obtenir une « fatigue » des composants. Les matériaux utilisés ici satisfont aux essais physiques et mécaniques réalisés post-vieillessement et sont donc réputés « résistants » à ce type de sollicitations.
- Le protocole « façades bois » (protocole FCBA n° FCBA-LBO-PHY-003) a lieu sur des périodes plus longues. Son objectif est d'obtenir les plus grandes variations dimensionnelles possibles, par reprise d'eau des éléments en bois ou à base de bois.

La principale différence entre les protocoles vient donc de la durée d'exposition des composants en bois ou à base de bois à des conditions humides.

Au vu de la vitesse de sorption du matériau bois, les protocoles mousses imprégnées précomprimées et ETICS ne permettent pas d'obtenir de variations dimensionnelles importantes sur le support bois.

L'objectif du vieillissement préalable aux essais d'étanchéité à l'eau de l'étude « ETICS sur Ossature bois et CLT » est de soumettre les maquettes à des sollicitations importantes mais réalistes, et non de caractériser les différents composants qui l'ont été par ailleurs. En effet, les composants utilisés sont soit traditionnels (et donc bénéficiant d'une expérience reconnue et

réussie) soit bénéficiant d'un Avis Technique visant favorablement leur utilisation dans le domaine d'emploi considéré.

Les systèmes ETICS ont pour rôle de protéger des intempéries, les composants en bois et à base de bois mais ne peuvent être assimilés à une étanchéité. C'est pourquoi le traitement des points singuliers est particulièrement important, notamment la tenue dans le temps des calfeutrements mousses imprégnées précomprimées.

Afin de maximiser les sollicitations « extérieures » sur le système ETICS et les mousses imprégnées précomprimées (MIP), il est donc proposé de se baser sur le protocole FCBA n° FCBA-LBO-PHY-003 en l'adaptant pour justement générer ces sollicitations extérieures maximales.

Ainsi le protocole de vieillissement suivant, après accord du GS7 en janvier 2018, a été appliqué :

1. Une 1ère série de 10 cycles rapides chaleur / pluie type ETAG 004 (chaleur à 70°C maintenue pendant 2h) et un arrosage 1 l/m² min pendant 1 heure, avec 2h d'égouttage entre les cycles.
2. Puis un cycle long pour obtenir des déformations les plus importantes des supports des calfeutrements MIP et système ETICS, c'est-à-dire associer une variation d'humidité massique maximale dans les éléments en bois (entre 10% ± 2% jusqu'au point de saturation des fibres) à une amplitude thermique importante sur les éléments métalliques de l'encadrement de baie (entre +5°C et + 70°C, soit un gradient thermique de 65°C). Soit la séquence suivante :
3. Humidification par arrosage continu (2l/(min.m²)) sur la face extérieure de la maquette jusqu'à saturation en eau des composants pour simuler une période de pluie prolongée.
4. Maintien de la maquette pendant 72h à 5°C et 95% HR.
5. Séchage par rayonnement infra-rouge (panneau radiant) à une température d'environ 70°C sur la face extérieure de la maquette jusqu'à stabilisation de l'humidité des composants pour simuler une période sèche prolongée et des expositions prolongées au rayonnement solaire.

Des détails sur ce protocole de vieillissement figurent dans le rapport d'essai en annexe 1.

Note : Même si la température ne passe pas sous la barre des 0°C, il est généralement constaté que la majorité des défauts, lors du test hygrothermique selon l'ETAG 004 sur les maquettes ETICS, apparaît lors des cycles « chaleur-pluie ». Les cycles « chaleur-froid » accentuent en général les défauts constatés lors des précédents cycles.

3.2.3 Définition des maquettes à soumettre aux essais

✓ Choix des points singuliers

Les liaisons linéaires entre éléments de façade ou ponctuelles (types traversées de paroi) sont réalisées avec des systèmes de calfeutrement traditionnels (mastic sur fond de joint ou mousse imprégnée précomprimée) dont le comportement est connu et la performance en termes de résistance à la pluie battante évaluée jusqu'à 600 Pa.

Le point singulier le plus défavorable, objet des essais de la présente étude et sur lequel il y a le moins de retour d'expérience, se situe au niveau des baies, avec un retour d'ETICS en tableau. Afin de vérifier l'incidence de la profondeur de tableau, un essai sera réalisé avec une menuiserie

positionnée en applique intérieure et l'autre avec une menuiserie positionnée en tunnel au nu extérieur du mur à ossature bois.

✓ **Choix du support bois**

Afin de solliciter le plus possible le système ETICS et les calfeutremments, le support bois le plus défavorable (déformabilité sous sollicitations) est un OSB 3 d'épaisseur 9 mm mis en œuvre sur une ossature bois dont les montants sont espacés de 60 cm.

✓ **Choix du système ETICS**

Isolant

Le choix a été fait d'utiliser de l'isolant laine de roche, fixée mécaniquement en épaisseur 40 mm, afin de minimiser la contribution à l'étanchéité à l'eau de la façade (cas défavorable).

Enduit

Le choix a été fait de retenir le système ETICS dont la reprise d'eau par capillarité était la plus élevée.

Sur l'ensemble des valeurs disponibles de reprise d'eau par capillarité de systèmes évalués sur COB via un AT ou un DTA, la valeur de reprise d'eau maximale par capillarité déterminée selon l'ETAG 004 de 0,6 kg/m² après 24 heures.

L'épaisseur maximale du système d'enduit testé est de 11 mm.

Note : Le système retenu a présenté une valeur moyenne de 0,53 kg/m² après 24 heures et une valeur maximale individuelle de 0,57 kg/m² après 24 heures.

3.2.4 Définition et fabrication des corps d'épreuve

✓ **Fabrication du support bois avec fenêtre extérieure**

Deux parois à ossature bois de format 2,40 m x 2,40 m ont été fabriquées à partir de bois d'ossature de section 45 x 95 mm, à entraxe 60 cm et d'un panneau OSB3 d'épaisseur 9mm. Un chevêtre de dimension H/V 1420 x 1145 mm est ménagé conformément au NF DTU 31.2. La menuiserie bois est mise en œuvre et calfeutrée dans ce chevêtre, en applique intérieure pour l'une, en tunnel extérieur pour l'autre (voir figures 26 à 29ci-dessous). La menuiserie est constituée d'un châssis fixe pour ne pas que d'éventuelles fuites au niveau de la liaison ouvrant / dormant ne viennent perturber les essais.

✓ **Mise en place de capteurs d'humidité à l'interface support bois / isolant**

En complément de l'essai de résistance à la pluie battante, les maquettes ont été instrumentées par des capteurs d'humidité relative, afin de mesurer le taux d'humidité en surface, pour pouvoir confirmer le rôle de protection du support bois vis-à-vis de l'humidité par le système ETICS en situation d'exposition à la pluie battante.

La position des capteurs sur chaque maquette figure sur les photos ci-dessous, sur des points réputés sensibles (angles des baies), ainsi qu'en partie courante :

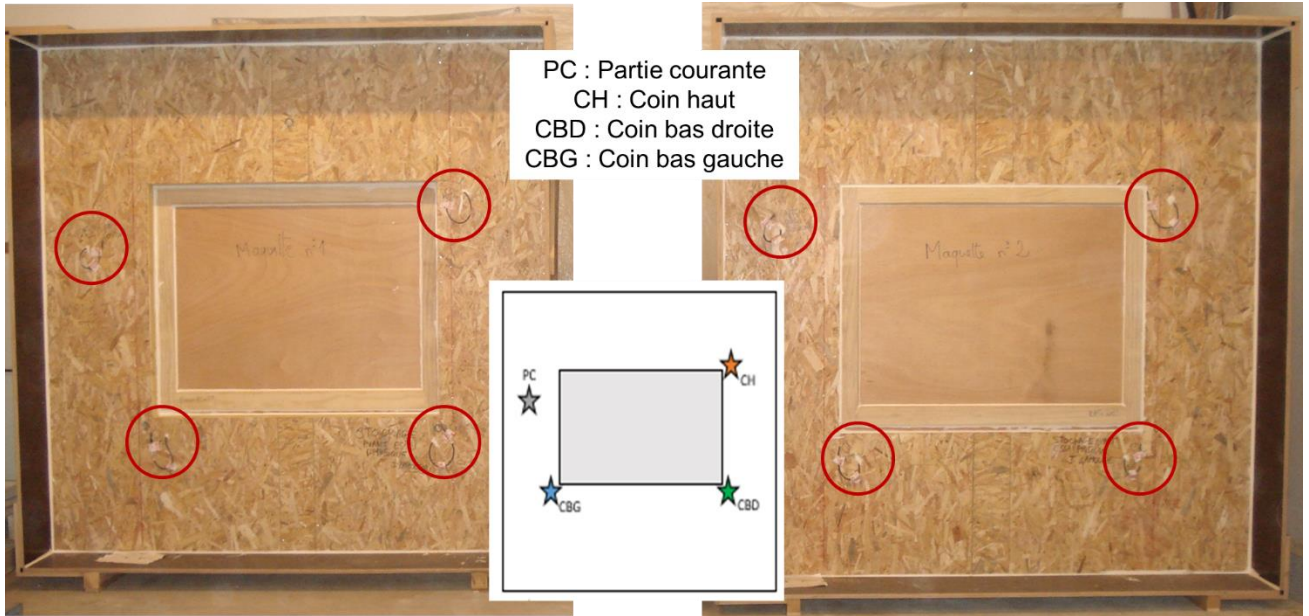


Figure 22 Position des capteurs d'humidité relative sur les maquettes

Les capteurs sont de marque Newsteo, modèle STH55 avec des boîtiers d'acquisition de marque Newsteo, modèle LGR32 (gamme de mesure d'humidité relative de 0 à 100 %, précision de $\pm 2\%$ de 10 à 90%).

✓ Pose de l'isolant

L'isolant laine de roche est fixé mécaniquement au moyen de vis avec collerette plastique conformément au Cahier 3729_V2.



Figure 23 Pose de l'isolant

✓ **Choix et pose des accessoires d'étanchéité dans le chevêtre**

Du fait de la performance visée, des accessoires spécifiques sont utilisés.

Pour la liaison retour d'enduit en tableau appui de baie, des profilés de jonction spécifiques ont été utilisés : il s'agit d'embouts en aluminium mécano-soudés de marque RBB Aluminium et modèle RAG²40 avec des garnitures d'étanchéité EPDM. Ils permettent à la fois d'assurer l'étanchéité de la liaison avec le capotage de la pièce d'appui et d'absorber les dilatations thermiques, sans solliciter en cisaillement les plans de calfeutrement.



Figure 24 Embout mécano-soudés avec garniture d'étanchéité (seul – à gauche – assemblé avec le capotage de la pièce d'appui – à droite)

La liaison du dormant de la menuiserie avec le retour d'enduit en tableau est assurée par un profilé de type STO Perfekt, permettant également absorber les variations dimensionnelles.



Figure 25 Profilé de liaison avec les dormants de menuiserie

En sous-face du capotage de la pièce d'appui, une membrane (pare-pluie conforme au NF DTU 31.2) est mise en œuvre.

Les détails d'intégration des fenêtres dans les maquettes sont représentés sur les figures ci-dessous :

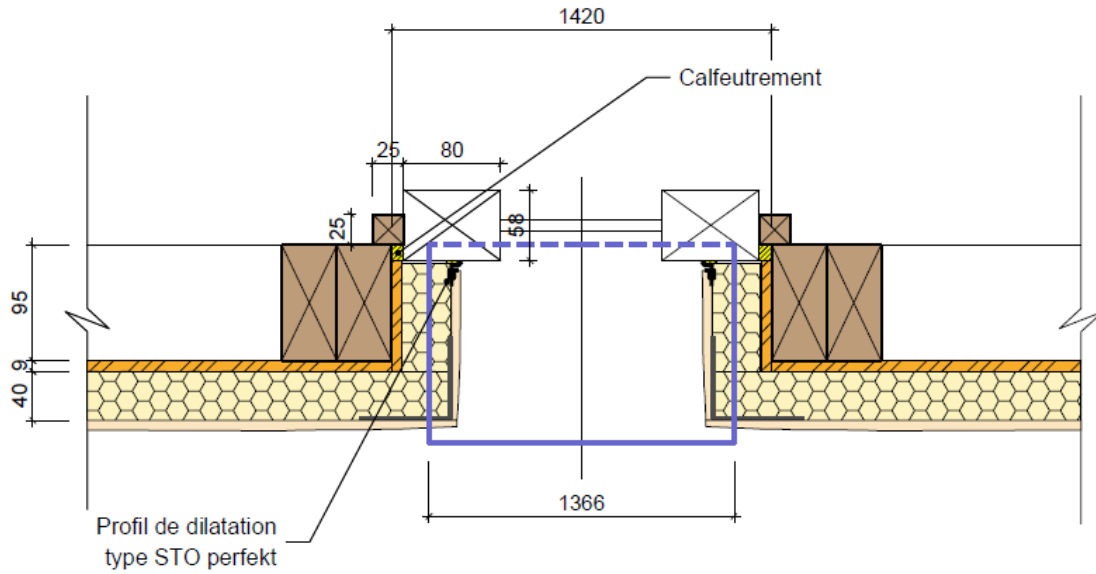


Figure 26 Maquette avec menuiserie en applique intérieure – coupe horizontale

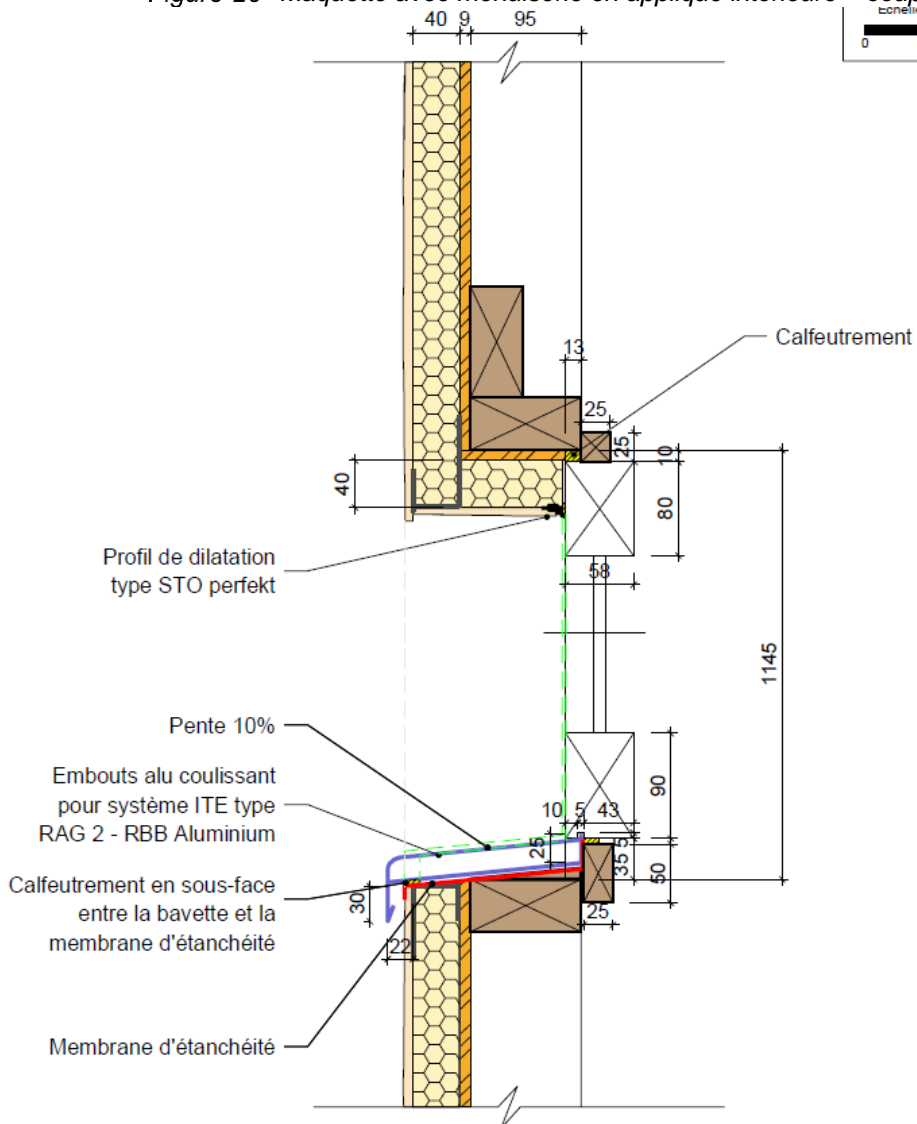


Figure 27 Maquette avec menuiserie en applique intérieure – coupe verticale

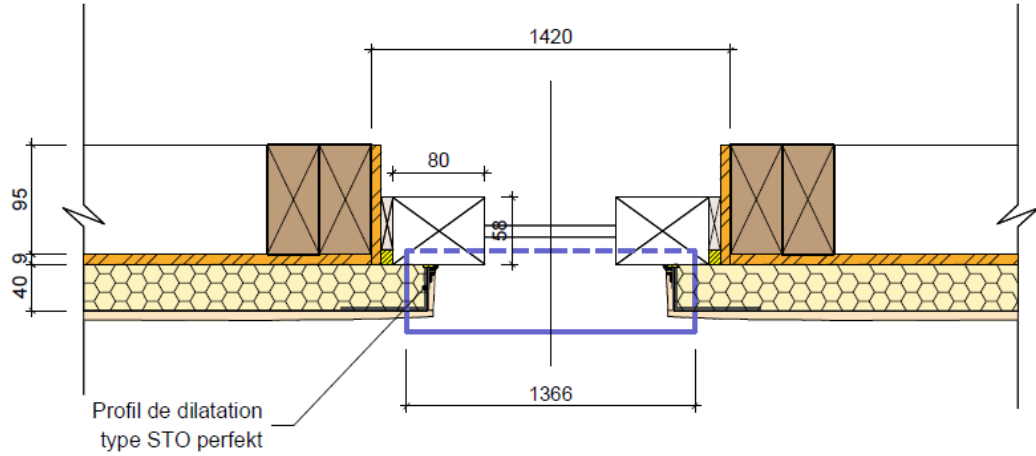


Figure 28 Maquette avec menuiserie en tunnel extérieur – coupe horizontale

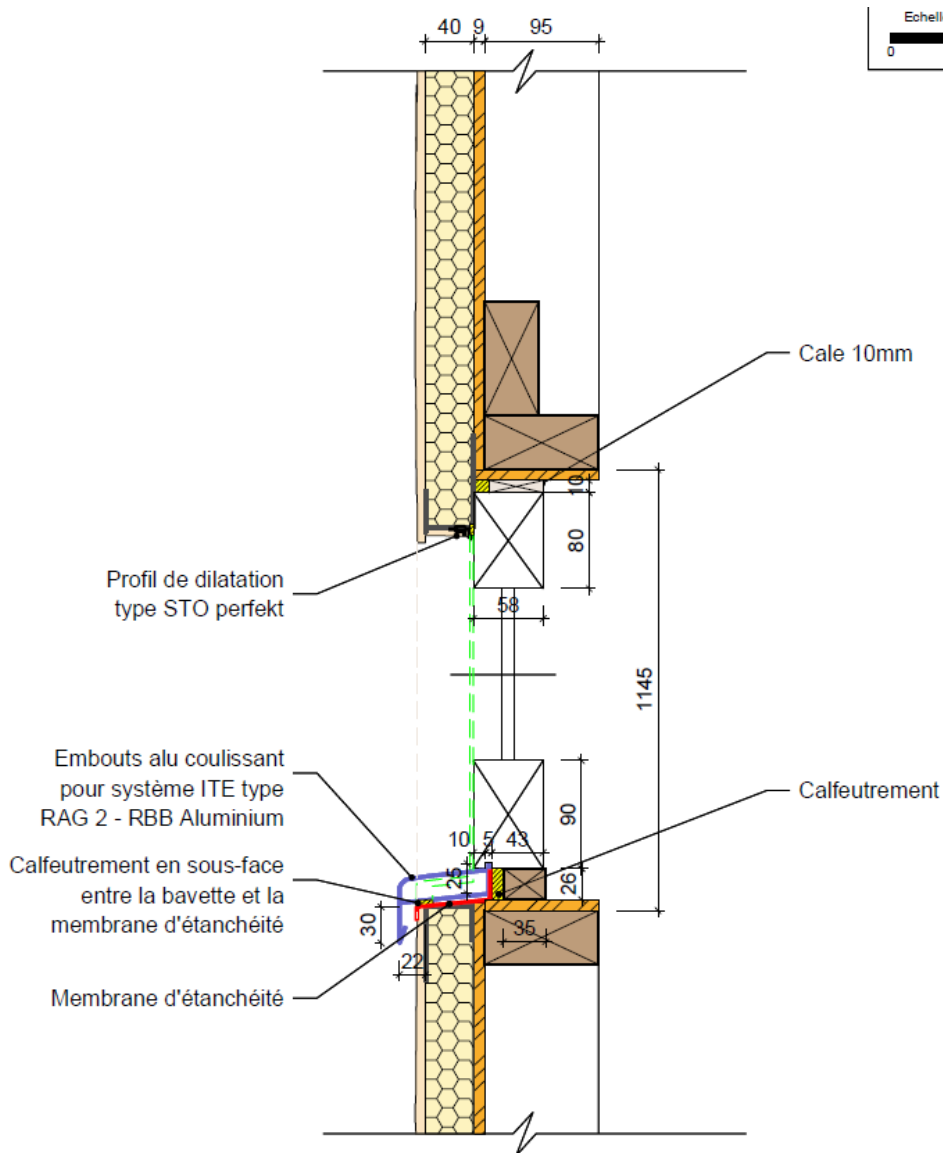


Figure 29 Maquette avec menuiserie en tunnel extérieur – coupe verticale

- ✓ **Mise en œuvre de l'enduit et des calfeutrements retour d'enduit / embouts mécano-soudés.**

Le système d'enduit (couche de base armée et couche de finition) est mis en œuvre sur l'isolant.

L'angle supérieur horizontal en linteau est traité avec un profilé formant goutte d'eau. Les angles verticaux sont traités comme des angles extérieurs avec des cornières d'angles.



Figure 30 Mise en œuvre de l'enduit sur les maquettes

3.2.5 Résultats d'essai

- ✓ **Constat visuel après vieillissement**

Aucune dégradation des maquettes n'est constatée, ni décollement des calfeutrements, ni fissuration dans les enduits.

- ✓ **Essais selon NF EN 12865**

Le détail des résultats figure dans le rapport d'essai en annexe 1.

Les deux maquettes n'ont pas présenté de fuites jusqu'à 1200 Pa. L'essai a été arrêté pour ne pas risquer une rupture brutale de la menuiserie.

Après démontage des pièces métalliques au niveau de l'appui de baie, il n'a pas non plus été constaté de traces d'humidité et d'infiltration sur les maquettes.

✓ **Relevés d'humidité par les capteurs**

Les capteurs positionnés sur les maquettes ont permis de relever l'humidité relative à l'interface entre l'isolant et le panneau OSB3 en différents points des maquettes (voir 3.2.4. ci-dessus) pendant les différentes phases du vieillissement et pendant l'essai.

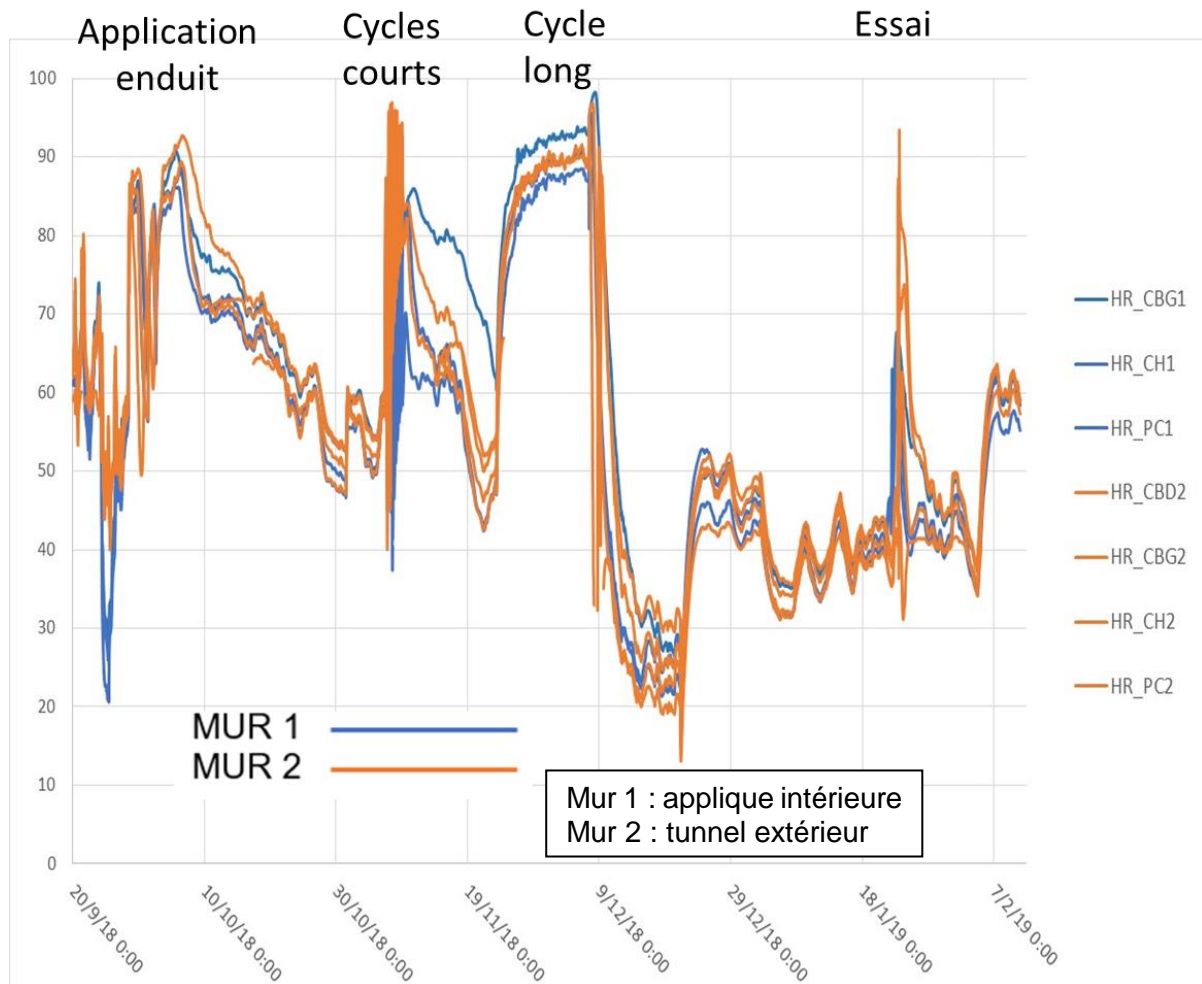


Figure 31 Evolution de l'humidité relative dans les capteurs entre septembre 2018 et février 2019

Une analyse d'ensemble des relevés des capteurs montre un comportement analogue pour les deux murs. En revanche, de fortes variations sont constatées au cours de l'étude avec des valeurs très hautes : pour un panneau travaillant, l'humidité relative maximale doit correspondre aux conditions de la classe de service 2, soit une humidité relative ne dépassant 85 % que quelques semaines par an (selon la définition de l'Eurocode 5).

Note : L'humidité relative du local a été maintenue entre 60% et 80% pendant toute la phase de vieillissement. Les relevés du capteur « Coin Bas Droite » du mur 1 ne sont pas reportés sur la figure ci-dessus (données anormales et erratiques).

Les figures suivantes montrent de manière plus précise les données pour le mur 1, lors des différentes étapes de l'étude.

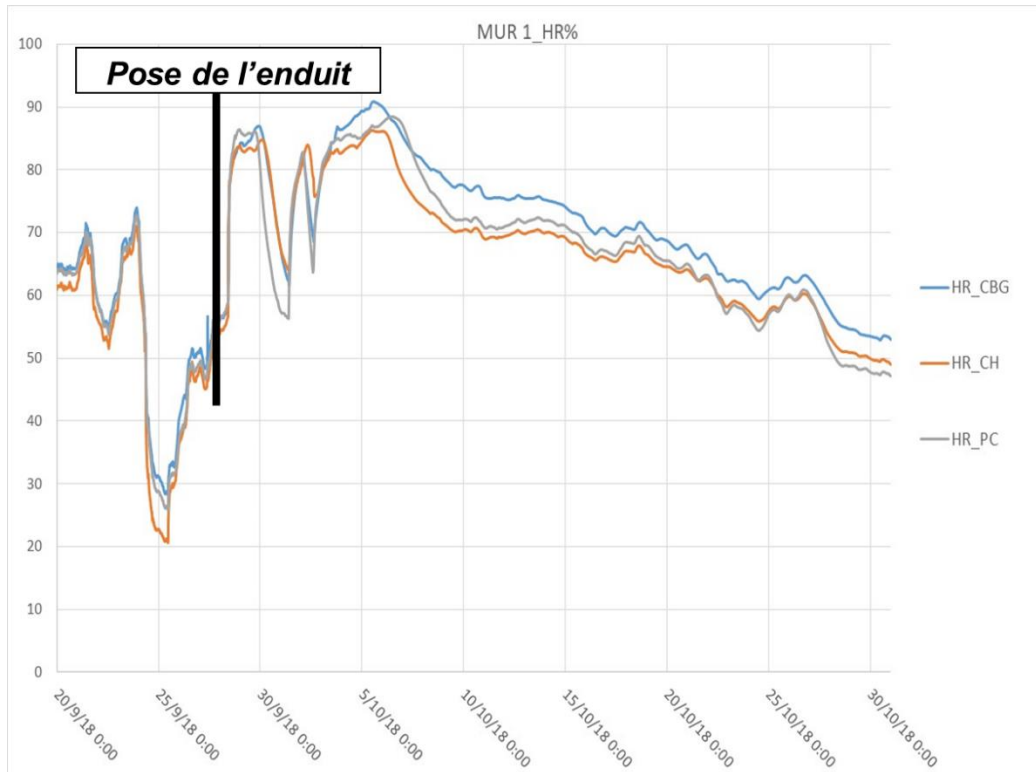


Figure 32 Focus sur l'humidification de l'enduit lors des étapes d'application de l'enduit

On constate lors de l'application de l'enduit une montée rapide en humidité lors de la phase de séchage (premier pic lors de l'application de la couche de base armée, deuxième pic lors de l'application de la couche de finition).

Cependant on constate un séchage suffisamment rapide de la surface du panneau : l'humidité relative maximale cible de 85% est dépassée mais la durée d'humidification n'excède pas une quinzaine de jours, ce qui ne constitue pas une problématique de durabilité mécanique ou biologique.

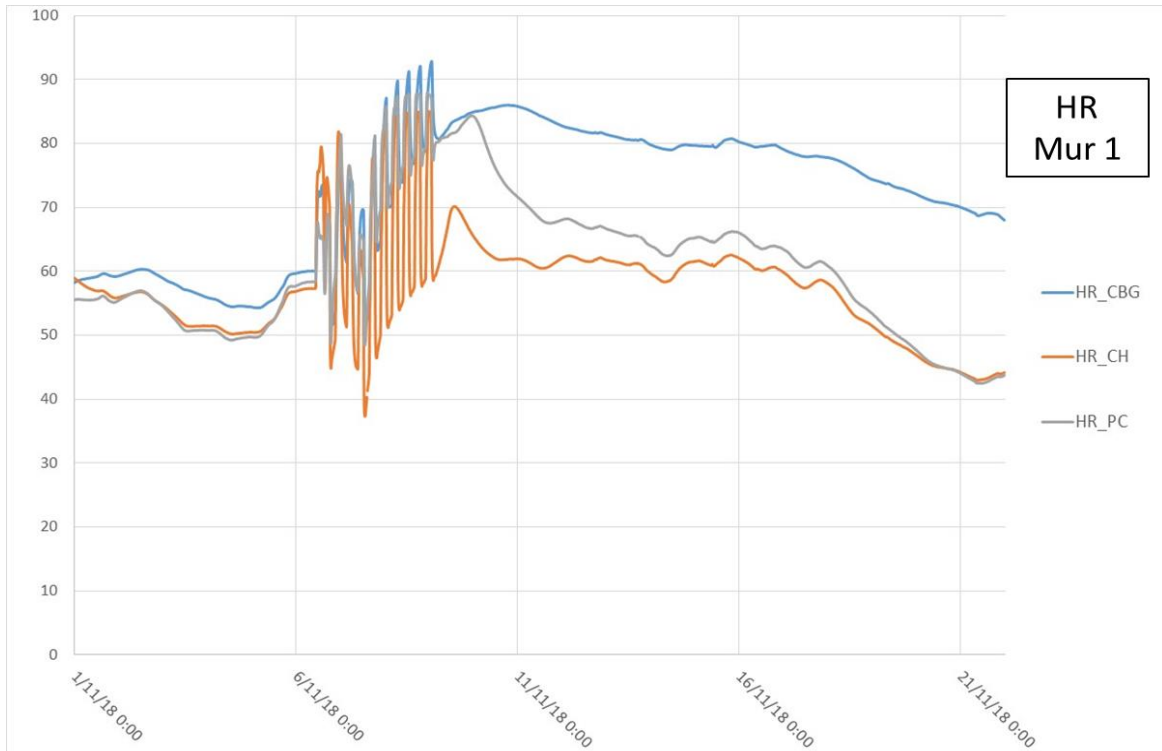


Figure 33 Evolution de l'humidité relative pendant les cycles courts du vieillissement

Lors de l'exposition aux 10 cycles courts (type ETAG 004 : chaleur à 70°C maintenue pendant 2h, arrosage 1 l/m² min pendant 1 heure, 2h d'égouttage entre les cycles), on constate clairement la reprise d'humidité rapide lors de chaque arrosage. Dès le 6^{ème} cycle, les 85% d'humidité relative sont dépassés à la surface du panneau. Le comportement est identique pour les 3 capteurs, y compris le capteur en partie courante.

L'humidification n'est pas due à une fuite, car aucune fissure n'est constatée. Ces taux d'humidité ne sont pas compatibles avec les conditions de la classe de service 2.

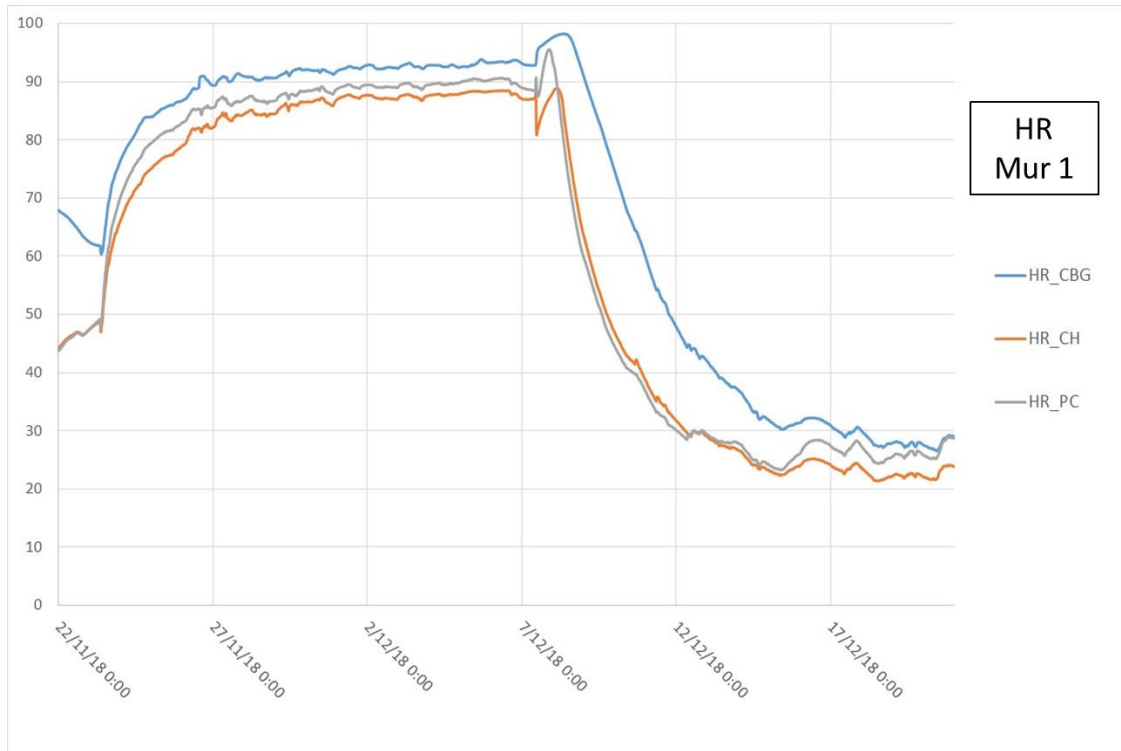


Figure 34 Evolution de l'humidité relative pendant le cycle long du vieillissement

Le cycle long pluie / froid / chaleur (humidification par arrosage continu ($2l/(min.m^2)$) sur 15 jours, maintien de la maquette pendant 72h à 5°C et 95% HR ; séchage par rayonnement infra-rouge (panneau radiant) à une température d'environ 70°C sur 15 jours) conduit pour les 3 capteurs à des conditions d'humidité relative supérieures à 85%.

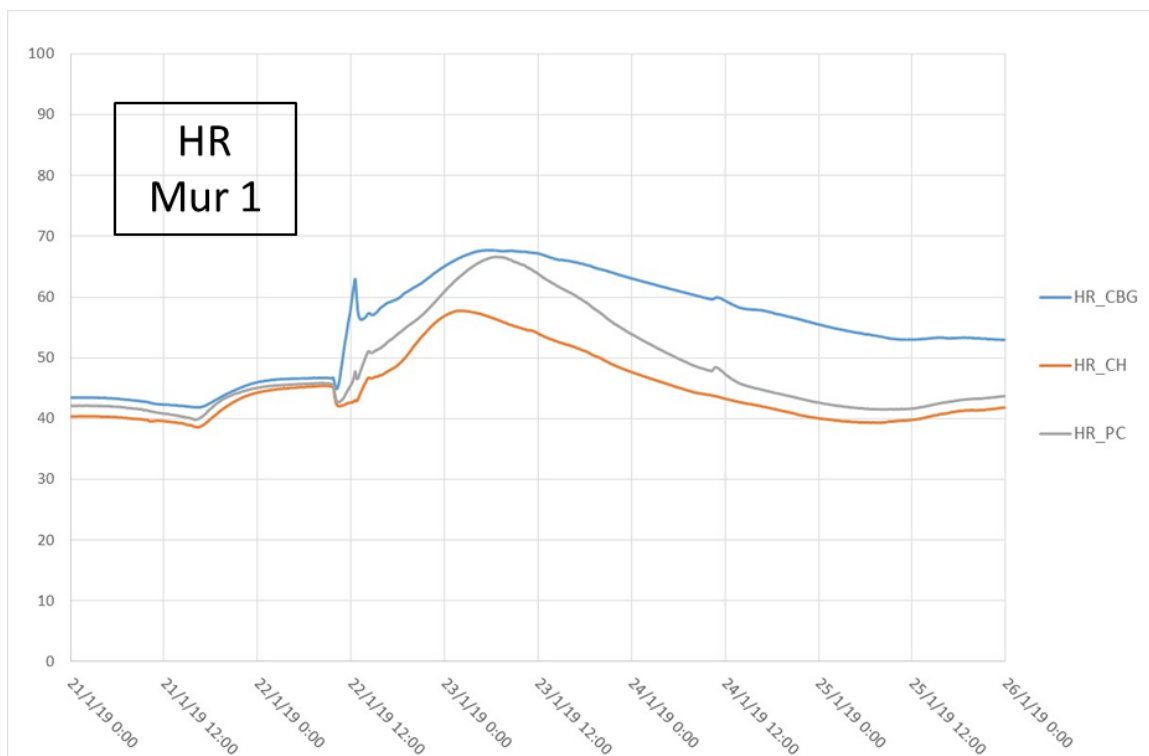


Figure 35 Evolution de l'humidité relative pendant l'essai de résistance à la pluie battante dans le mur 1 (applique intérieure)

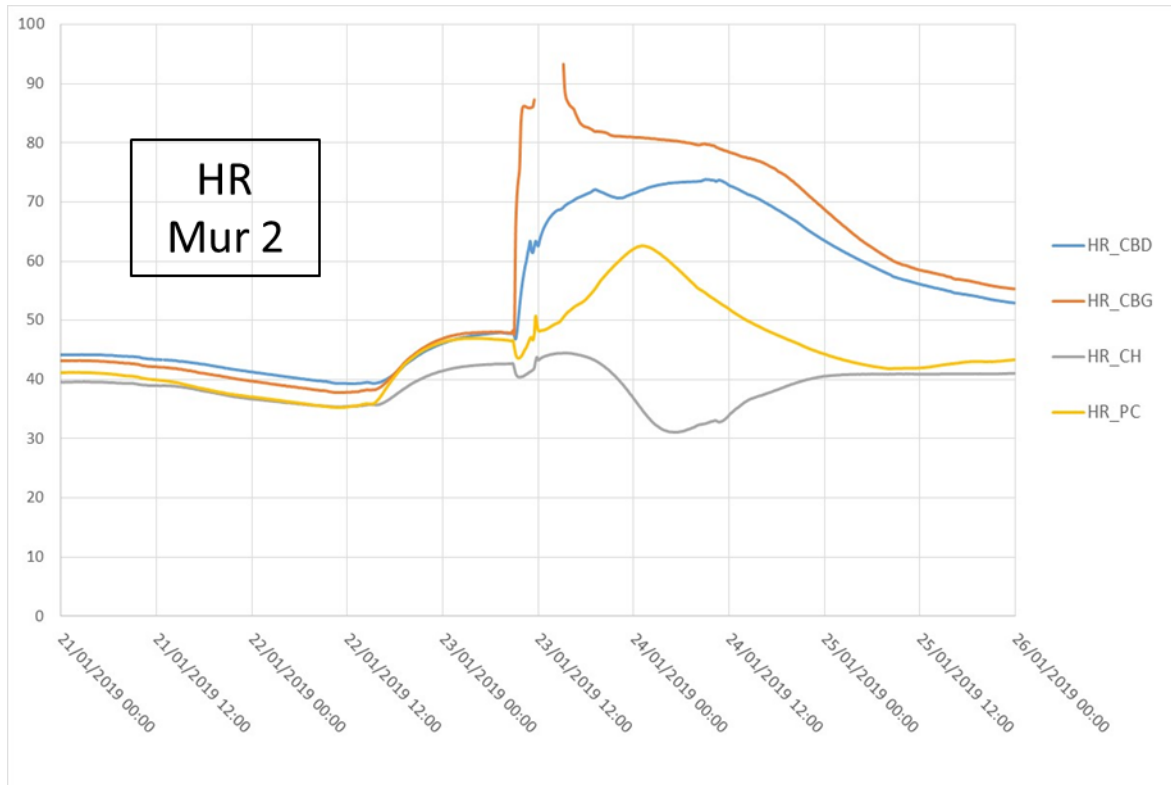


Figure 36 Evolution de l'humidité relative pendant l'essai de résistance à la pluie battante dans le mur 2 (tunnel extérieur)

Ces courbes confirment l'absence de fuite, l'humidité relative reste inférieure à 80%.

Remarque : le capteur CBG « Coin Bas Gauche » du Mur 2 présente une anomalie de mesure pendant toute la durée de l'étude, ses données sont donc écartées. Pendant l'essai ainsi que lors du démontage après essai, l'absence de fuite est confirmée visuellement.

3.2.6 Interprétation des résultats

✓ Rappel synthétique des résultats

L'essai de résistance à la pluie battante et l'analyse des données des capteurs montrent un comportement analogue pour les deux murs, et pour tous les capteurs, quelle que soit leur position.

Cependant, on constate de fortes variations au cours de l'étude avec des valeurs d'humidité relative très hautes (> 85%), alors que l'humidité relative du local d'essai a été maintenue entre 60% et 80% pendant tout le vieillissement et que les essais de résistance à la pluie battante ont montré qu'il n'y avait pas de fuite.

L'eau arrivant à la surface du panneau n'est donc pas de l'eau liquide mais arrive par capillarité ou migration de vapeur. Nonobstant les conditions météo réelles, ces taux d'humidité ne sont pas compatibles avec la durée de vie d'un panneau bois et son aptitude à l'usage à long terme.

✓ Discussions sur les humidités relatives excessives relevées

Les arrosages réalisés pendant les cycles courts type ETAG 004 interviennent juste après un période de chauffe. L'eau arrive donc sur une paroi très chaude (70°C) et extrêmement sèche, ce qui explique une reprise d'eau rapide.

A noter également qu'il faut attendre 6 cycles courts successifs pour que l'humidité relative dépasse 85%, valeur critique pour les panneaux à base de bois.

Sur un système ETICS en œuvre, ces conditions météorologiques ne sont jamais rencontrées.

L'humidité relative pendant la phase d'arrosage de l'essai pluie battante, associée aux rafales de vent, ne dépasse jamais 80%, et ne présente pas d'augmentation brutale malgré une durée supérieure à celle des cycles courts type ETAG 004.

La montée en humidité du cycle long, s'effectue sur une paroi plus froide (20°C). Il n'y a donc pas d'effet lié à la différence de température entre les faces de la maquette.

Lorsque l'on analyse plus finement la montée en humidité lors de cet arrosage, (voir courbes ci-dessous), la limite de 85% est atteinte pour le capteur le plus défavorable au bout de 46h.

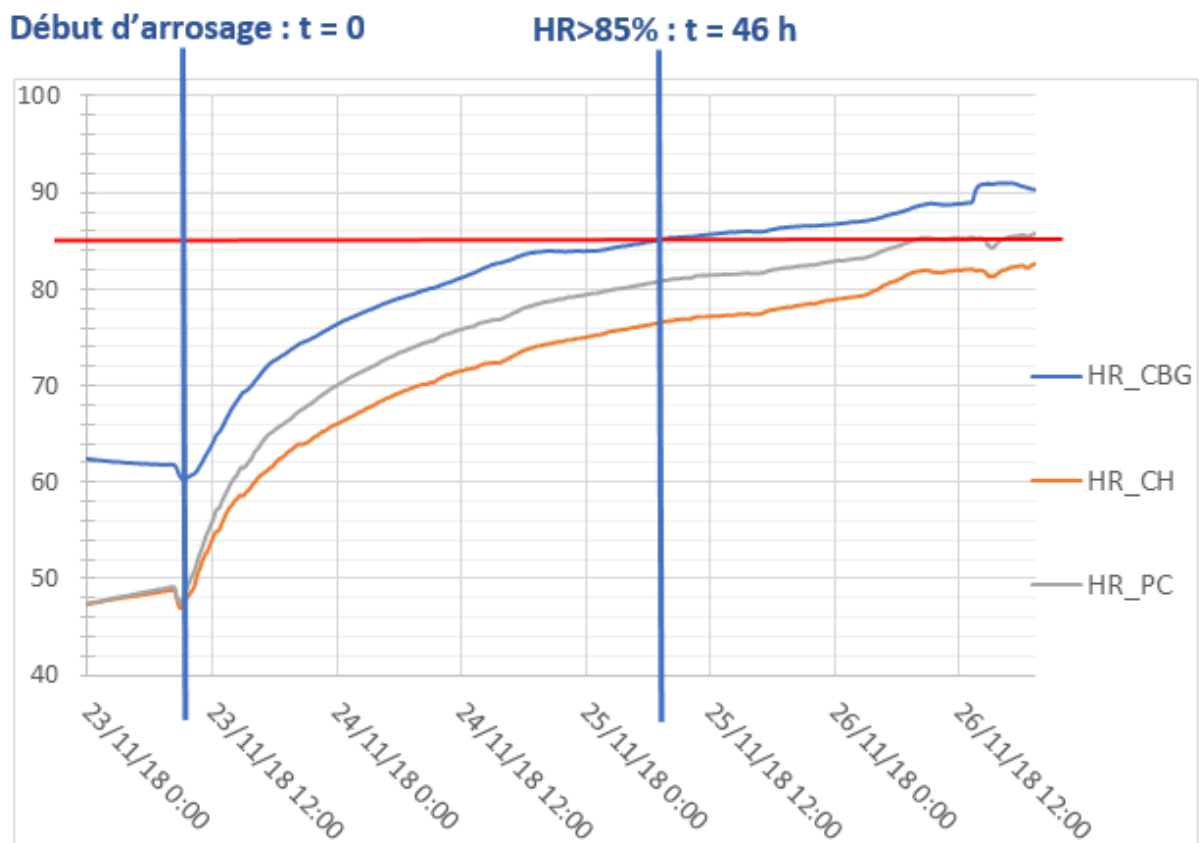


Figure 37 Analyse de la vitesse d'absorption d'eau pendant la phase d'arrosage

La quantité d'eau projetée (sans pression) sur les maquettes lors de cet arrosage long est de 2 litres par m² et par min. Sachant que 1l/m² est équivalent à 1 mm de hauteur d'eau, la façade, au

cours que l'essai reçoit l'équivalent de 2 mm/ min soit 120 mm/h ou encore 2880 mm / jour et 5520 mm pour les 46h au bout desquelles l'humidité relative est dépassée.

✓ **Comparaison avec les données météo disponibles**

Pour comparer les conditions d'essais à la réalité « météo », il convient d'une part d'observer les moyennes mensuelles de nombre de jours de pluie annuels et de quantité de pluie, deux grandeurs qui ne sont pas forcément liées.

Cette analyse a été menée d'après les bases de données suivantes, disponibles en ligne :

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/indices-mensuels-de-precipitations-et-nombre-de-jours-de-precipitations-issus-du-modele-aladin-climat/>

et https://mtmx.github.io/blog/carto_meteo/

En première approche, on peut noter que les communes du Sud-Est ont un climat franchement différent du reste du pays. La quantité de précipitations est faible (exemple : Perpignan et Marseille), mais se trouvent des communes où il pleut rarement mais sur des épisodes intenses (épisodes cévenols).

Sans grande surprise, Brest et Quimper, sont les villes où on compte le plus de jours de pluie dans l'année, mais Chambéry, Aurillac et Annecy sont de loin celles où il pleut le plus. 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

Si on analyse mois par mois le nombre maximum de jours de pluie on constate (moyenne 1976-2005) :

- Janvier : Brest – 17 jours de pluie, 136 mm soit 8 mm de pluie par jour de pluie
- Février : Brest – 18 jours de pluie, 126 mm soit 7 mm de pluie par jour de pluie
- Mars : Brest – 12 jours de pluie, 77 mm soit 6 mm de pluie par jour de pluie
- Avril : Pau – 14 jours de pluie, 117 mm soit 8 mm de pluie par jour de pluie
- Mai : Colmar – 17 jours de pluie, 85 mm soit 5 mm de pluie par jour de pluie
- Juin : Annecy – 16 jours de pluie, 142 mm soit 9 mm de pluie par jour de pluie
- Juillet : Belfort – 12 jours de pluie, 83 mm soit 7 mm de pluie par jour de pluie
- Aout : Belfort – 9 jours de pluie, 65 mm soit 7 mm de pluie par jour de pluie
- Septembre : Brest - 13 jours de pluie, 87 mm soit 7 mm de pluie par jour de pluie
- Octobre : Brest - 16 jours de pluie, 105 mm soit 7 mm de pluie par jour de pluie
- Novembre : Brest - 15 jours de pluie, 113 mm soit 8 mm de pluie par jour de pluie
- Décembre : Brest - 16 jours de pluie, 124 mm soit 8 mm de pluie par jour de pluie

Si on analyse mois par mois la quantité d'eau par jour de pluie on constate (moyenne 1976-2005) :

- Janvier : Chambéry – 11 jours de pluie, 140 mm soit 13 mm de pluie par jour de pluie
- Février : Bastia – 11 jours de pluie, 126 mm soit 11 mm de pluie par jour de pluie
- Mars : Annecy – 10 jours de pluie, 101 mm soit 10 mm de pluie par jour de pluie
- Avril : Chambéry – 12 jours de pluie, 113 mm soit 10 mm de pluie par jour de pluie
- Mai : Privas – 11 jours de pluie, 105 mm soit 10 mm de pluie par jour de pluie
- Juin : Avignon – 6 jours de pluie, 67 mm soit 11 mm de pluie par jour de pluie
- Juillet : Privas – 6 jours de pluie, 56 mm soit 9 mm de pluie par jour de pluie
- Aout : Chambéry – 7 jours de pluie, 68 mm soit 10 mm de pluie par jour de pluie
- Septembre : Valence - 9 jours de pluie, 125 mm soit 14 mm de pluie par jour de pluie
- Octobre : Valence - 9 jours de pluie, 127 mm soit 14 mm de pluie par jour de pluie
- Novembre : Privas - 9 jours de pluie, 134 mm soit 16 mm de pluie par jour de pluie
- Décembre : Privas - 8 jours de pluie, 108 mm soit 13 mm de pluie par jour de pluie

De même, les phénomènes de pluies extrêmes ont été mis en évidence :

Source : <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/-Evenements-memorables-.html>

On observe ainsi les valeurs suivantes depuis 1958 :

- 551 mm en 1 jour (dans l'Aude)
- 684 mm en 2 jours (dans le Gard)
- 710 mm en 3 jours (en Ardèche)
- 753 mm en 4 jours (dans le Gard)
- 910 mm en 5 jours (en Ardèche)
- 684 mm en 6 jours (en Ardèche)
- 730 mm en 7 jours (en Ardèche)
- 727 mm en 8 jours (en Ardèche)

A titre plus anecdotique, on peut trouver pour cette quantité d'eau extrême des records au niveau mondial :

- 1825 mm en 24 heures (sur l'île de la Réunion)
- 5510 mm en 8 jours (sur l'île de la Réunion)
- 9296 mm en 1 mois (en Inde)

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Pluviom%C3%A9trie#Records_de_pluviom%C3%A9trie_dans_le_monde

✓ **Conclusion sur le vieillissement des maquettes et les essais de résistance à la pluie battante**

L'analyse de ces données météo montre que la quantité d'eau reçue par les maquettes lors des différentes phases de vieillissement est très nettement supérieure à celle reçue en réalité. Au vu des vitesses de reprise d'eau des enduits, la contribution à la protection à l'eau de l'enduit soumis aux essais est donc suffisant au regard des sollicitations météo rencontrées en France métropolitaine.

3.2.7 Modélisations « pluie battante » complémentaires

✓ Description des travaux supplémentaires

Les conclusions ci-dessus doivent être confirmées grâce à des modélisations.

Ces modélisations complémentaires sont décomposées en deux temps :

- Simulations hygrothermiques en appliquant les 10 cycles rapides chaleur/pluie type ETAG 004, en 1D. L'objectif est de comparer le comportement simulé aux mesures réalisées au FCBA, avec un point d'attention sur le niveau d'humidité relative atteint à l'interface isolant – support bois. Si on observe les mêmes niveaux d'humidité relative, c'est qu'il y a effectivement une diffusion de vapeur de l'extérieur vers l'interface. Si les niveaux sont significativement plus faibles, c'est qu'il y a une pénétration d'eau liquide éventuelle jusqu'à ce point dans la maquette.
- La seconde phase de l'étude doit permettre de comparer le comportement de la paroi ayant subi les 10 cycles courts de type ETAG 004, et celui de cette même paroi sous le Climat de Nancy.

✓ Hypothèses de calcul

A partir des paramètres d'entrée fournis par le demandeur, le logiciel WUFI permet de déterminer les champs de température, d'humidité relative et de teneur en eau, en tout point des composants de la paroi et à chaque instant.

Propriétés des matériaux :

Les propriétés des matériaux sont données dans le tableau ci-après. Elles ont été choisies pour être représentatives des produits utilisés dans les maquettes de l'étude.

| | Masse volumique kg/m ³ | Porosité m ³ /m ³ | Chaleur spécifique J/kg.K | Conductivité thermique W/m.K | Facteur de résistance à la diffusion - | Coefficient d'absorption d'eau A_w kg / (m ² · √s) | Epaisseur m |
|---|--------------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|---|---|----------------|
| Système d'enduit minéral Webertherm XM (couche de base + armature + couches de finition) | 2200 | 0,18 | 850 | 1,65 | Sd=0.3 m | 2.72 x 10⁻⁴ | 0.01 |
| Isolant Laine de Roche Ecorock Mono | 120 | 0.99 | 850 | 0.036 | 1.3 | - | 0.04 |
| OSB 3 Swiss Krono | 650 | 0.9 | 1500 | 0.13 | μ = 148¹ Sd=1.3 m | - | 0.009 |

¹ Rapport d'essai n° CPM 09/260-21831

Conditions aux limites :

Ambiance extérieure :

Comme indiqué dans la partie précédente, les conditions aux limites extérieures sont composées :

- De 10 cycles température/humidité du référentiel ETAG 004 pour le premier volet de l'étude (soit 60h)
- du climat de Nancy sur trois années pour le second volet de l'étude (**Erreur ! Source u renvoi introuvable.**). Par ailleurs seront pris en compte le rayonnement solaire et la pluie battante propre à ce climat. La paroi sera orientée au SO, direction principale de pluie battante.

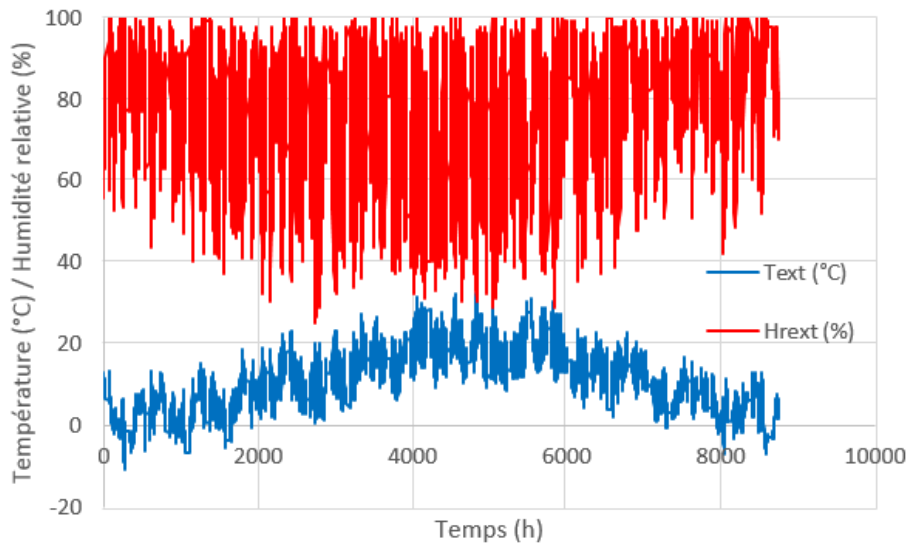


Figure : Variation de la température et de l'humidité extérieure au cours d'une année à Nancy

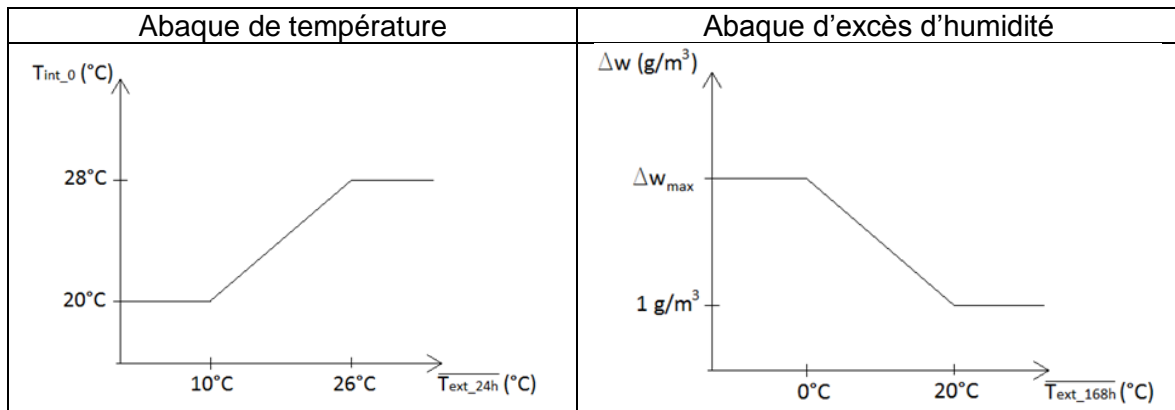
Le coefficient de transfert surfacique est pris égal à $h_{ext} = 25 \text{ W } / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ côté extérieur.

Ambiance intérieure :

Les conditions aux limites intérieures sont composées :

- De conditions constantes $T=23^\circ\text{C}$ et $HR=50\%$ pour le premier volet de l'étude (cycles ETAG 004)
- D'une ambiance intérieure d'hygrométrie moyenne correspondant à un excès d'humidité intérieure de $W/n=\Delta w_{max} = 5 \text{ g/m}^3$ pour le second volet de l'étude (météo Nancy)

Dans ce deuxième cas, la température et l'humidité intérieure sont définies à partir de la température et de l'humidité extérieure via les abaques détaillées dans le tableau ci-dessous :



L'humidité absolue intérieure en évolution libre (w_{int_0}) est alors calculée de la manière suivante :

$$w_{int_0}(h) = \overline{w}_{ext_{168}}(h) + \Delta w(h)$$

On en déduit alors l'humidité relative intérieure en évolution libre à partir de l'humidité absolue et de la température intérieure

$$HR_{int_0}(h) = \frac{w_{int_0}(h) \cdot R \cdot T_{int}(h)}{M_{eau} \cdot p_{v_{sat}}(T_{int}(h))}$$

Le coefficient de transfert surfacique côté intérieur est pris égal à $h_{int} = 10 W / (m^2 \cdot K)$.

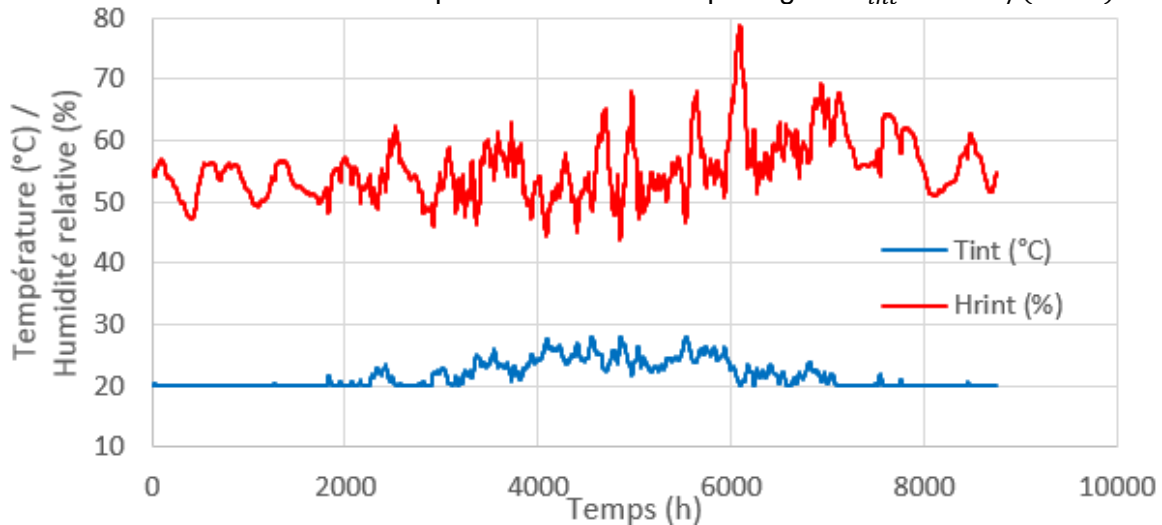


Figure : Climat intérieur au cours d'une année pour la classe d'humidité moyenne ($W/n=5 \text{ g/m}^3$) à Nancy

Le coefficient de transfert surfacique est pris égal à $h_{int} = 7.7 W / (m^2 \cdot K)$ côté intérieur.

✓ Résultats des calculs

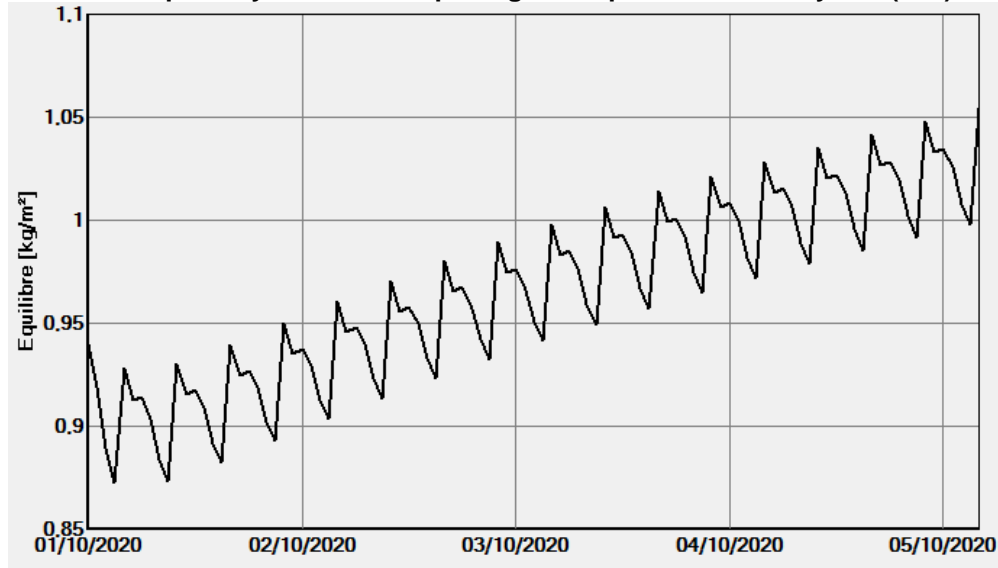
Les indicateurs utilisés pour évaluer la durabilité du procédé vis-à-vis de l'humidité sont :

- La teneur en eau volumique totale moyenne dans l'assemblage pour vérifier la non-accumulation globale d'humidité au cours du temps
- L'humidité relative à l'interface entre l'isolant en laine de roche et le panneau OSB pour vérifier l'absence de condensation

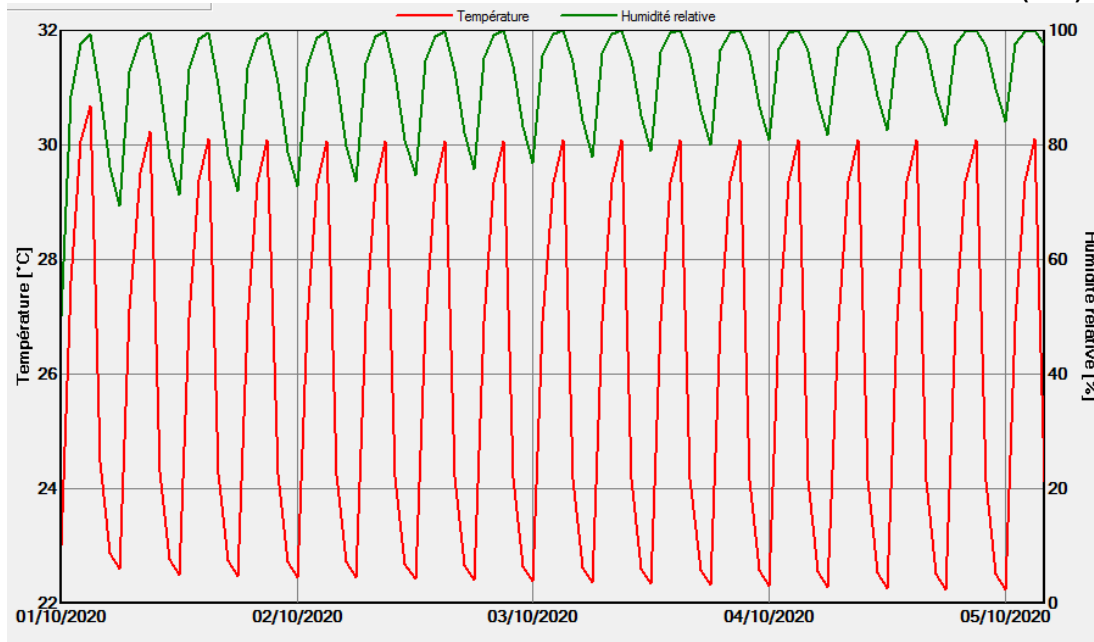
- La teneur en eau en masse des 5 premiers millimètres de l'OSB en contact avec l'isolant laine de roche laine de roche, pour vérifier l'absence de risque structurel et de développement fongique dans le bois.

Résultats pour la configuration soumise à 10 cycles de vieillissement court

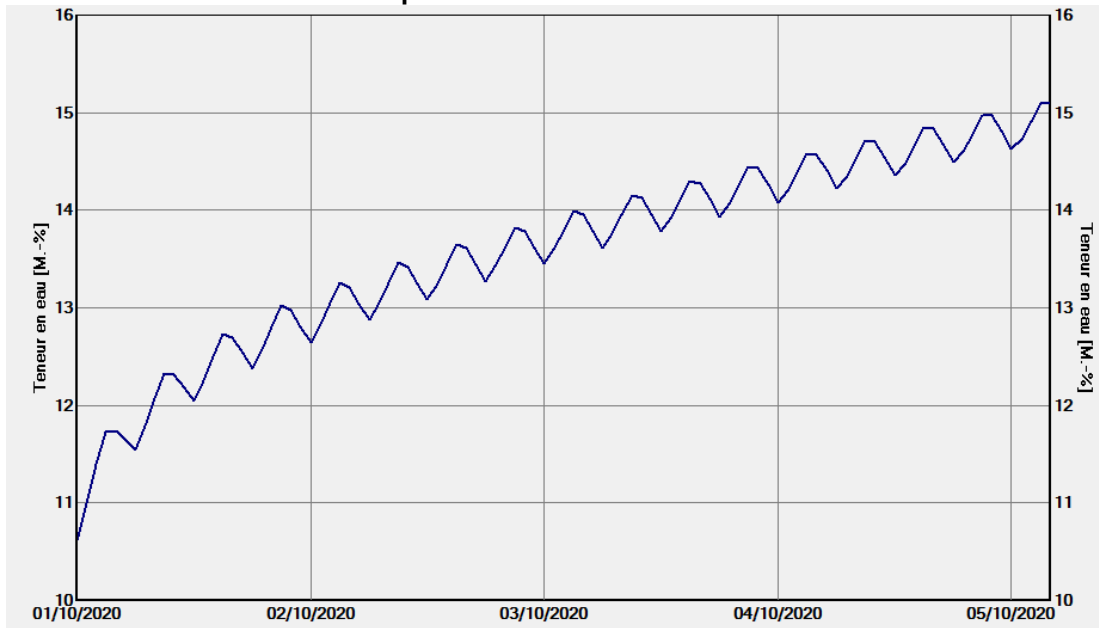
Teneur en eau volumique moyenne dans la paroi globale pendant les 10 cycles (60h)



Température et humidité relative à l'interface entre l'OSB et l'isolant en laine de roche (60h)

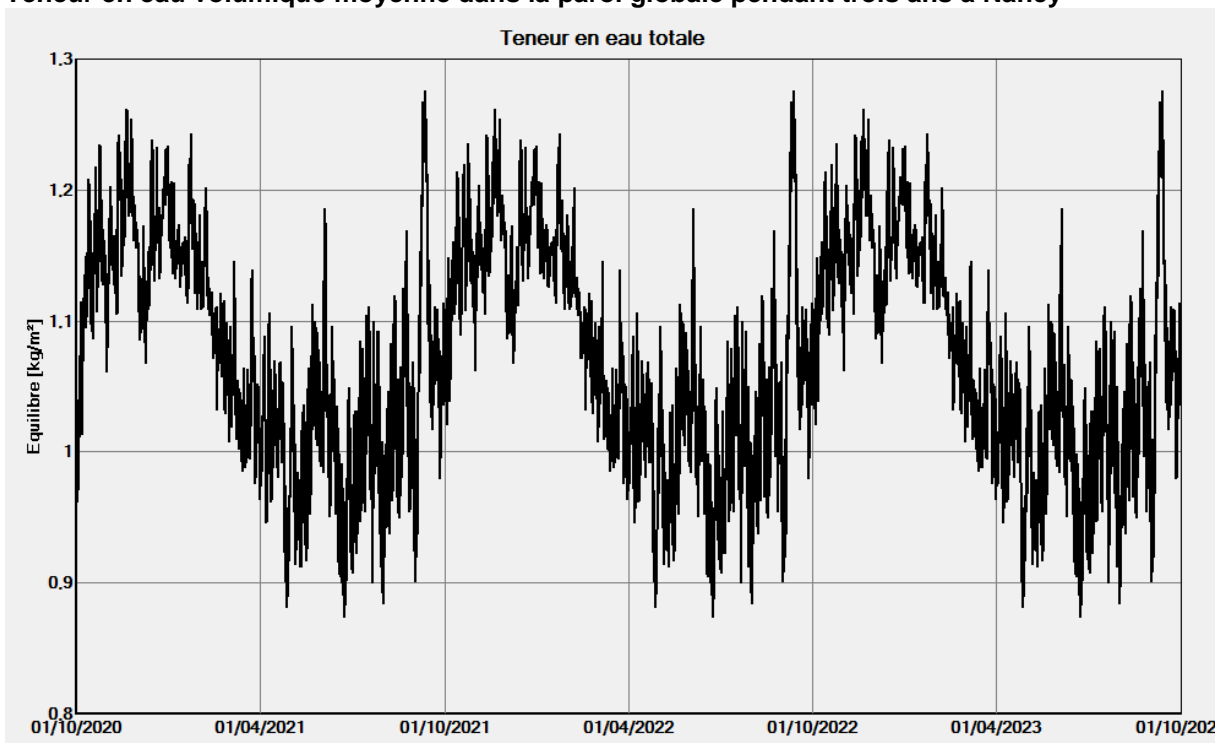


Teneur en eau en masse dans les 5 premiers millimètres de l'OSB en contact avec l'isolant (60h)

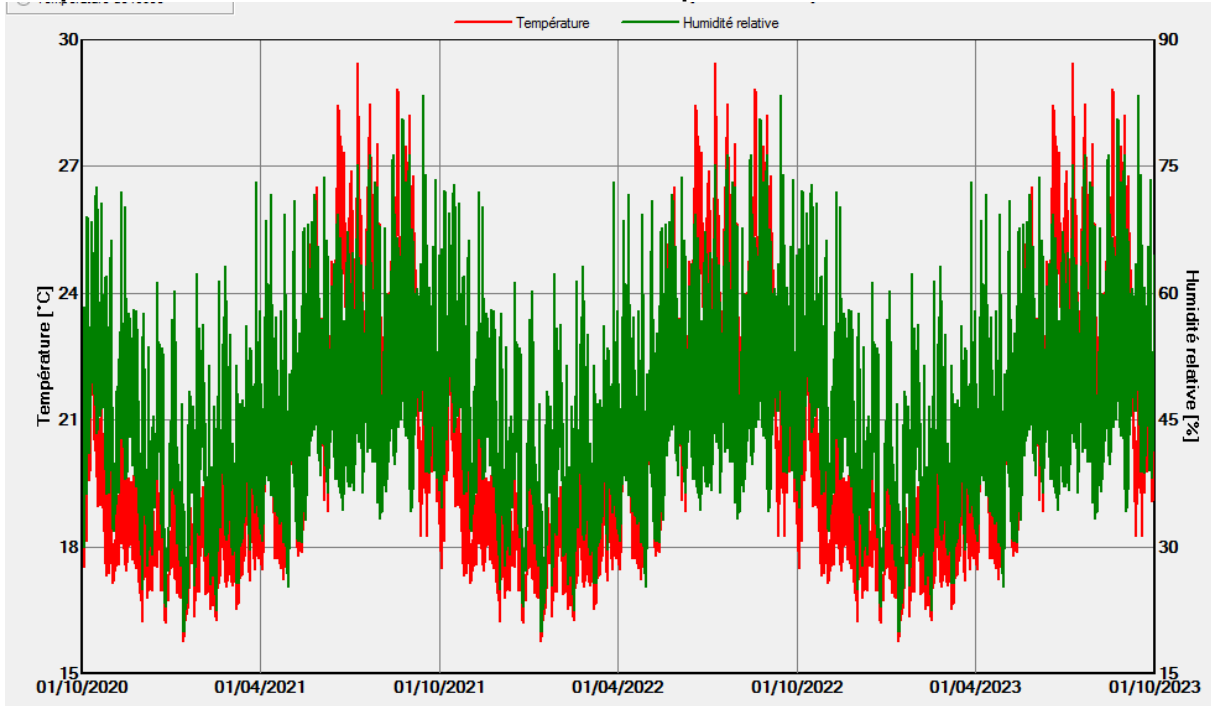


Configuration soumise au climat de Nancy

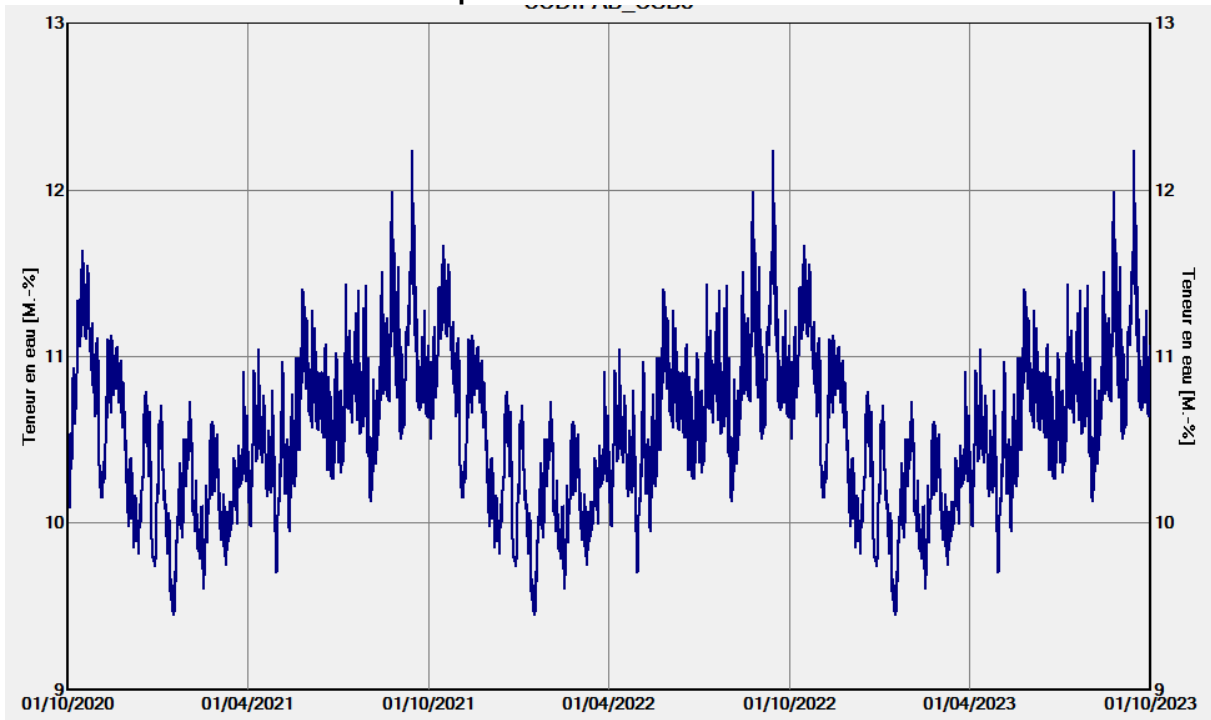
Teneur en eau volumique moyenne dans la paroi globale pendant trois ans à Nancy



Température et humidité relative à l'interface entre le panneau OSB et l'isolant en laine de roche



Teneur en eau en masse dans les 5 premiers millimètres de l'OSB en contact avec l'isolant



✓ **Analyse des simulations et conclusion**

Dans la configuration soumise aux cycles de vieillissement ETAG, on constate que la teneur en eau moyenne globale ne cesse d'augmenter en tendance pendant les 60 heures des 10 cycles de vieillissement.

L'humidité relative à l'interface entre l'isolant et le panneau OSB atteint les 100% d'humidité relative à chaque cycle.

Cependant, la teneur en eau en masse d'une couche de 5mm dans l'OSB en contact avec l'isolant ne dépasse pas 15,2% en masse à la fin des cycles.

Ces résultats sont cohérents avec les conclusions de l'étude expérimentale, qui fait état de niveaux d'humidité relative supérieurs à 85% à cette même interface.

Physiquement, cette forte humidité relative à cette interface peut s'expliquer par une migration de vapeur inversée, dirigée de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi, et dont le potentiel moteur est le fort gradient de température imposé à la paroi en première phase du cycle ETAG 004 (Chauffage à $T=70^{\circ}\text{C}$ et environ $\text{HR}\approx 20\%$ pendant 3h).

Ce gradient de température induit un gradient de pression de vapeur d'eau qui fait migrer sous forme de vapeur d'eau l'eau absorbée par l'enduit en phase d'arrosage vers l'OSB à travers l'isolant.

Dans la configuration avec la météo de Nancy, on constate que la teneur en eau totale moyenne de la paroi se stabilise dès la seconde année, que l'humidité relative ne dépasse pas 80% à l'interface OSB isolant, et que la teneur en eau masse dans les 5 premiers millimètres de l'OSB reste toujours inférieure à 12,5%.

Ces résultats, obtenus avec une météo réelle, sont plus favorables que ceux obtenus précédemment avec le cycle de vieillissement ETAG 004, notamment grâce au fait que la quantité de pluie battante sur la paroi est nettement plus faible avec la météo de Nancy qu'avec le cycle ETAG 004.

Les résultats de ces simulations montrent que le comportement hygrothermique est satisfaisant avec des sollicitations météo réelles en France métropolitaine.

3.3 Conclusion et exploitation des résultats d'essai

Pour garantir les performances des solutions techniques testées, il faut également tenir compte de la robustesse des solutions, avec une vision à long terme, de la facilité et des risques de mise en œuvre et de la possibilité de préfabrication

Cela étant, au vu des différentes sollicitations (notamment les déformations liées aux charges climatiques des panneaux ossature bois et CLT support d'enduit), pour ajouter un niveau de sécurité supplémentaire, une étanchéité complémentaire via la mise en œuvre d'une membrane pare-pluie peut être envisagée pour les façades les plus exposées.

Au chapitre 4 ci-dessous, lorsque les façades sont dans une situation d'exposition « normale » à la pluie battante selon le NF DTU 31.2, le système ETICS « seul » (moyennant le traitement de points singuliers décrit en partie 4) peut assurer la protection des composants en bois de la paroi vis-à-vis des sollicitations climatiques extérieures.

Pour les façades les plus exposées, l'interposition d'une membrane pare-pluie souple entre le système ETICS et la paroi support est requise pour améliorer la robustesse de la protection de la paroi et s'affranchir des risques liés avant tout à la mise en œuvre. Dans ce cas, le système ETICS sera forcément fixé mécaniquement.

Les essais conduits à la pluie battante ont montré que les configurations testées étaient résistantes (absence de fuite) à 600 Pa, selon l'essai décrit au § 3.2.2. Cette justification permet d'envisager les constructions de hauteur inférieure ou égale à 28 m.

Pour autant, la hauteur maximale autorisée peut être notamment limitée par la tenue mécanique de l'ETICS, sous les actions du vent en dépression. Dans l'AT ou DTA ETICS sur COB, les résistances au vent sont indiquées et sont à comparer avec les sollicitations au vent du bâtiment.

4. PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES POUR LA MISE EN ŒUVRE DES SYSTÈMES ETICS SUR SUPPORT BOIS JUSQU'À 28M.

4.1 Préambule

Les prescriptions développées dans le présent chapitre sont complémentaires aux prescriptions de base du Cahier 3729_V2.

4.2 Choix des matériaux

4.2.1 *ETICS et système d'enduit*

Les ETICS doivent bénéficier d'un AT ou d'un DTA pour la pose sur constructions à ossature en bois ou sur CLT.

Les configurations des ETICS doivent présenter une reprise d'eau par capillarité strictement inférieure à 0,6 kg/m² après 24 heures (essais selon l'ETAG 004).

L'épaisseur du système d'enduit doit être inférieure ou égale à 18 mm.

4.2.2 *Calfeutrements*

Les matériaux de calfeutrement (mastics, fond de joint, mousses imprégnées précomprimées doivent répondre aux exigences du NF DTU 31.2 – partie 1-2 (CGM).

4.2.3 *Membranes d'étanchéité*

Une membrane doit être mise en œuvre en sous-face de l'appui de baie.

Ces membranes d'étanchéité pour l'étanchéité à l'eau en périphérie des baies, souples à coller, doivent être constituées de matériaux de synthèse ou de bitume modifié renforcé et doivent répondre aux exigences du NF DTU 31.2 – partie 1-2 (CGM).

4.2.4 *Profilés mécano-soudés d'appui de baie*

Les embouts sont réalisés en aluminium d'épaisseur minimale 15/10^{ème} ou un acier galvanisé d'épaisseur minimale 10/10^{ème} et doivent comporter un dispositif d'étanchéité (en matériau souple type EPDM) de raccordement avec la bavette de capotage de l'appui de baie.

Cette garniture d'étanchéité doit permettre de compenser de la dilatation thermique longitudinale du capotage de l'appui.

Les cotes minimales de l'embout mécano-soudé sont définies sur la figure ci-dessous.

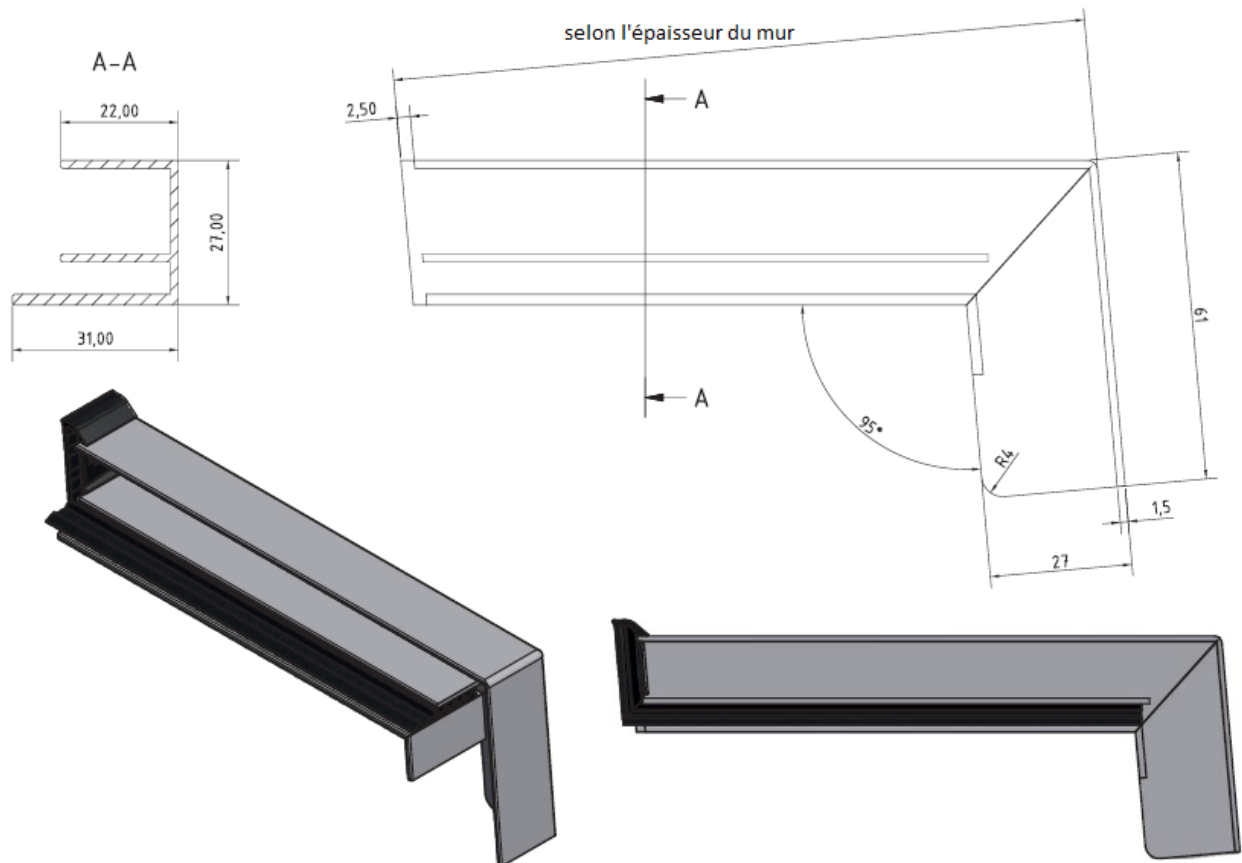


Figure 38 Profilé mécano-soudés d'appui de baie

La résistance à la pluie battante de ces embouts et de leur liaison avec le capotage de la pièce d'appui doit être démontrée jusqu'à 600 Pa selon la norme NF EN 1027.

4.2.5 Encadrements de baies

Les encadrements de baies en bois ou en métal doivent répondre aux exigences du NF DTU 31.2.

4.2.6 Profilés de jonction de l'enduit au dormant des portes et fenêtres extérieures

Les profilés d'arrêt de menuiseries en matière plastique doivent être équipés d'un mécanisme télescopique flexible pour l'absorption de mouvements tridimensionnels, avec une plage de mouvement supérieure ou égale à 4mm.

La jonction entre le profilé et le dormant est réalisée par collage (par mastic-colle ou profilé auto-adhésif, avec ou sans primaire d'accroche). La performance du collage doit être vérifiée conformément aux prescriptions du chapitre 11.4.2.2 du NF DTU 31.2 partie 1-2 (CGM).

Le profilé doit comporter une bande de treillis en fibres de verre intégrée pour réaliser la liaison avec la couche de base armée du système ETICS. Cette bande doit avoir une largeur utile permettant un pontage d'au moins 100 mm de l'armature de la couche de base en façade.

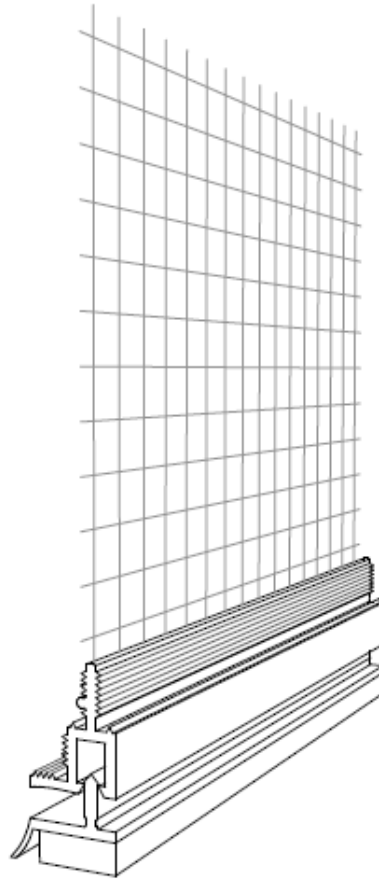


Figure 39 Exemple de profilé de jonction au dormant des fenêtres et portes extérieures

4.3 Résistance à la pluie battante des façades bois avec ETICS : prescriptions générales

4.3.1 Rappel des exigences du NF DTU 31.2

Les diverses solutions techniques définies dans le présent document, qui permettent de restituer la continuité de l'étanchéité à l'eau en partie courante et au niveau des points singuliers, présentent des niveaux différents de résistance à la pénétration de la pluie battante.

Selon la zone de vent, la catégorie de rugosité de terrain et la hauteur du bâtiment (conformément à la NF EN 1991-1-4), la pression dynamique de pointe du vent varie fortement et la concomitance pluie/vent sur la façade crée deux exigences particulières vis à vis du risque de pénétration d'eau définies telles que :

- un niveau d'exigence courant est dit de type « Ee1 – Etanchéité à l'eau de niveau 1 » ;
- un niveau d'exigence élevé est dit de type « Ee2 – Etanchéité à l'eau de niveau 2 ».

Ces niveaux d'exigences minimaux, en fonction de la région de vent, de la catégorie de rugosité du terrain et de la hauteur de la façade sont définis dans le tableau ci-dessous.

| Région de vent ^a | Catégorie de rugosité du terrain ^a | Hauteur du plancher bas du dernier niveau <i>H</i> (m) | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------|------------------|
| | | $H \leq 9$ | $9 < H \leq 18$ | $18 < H \leq 28$ |
| 1 | IV | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | IIIb | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | IIIa | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | II | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | 0 | Ee2 | Ee2 | Ee2 |
| 2 | IV | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | IIIb | Ee1 | Ee1 | Ee1 |
| | IIIa | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | II | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | 0 | Ee2 | Ee2 | Ee2 |
| 3 | IV | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | IIIb | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | IIIa | Ee1 | Ee2 | Ee2 |
| | II | Ee1 | Ee2 | Ee2 |
| | 0 | Ee2 | Ee2 | Ee2 |
| 4 | IV | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | IIIb | Ee1 | Ee1 | Ee2 |
| | IIIa | Ee2 | Ee2 | Ee2 |
| | II | Ee2 | Ee2 | Ee2 |
| | 0 | Ee2 | Ee2 | Ee2 |

^a Définies conformément à NF EN 1991-1-4 et ses annexes nationales.

A défaut de précision dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), la catégorie de rugosité du terrain de l'ouvrage doit être définie selon la topographie du site de l'ouvrage (méthode par défaut) telle que :

- mer ou zone côtière exposée aux vents de mers, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0 ;
- campagne : catégorie de terrain II ;
- zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb.

NOTE Dans les chapitres ci-dessous, la compatibilité des solutions techniques avec l'exigence de niveau Ee1 ou Ee2 est précisée.

4.3.2 *Paroi en partie courante pour une exigence Ee1*

Les dispositions du Cahier du CSTB 3729_V2 s'appliquent, le système ETICS étant choisi selon le chapitre 4.2.1 du présent document.

L'isolant peut être collé ou fixé mécaniquement.

4.3.3 *Paroi en partie courante pour une exigence Ee2*

Une membrane pare-pluie souple doit être mise en œuvre conformément au NF DTU 31.2 sur le panneau à ossature bois ou CLT support d'ETICS, tant en partie courante qu'au niveau des points singuliers. Tous les raccords entre lés de pare-pluie sont réalisés avec un ruban adhésif ou un mastic-colle compatible.

L'isolant support d'ETICS doit être fixé mécaniquement :

- uniquement dans les montants de l'ossature support, dans le cas d'une COB,

Ou

- dans le panneau, dans le cas d'une construction en CLT.

La fixation définitive de la membrane pare-pluie et de ses accessoires est assurée grâce à la mise en œuvre de l'isolant fixé mécaniquement.

Note : Du fait de la rigidité de l'isolant, permettant le maintien en compression de la membrane pare-pluie au droit des pénétrations des vis de fixation de l'ETICS, la continuité de l'écran pare-pluie n'est pas remise en cause.

4.4 **Gestion des points singuliers**

4.4.1 *Généralités*

Les dispositions du Cahier du CSTB 3729_V2 s'appliquent, avec les exigences complémentaires des chapitres 4.4.2. à 4.4.10 ci-dessous.

4.4.2 *Étanchéité au niveau des baies*

✓ **Compatibilité Ee1**

○ **Avec encadrement de baie rapporté ou intégré**

L'encadrement de baie, en bois ou en métal, est choisi et mis en œuvre conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2, permettant d'atteindre le niveau Ee1 de résistance à la pluie battante.

Un calfeutrement (profilé d'arrêt de menuiserie permettant l'absorption des variations dimensionnelles ou un mastic sur fond de joint ou une mousse imprégnée précomprimée) doit être mis en œuvre de manière continue sur la périphérie entre l'encadrement de baie et le système ETICS, dans le plan de la couche de base armée.

○ **Avec retour d'ETICS en tableau**

Le panneau à base de bois support d'ETICS doit être retourné dans la baie.

Un calfeutrement (profilé d'arrêt de menuiserie permettant l'absorption des variations dimensionnelles ou un mastic sur fond de joint ou une mousse imprégnée précomprimée) doit être mis en œuvre de manière continue sur la périphérie entre le dormant de la fenêtre ou de la porte extérieure et le système ETICS, dans le plan de la couche de base armée.

Une cornière d'angle doit être mise en place dans la couche de base armée dans les angles extérieurs de la baie.

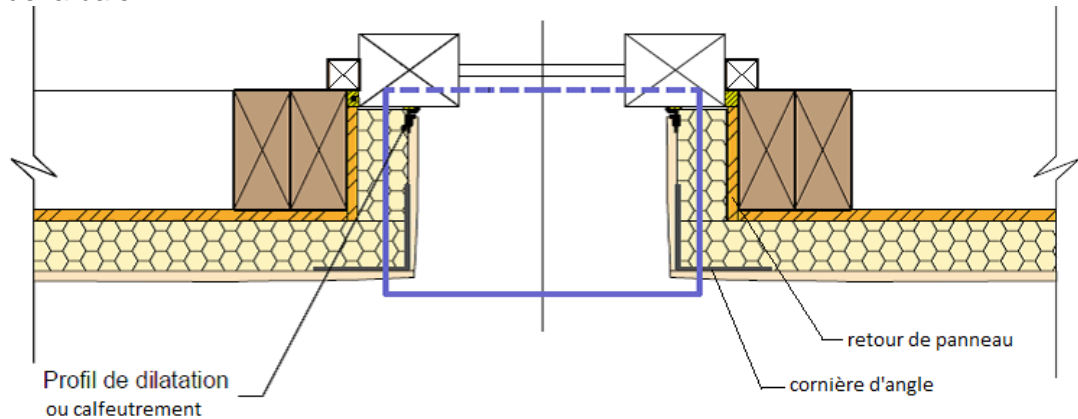


Figure 40 Retour d'enduit en tableau (Ee1) – coupe horizontale

En linteau, dans l'angle de la baie un profilé d'angle formant goutte d'eau doit être mis en œuvre.

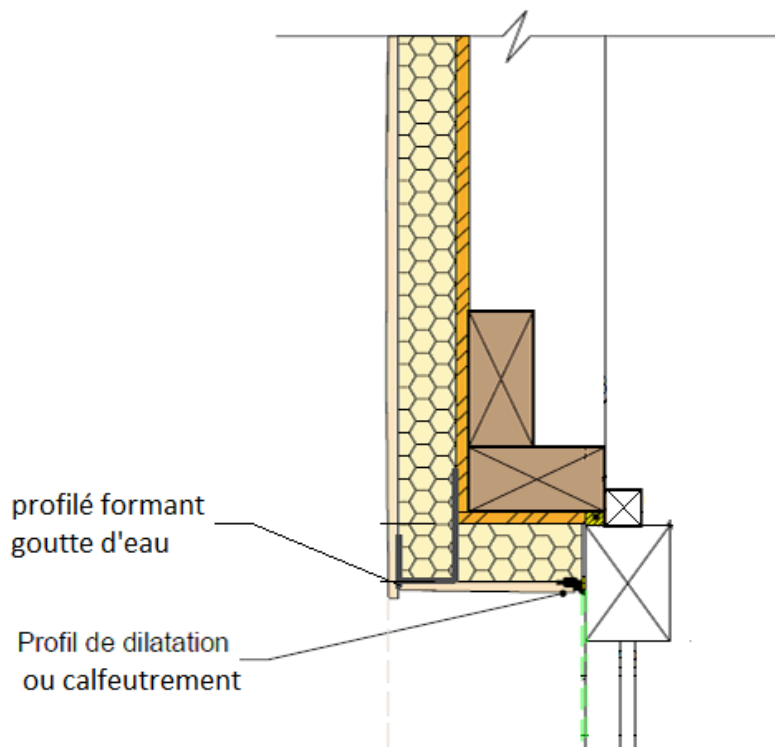


Figure 41 Retour d'enduit en tableau (Ee1) – coupe verticale sur linteau

Une membrane (pare-pluie souple ou membrane d'étanchéité pour l'étanchéité à l'eau en périphérie des baies conforme au NF DTU 31.2) est mise en œuvre au niveau de l'appui de baie. Cette membrane est collée d'une part à la traverse du dormant de la fenêtre ou de la porte extérieure et d'autre part au nu extérieur du système ETICS. Cette membrane est relevée dans les angles de la baie sur au moins 5 cm.

L'appui de baie reçoit un capotage métallique formant larmier au nu extérieur de la paroi. Le larmier doit recouvrir l'arrêt haut de l'ETICS d'au moins 3 cm. Un calfeutrement est mis œuvre dans les angles, entre la sous-face de la bavette de capotage de l'appui et la membrane d'étanchéité sur au moins 20 cm vers l'axe de la menuiserie. L'interruption du calfeutrement permet d'évacuer les éventuels condensats pouvant survenir en sous-face de la tôle.

L'étanchéité entre le rejingot et le dormant de la fenêtre est assurée par une garniture d'étanchéité ou un calfeutrement.

A chaque angle de baie, un profilé mécano-soudé d'appui de baie (cf.§ 4.2.4) est mis en œuvre.

Un calfeutrement doit être réalisé entre la face supérieure du profilé et le retour du système ETICS, au droit de la couche de base armée.

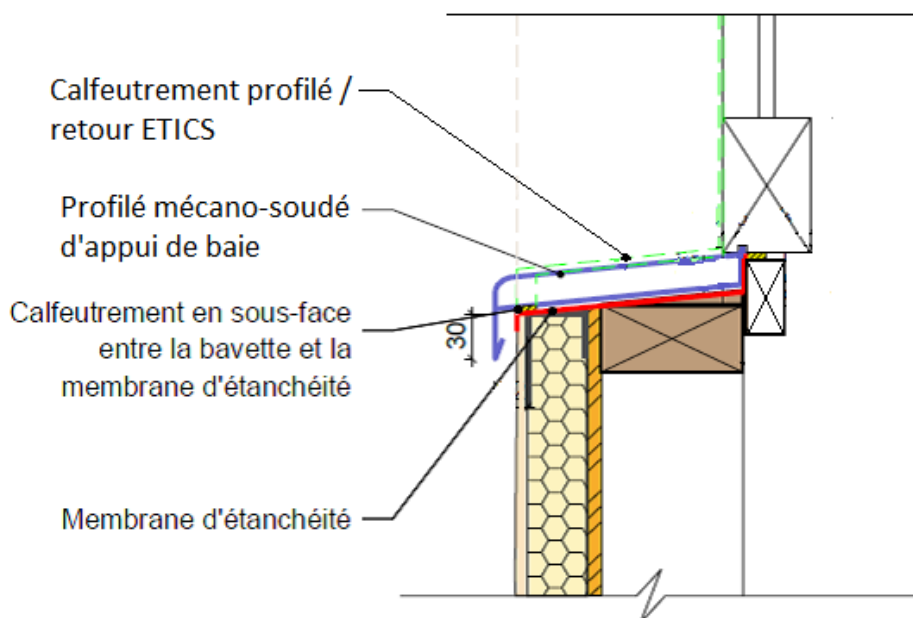


Figure 42 Retour d'enduit en tableau (Ee1) – coupe verticale sur appui

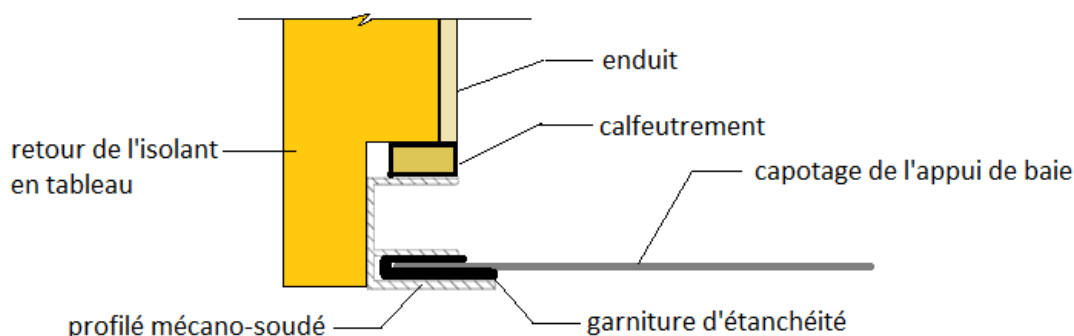


Figure 43 Positionnement du calfeutrement entre le retour d'ETICS et le profilé mécano-soudé (Vue de face / coupe)

✓ **Compatibilité Ee2**

○ **Avec encadrement de baie rapporté ou intégré**

L'encadrement de baie, en bois ou en métal, est choisi et mis en œuvre conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2 permettant d'atteindre le niveau Ee2 de résistance à la pluie battante. Cet encadrement doit permettre un recouvrement du pare-pluie d'au moins 50 mm en horizontal et de 30 mm en vertical et la réalisation d'un calfeutrement en applique extérieure dans le plan du pare-pluie, comme illustré sur les figures ci-dessous.

Des profilés d'arrêt de menuiseries complètent la liaison en périphérie de la baie dans le plan de la couche de base armée.

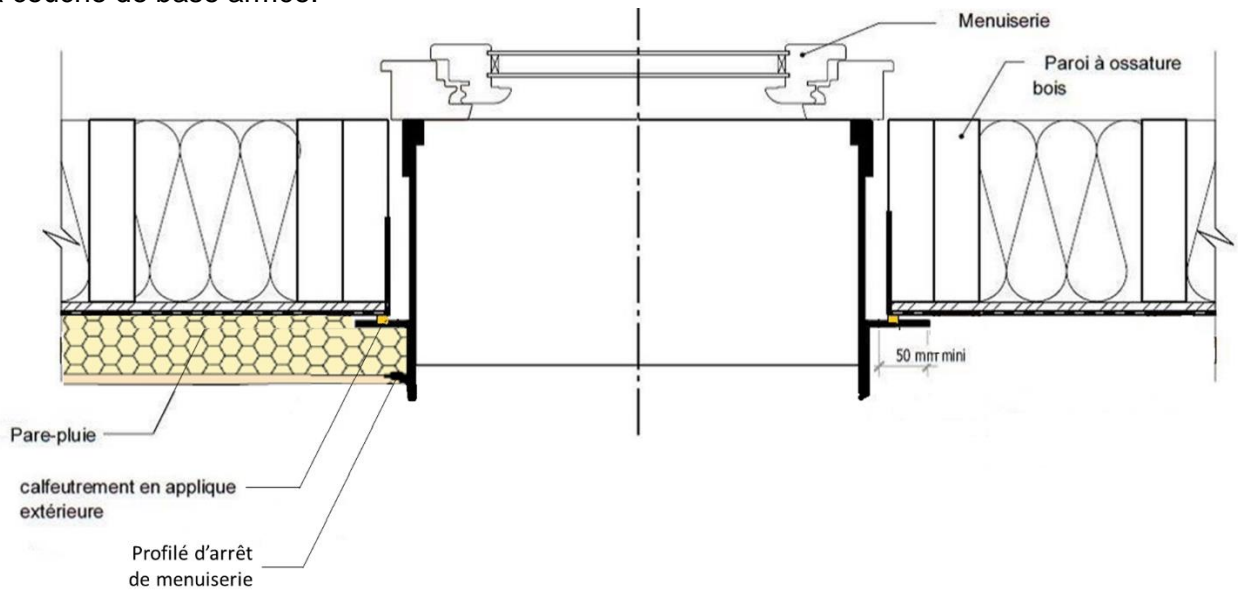


Figure 44 Encadrement de baie rapporté (Ee2) – coupe horizontale

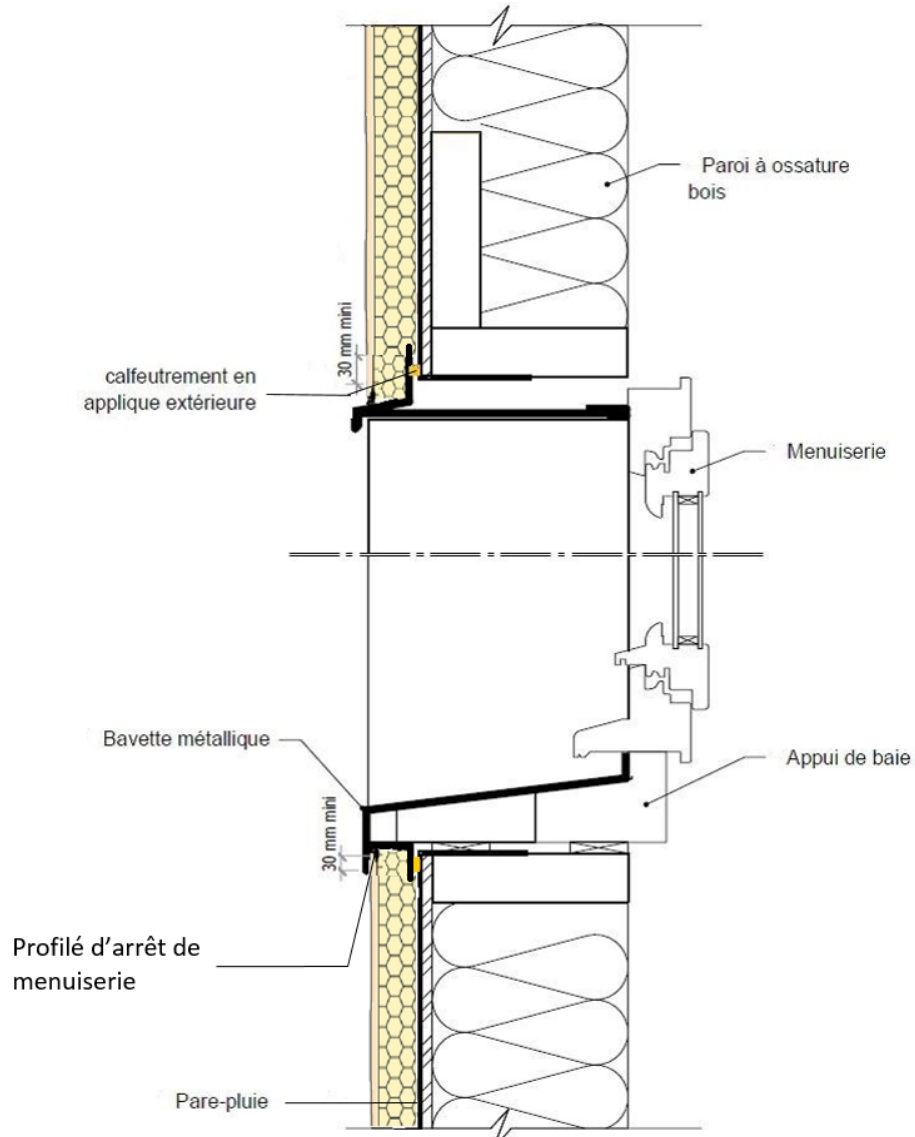


Figure 45 Encadrement de baie rapporté (Ee2) – coupe verticale

○ **Avec retour d'ETICS en tableau**

Pas de solution générique.

4.4.3 Pied de façade

✓ **Compatibilité Ee1 et Ee2**

Pas de spécificités par rapport au Cahier 3729_V2.

4.4.4 Jonctions verticale entre éléments de parois

Il s'agit des jonctions verticales de paroi

- dans le même plan
- en angle sortant
- en angle rentrant

✓ **Compatibilité Ee1**

La continuité du système ETICS doit être assurée au droit de la liaison entre les parois supports.

Il n'y a pas de spécificités par rapport au Cahier 3729_V2.

✓ **Compatibilité Ee2**

La continuité du pare-pluie au droit de la jonction entre les parois supports est rétablie comme indiquée dans le NF DTU 31.2, par recouvrement et collage de lès de pare-pluie ou par calfeutrement.

La continuité du système ETICS doit être assurée au droit de la liaison entre les parois supports.

4.4.5 Cas particulier : Jonction verticale sur joint de dilatation

✓ **Compatibilité Ee1**

Les Documents Particuliers du Marché doivent définir les plages de variations dimensionnelles du joint de dilatation.

La continuité de l'enduit doit être assurée au droit du joint de dilatation par un profilé spécifique permettant d'absorber les variations dimensionnelles prévisibles. Le profilé doit comporter deux surlongueurs de treillis d'armature (surlongueurs ≥ 150 mm) qui seront marouflées dans la couche de base armée.

✓ **Compatibilité Ee2**

Les Documents Particuliers du Marché doivent définir les plages de variations dimensionnelles du joint de dilatation.

Dans le plan du pare-pluie, un soufflet est créé dans le joint. La surlongueur du soufflet doit permettre de reprendre les variations dimensionnelles du joint sans solliciter en cisaillement le collage du pare-pluie sur la paroi adjacente.

La continuité de l'enduit doit être assurée au droit du joint de dilatation par un profilé spécifique permettant d'absorber les variations dimensionnelles prévisibles. Le profilé doit comporter deux surlongueurs de treillis d'armature (surlongueurs ≥ 150 mm) qui seront marouflées dans la couche de base armée.

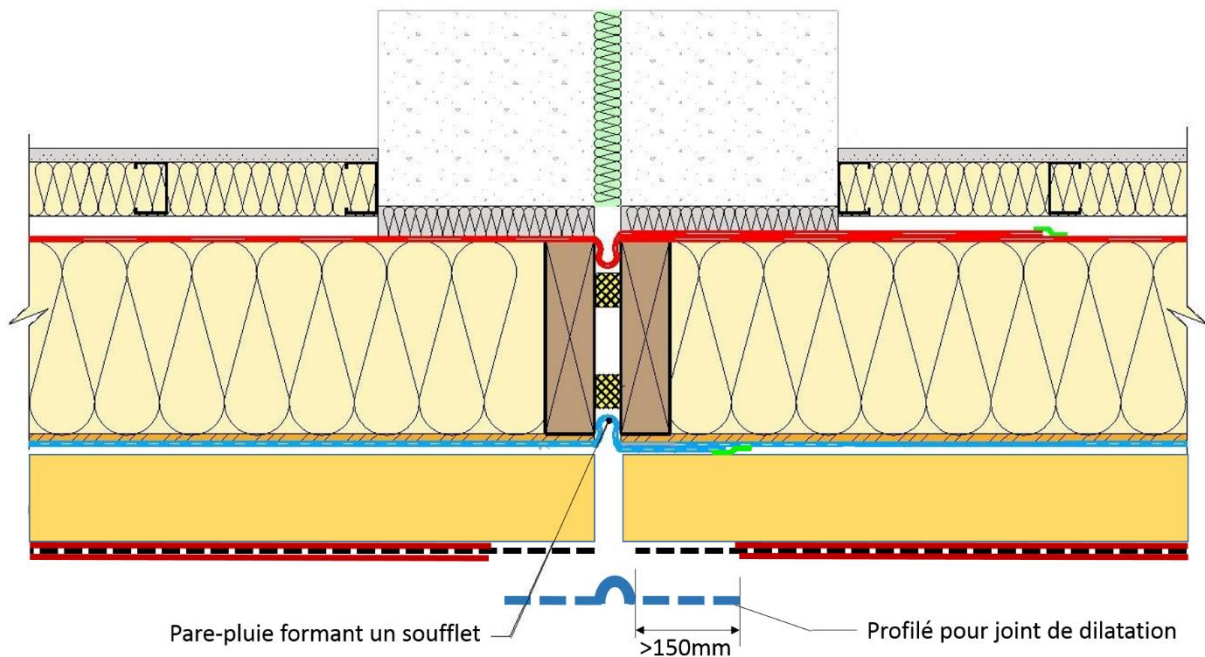


Figure 46 Gestion d'un joint de dilatation (Ee2) – coupe horizontale

4.4.6 Traversées de parois

✓ **Compatibilité Ee1**

Un calfeutrement continu (mastic sur fond de joint ou mousse imprégnée précomprimée) doit être mis en œuvre entre le fourreau traversant la paroi et le système ETICS, dans le plan de la couche de base armée.

✓ **Compatibilité Ee2**

Un manchon ou manchette élastique en caoutchouc EPDM doit être mis en œuvre conformément au NF DTU 31.2 dans le plan du pare-pluie, pour permettre son raccordement au fourreau traversant la paroi.

Un calfeutrement continu (mastic sur fond de joint ou mousse imprégnée précomprimée) doit être mis en œuvre entre le fourreau traversant la paroi et le système ETICS, dans le plan de la couche de base armée.

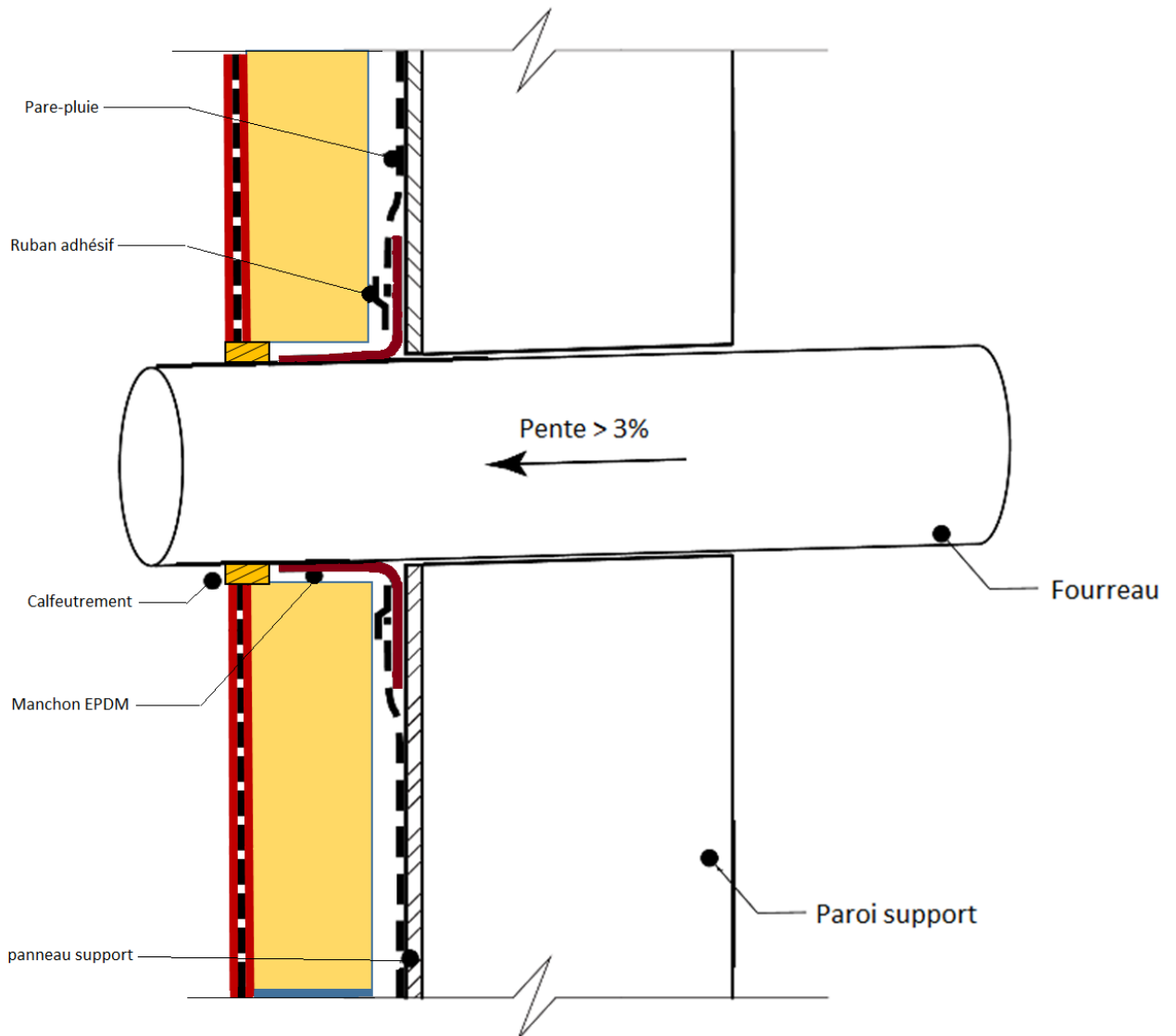


Figure 47 Gestion d'un élément traversant (Ee2) – coupe verticale

4.4.7 Raccords horizontaux avec ETICS filants

✓ **Compatibilité Ee1**

La continuité du système ETICS doit être assurée au droit de la liaison entre les parois supports.

Il n'y a pas de spécificités par rapport au Cahier 3729_V2.

✓ **Compatibilité Ee2**

La continuité du pare-pluie au droit de la jonction entre les parois supports est rétablie comme indiquée dans le NF DTU 31.2, par recouvrement et collage de lès de pare-pluie ou par calfeutrement.

La continuité du système ETICS doit être assurée au droit de la liaison entre les parois supports.

4.4.8 Raccords horizontaux avec recouvrement de l'ETICS

✓ **Compatibilité Ee1**

Le recouvrement du système ETICS est assuré par une bavette métallique formant larmier ou un profilé spécifique.

La géométrie du larmier doit former goutte d'eau et permettre un recouvrement de l'ETICS d'au moins 3 cm. En partie haute, l'ETICS doit recouvrir la partie verticale de la bavette fixée contre la paroi bois d'au moins 3 cm et un profilé de départ formant goutte d'eau mis en œuvre.

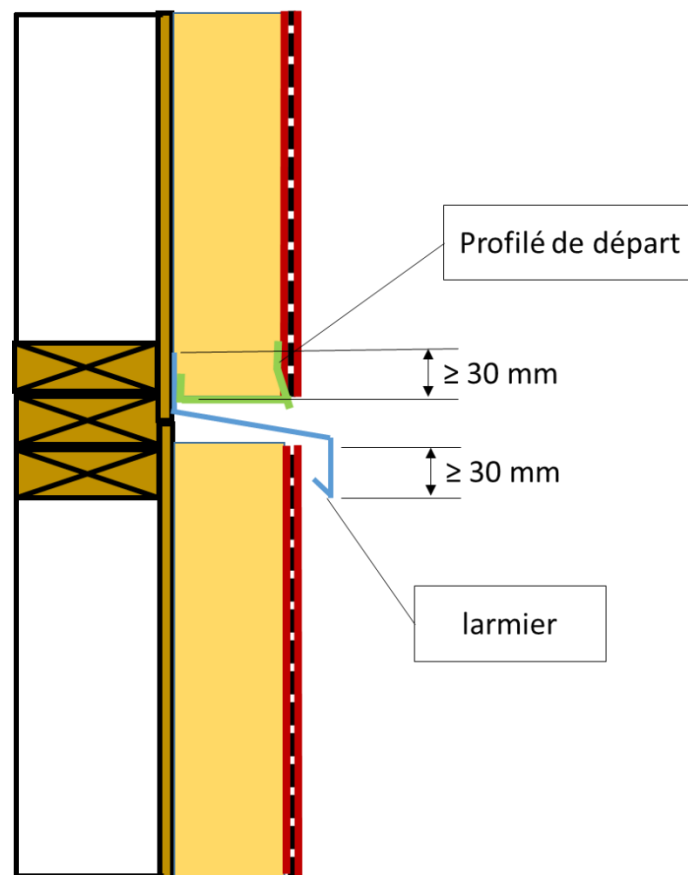


Figure 48 Recouvrement horizontal du système ETICS (Ee1) – coupe verticale

✓ **Compatibilité Ee2**

Au niveau de l'ETICS, la mise en œuvre d'un larmier doit être assurée comme indiqué ci-dessus pour le niveau Ee1.

La continuité du pare-pluie au droit de la jonction entre les parois supports est rétablie comme indiquée dans le NF DTU 31.2, par recouvrement et collage de lès de pare-pluie ou par calfeutrement.

4.4.9 Arrêt haut : Liaison mur / toiture avec dépassée en bas de pente

✓ Compatibilité Ee1 et Ee2

L'étanchéité à l'eau est considérée comme rétablie grâce au recouvrement de la partie haute du système ETICS par la dépassée de toiture dès lors que le débord est supérieur ou égal à 60 cm.

Si le débord en bas de pente est inférieur à 60 cm l'arrêt haut de l'ETICS doit être protégé par un profilé formant larmier comme indiqué au chapitre 4.4.10 ci-dessous.

Note : les dépassées de toiture sur les murs pignons sont également à traiter comme indiqué au chapitre 4.4.10 ci-dessous.

4.4.10 Arrêt haut : Liaison mur / acrotère ou toiture sans dépassée

✓ Compatibilité Ee1

Un profilé formant goutte d'eau doit être mis en œuvre pour recouvrir l'arrêt haut de l'ETICS et respecter la géométrie précisée sur la figure ci-dessous.

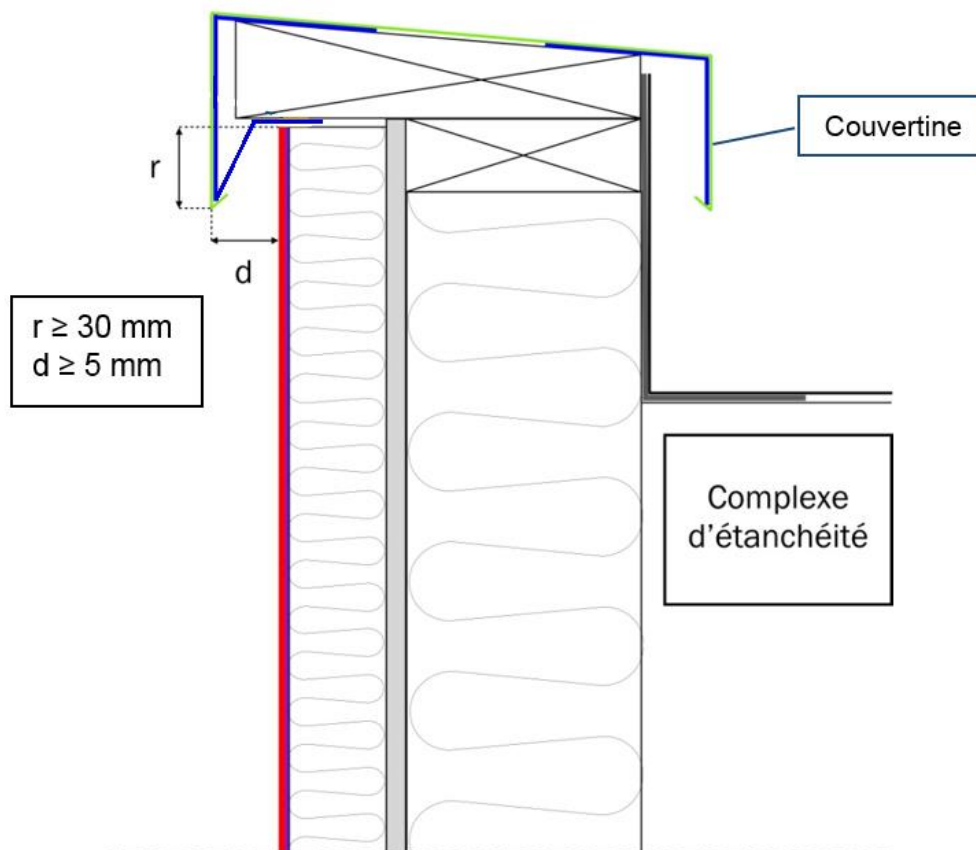


Figure 49 Arrêt haut : protection par couvertine métallique (Ee1) – coupe verticale

✓ **Compatibilité Ee2**

Un profilé formant goutte d'eau doit être mis en œuvre pour recouvrir l'arrêt haut de l'ETICS et respecter la géométrie précisée sur la figure ci-dessous et également permettre la réalisation la réalisation d'un calfeutrement entre sa sous-face et le pare-pluie.

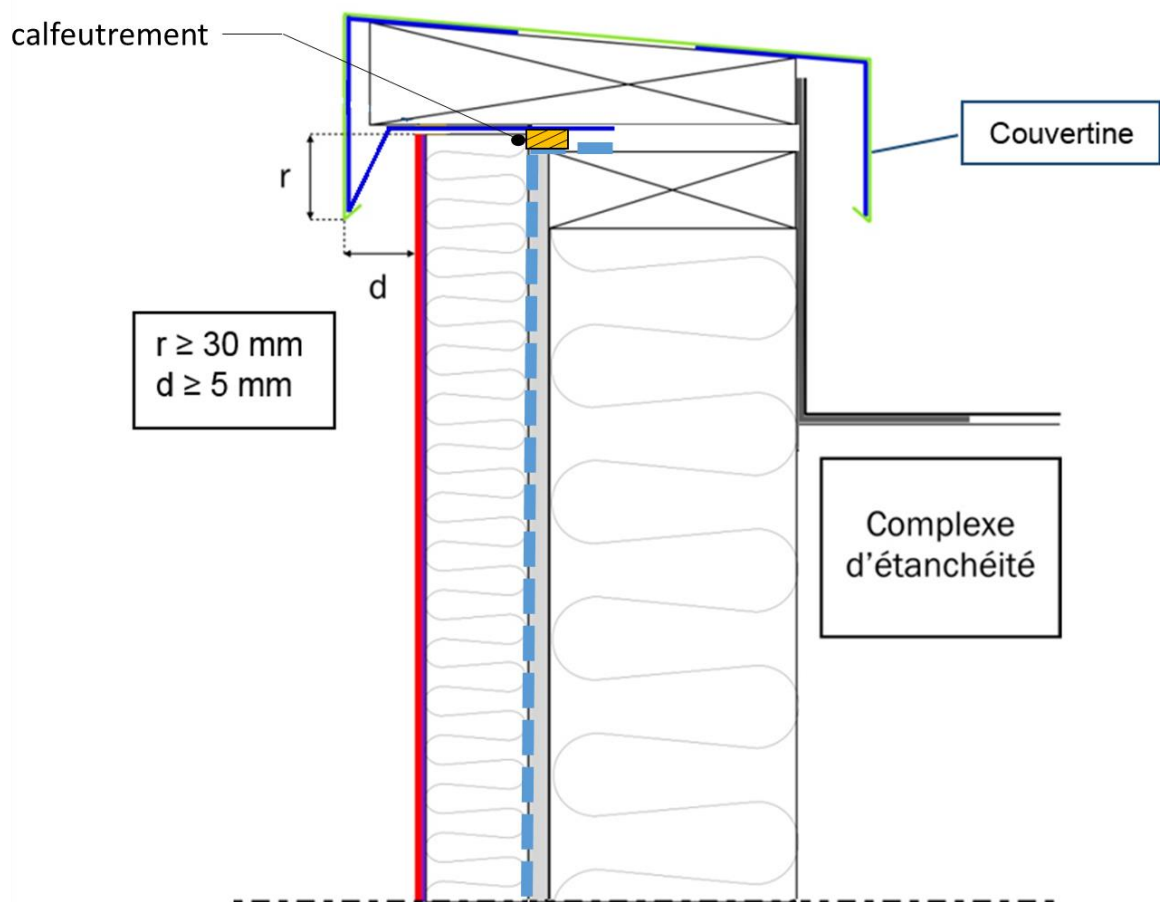


Figure 50 Arrêt haut : protection par couvertine métallique (Ee2) – coupe verticale

**ANNEXE : RAPPORT D'ESSAIS N° 404/18/285 DU
11/03/2019 DU LABORATOIRE DE PHYSIQUE FCBA
CONCERNANT LA RESISTANCE A LA PLUIE
BATTANTE APRES VIEILLISSEMENT:**



RAPPORT D'ESSAIS : N° 404/18/285 Du 11/03/2019

ETUDE CODIFAB ETICS

RAPPORT D'ESSAIS CONCERNANT LA RESISTANCE A LA PLUIE BATTANTE APRES VIEILLISSEMENT



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

Les résultats mentionnés dans ce rapport d'essai ne sont applicables qu'à l'échantillon soumis au laboratoire et tel qu'il est décrit dans le présent document

Les échantillons essayés sont à la disposition du demandeur pendant un mois à dater de l'envoi du rapport d'essais. Passé ce délai ils ne pourront en aucun cas être réclamés.

Toute communication relative aux résultats des prestations d'essais de FCBA est soumise aux termes de l'article 14 des Conditions Générales de Vente.

Siège social
10, rue Gallée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

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

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA Forêt, Cellulose, Bois - Construction, Ameublement

1 – OBJET

Il s'agit de caractériser la résistance à la pluie battante de 2 types de jonctions Fenêtre / ossature après des vieillissements accélérés.

Type N°1 : fenêtre en applique intérieure

Type N°2 : fenêtre en tunnel

**2 – MAQUETTES TESTES**

Les 2 maquettes testées étaient constituées d'un mur ossature bois avec enduit extérieur de 2,5 m x 2,5 m intégrant une menuiserie bois de 1,1m x 1,4m (hxl) (séchage de l'enduit de plus de 28 jours avant de débiter les essais).

Les essais ont été réalisés de novembre 2018 à janvier 2019.

3 – TEXTES DE REFERENCE

Norme NF EN 12865 de décembre 2002 « Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiment – Détermination de la résistance à la pluie battante des systèmes de murs extérieurs sous pression d'air pulsatoire ».

Fait à Bordeaux, le 11/03/2019

Le Technicien chargé des essais
T.DASSIE



Le responsable technique
D.FILLIT





4 – DESCRIPTIF DE L'ESSAI

Etape 1 : Vieillissements

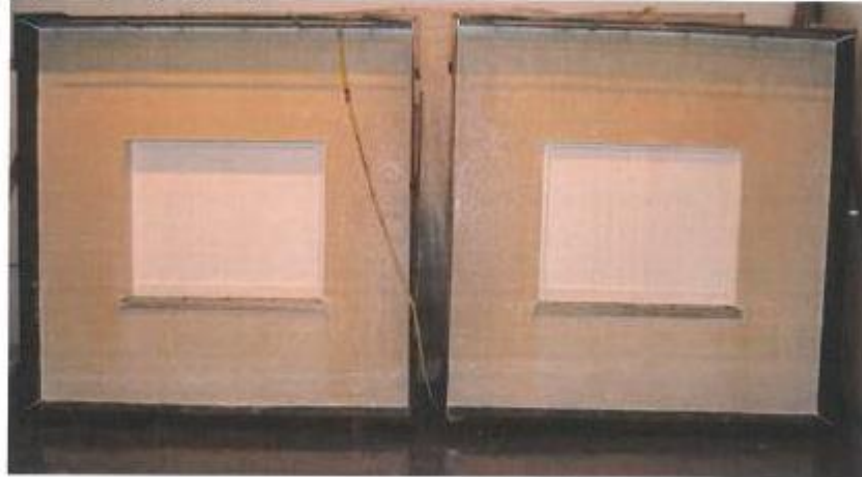
Pour le protocole de vieillissement :

Une 1ère série de **10 cycles** chaleur / pluie type ETAG 004 avec :

- montée en température pendant 1h jusqu'à 70°C (corps noir)
- chaleur à 70°C maintenue pendant 2h
- arrosage 1 l/m² min pendant 1 heure,
- 2h d'égouttage entre les cycles.

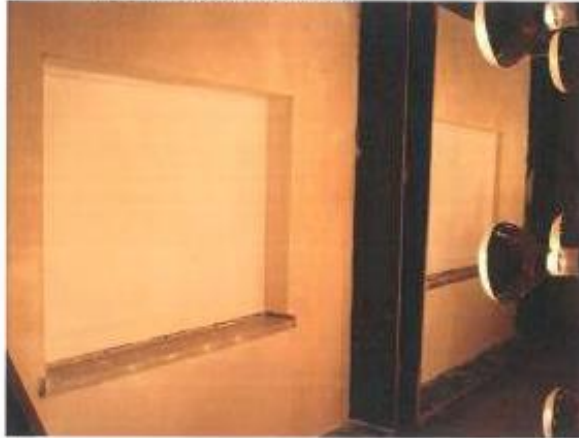
Puis un cycle long :

- Humidification par arrosage continu (2l/(min.m²)) sur la face extérieure de la maquette jusqu'à saturation en eau des composants pour simuler une période de pluie prolongée (15 jours)



- Maintien de la maquette pendant 72h à 5°C et 95% HR ou la mettre en extérieur abrité de la pluie
- Séchage par rayonnement infra-rouge (panneau radiant) à une température d'environ 70°C sur la face extérieure de la maquette jusqu'à stabilisation de l'humidité des composants pour simuler une période sèche prolongée et des expositions prolongées au rayonnement solaire (15 jours)

Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Etape 2 : Réalisation d'un essai de la résistance à la pluie battante selon la norme NF EN 12865, procédure A avec ajout de paliers de pressions supplémentaires

Un système d'arrosage crée un film d'eau continu sur toute la surface du corps d'épreuve, le débit d'eau pulvérisé se décompose en 2 parties :

- L'eau de ruissellement 1,2 l/(m.min), uniformément répartie sur le sommet du corps d'épreuve,
- La pluie battante, 1,5 l/(m.min), uniformément répartie sur la surface extérieure du corps d'épreuve.

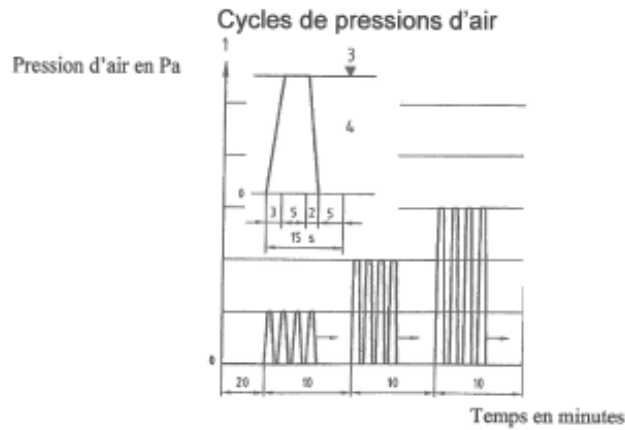
En même temps que l'arrosage, des pressions d'air pulsatoires sont réalisées. Au départ 20 minutes sans pression d'air, puis 10 minutes avec des cycles de pressions d'air.

Par rapport à la norme, il a été rajouté des cycles supplémentaires ainsi il a été réalisé :

- des paliers de 50 Pa en 50 Pa jusqu'à 600 Pa : 0/50 Pa, 0/100 Pa jusqu'à 0/600 Pa
- puis des paliers de 150 Pa en 150 Pa jusqu'à 1200 Pa : 0/600 Pa, 0/750 Pa jusqu'à 0/1200 Pa.



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Pendant l'essai, on relève l'emplacement et le palier des éventuelles pénétrations d'eau observées. Dans le cas de la présente étude, seules les pénétrations d'eau observées à la jonction entre la menuiserie et l'ossature ont été relevées et à la fin de la phase d'arrosage il a été vérifié qu'il n'y a pas eu d'humidification des parties qui devaient rester sèches par démontages partiels des maquettes.



5. RESULTATS D'ESSAIS

5.1 Constats après vieillissements :

Rien à signaler
sauf après la phase longue d'arrosage où il est constaté un changement de couleur
superficiel de l'enduit sur les parties les plus arrosées (eau de la ville utilisée pendant la
phase d'arrosage) :



5.2 Résultats des essais de résistance à la pluie battante :

5.2.1 Maquette avec menuiserie en applique intérieure:

| Pression (Pa) | Durée (min) | Observations |
|---------------|-------------|--------------------------|
| 0 | 20 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/50 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/100 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/150 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/200 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/250 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/300 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/350 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/400 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/450 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/500 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/550 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/600 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/750 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/900 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/1050 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/1200 | 10 | Pas de pénétration d'eau |

Commentaires :

Maquette étanche jusqu'à 1200 Pa (l'essai a été arrêté après le palier de 1200 Pa).



Après le palier de 1200 Pa et le démontage partiel de la maquette aux endroits à risque pour les pénétrations d'eau, on constate qu'il n'y a pas eu d'humidification des parties qui devaient rester sèches.

Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

5.2.2 Maquette avec menuiserie en tunnel:

| Pression (Pa) | Durée (min) | Observations |
|---------------|-------------|--------------------------|
| 0 | 20 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/50 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/100 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/150 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/200 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/250 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/300 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/350 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/400 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/450 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/500 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/550 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/600 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/750 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/900 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/1050 | 10 | Pas de pénétration d'eau |
| 0/1200 | 10 | Pas de pénétration d'eau |

Commentaires :

Maquette étanche jusqu'à 1200 Pa (l'essai a été arrêté après le palier de 1200 Pa).



Après le palier de 1200 Pa et le démontage partiel de la maquette aux endroits à risque pour les pénétrations d'eau, on constate qu'il n'y a pas eu d'humidification des parties qui devaient rester sèches.

Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

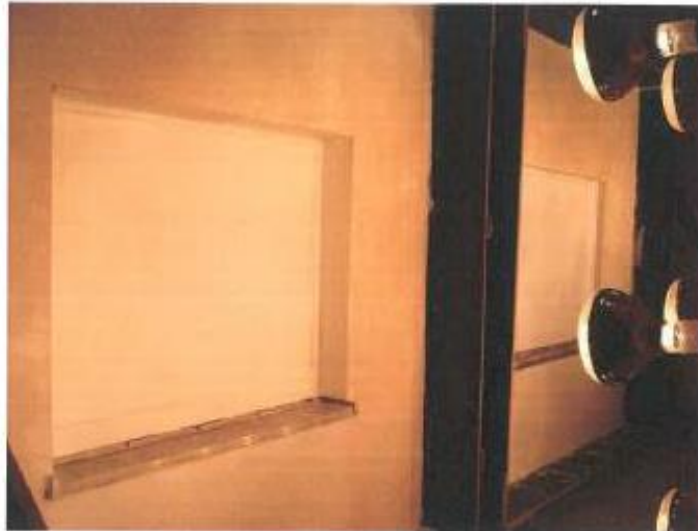
ANNEXES

Photos des maquettes avant pose de l'enduit et peinture des menuiseries :



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

Photos des maquettes à la fin de la dernière étape de vieillissement :



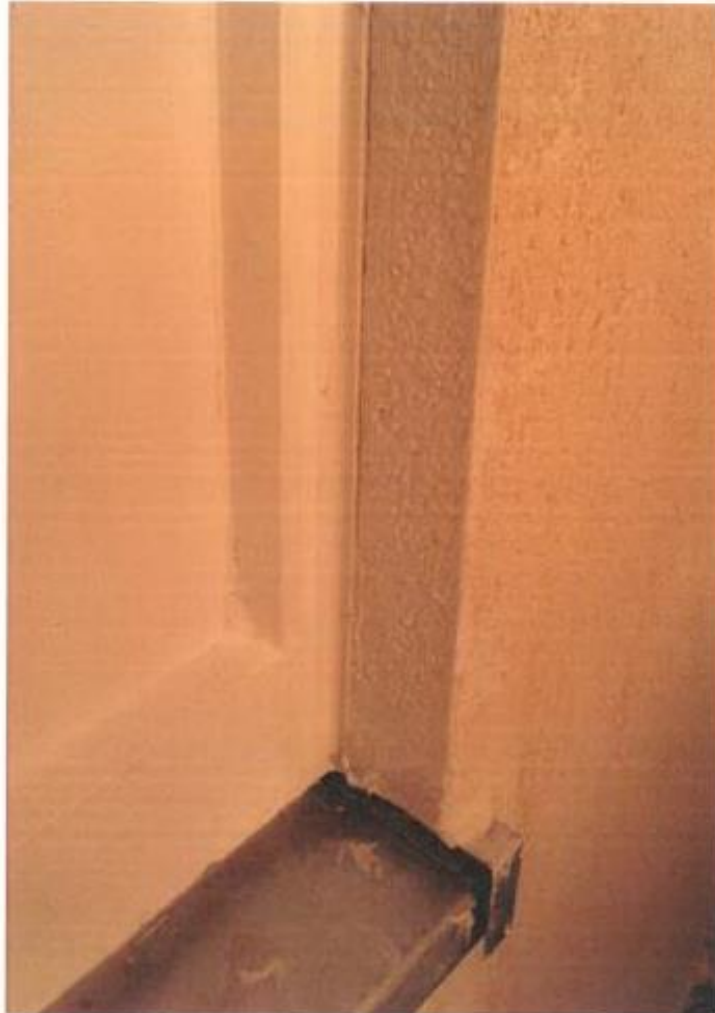
Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

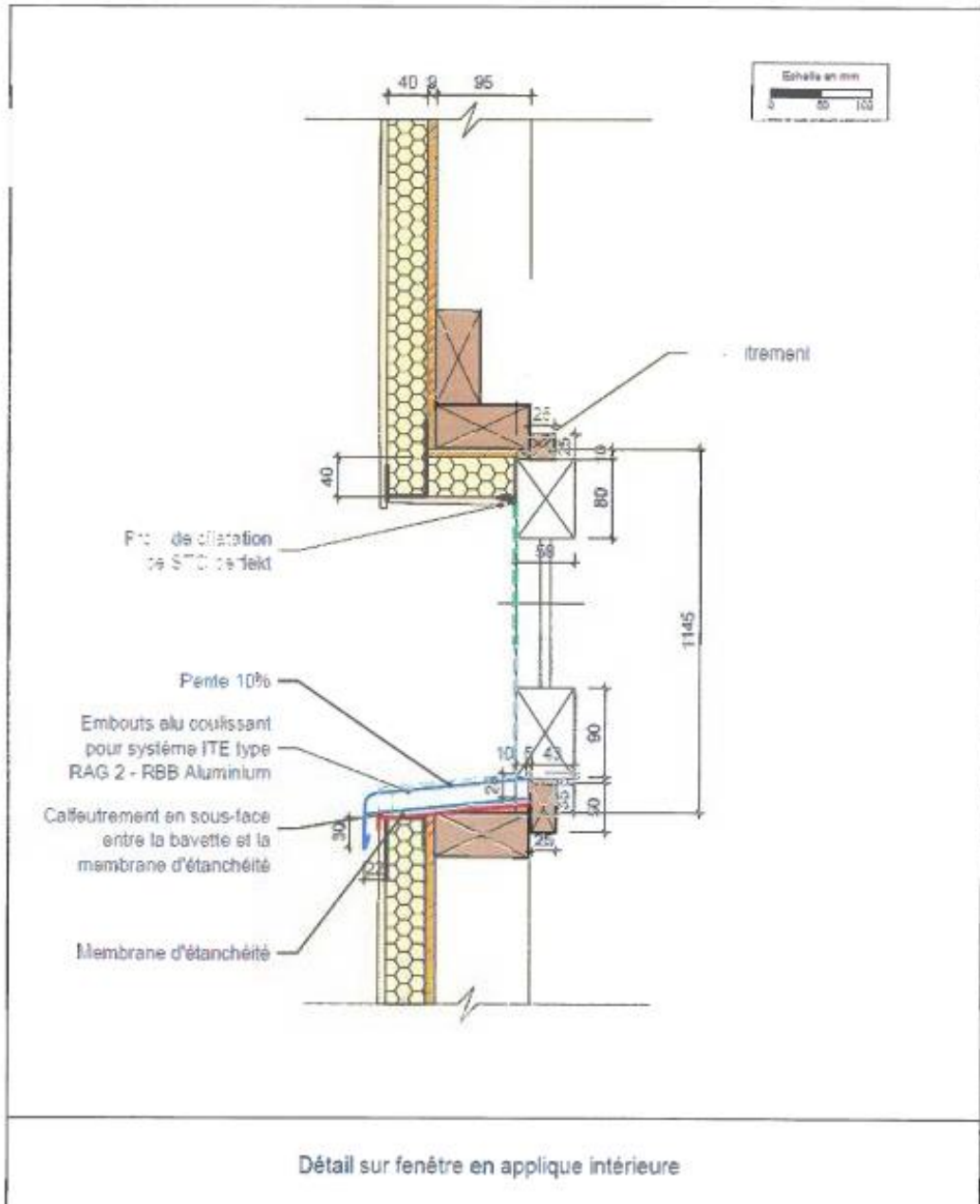


Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

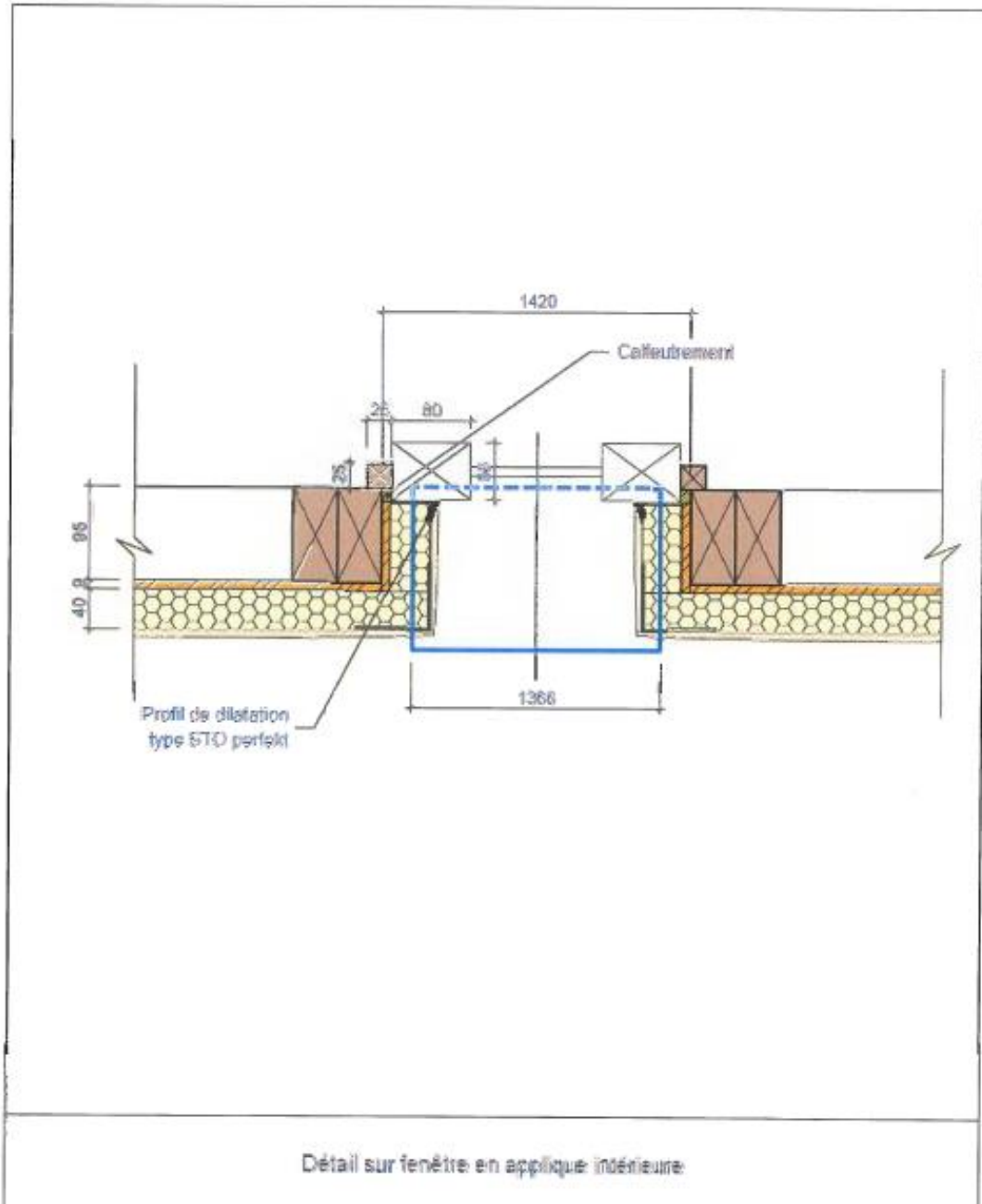


Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.

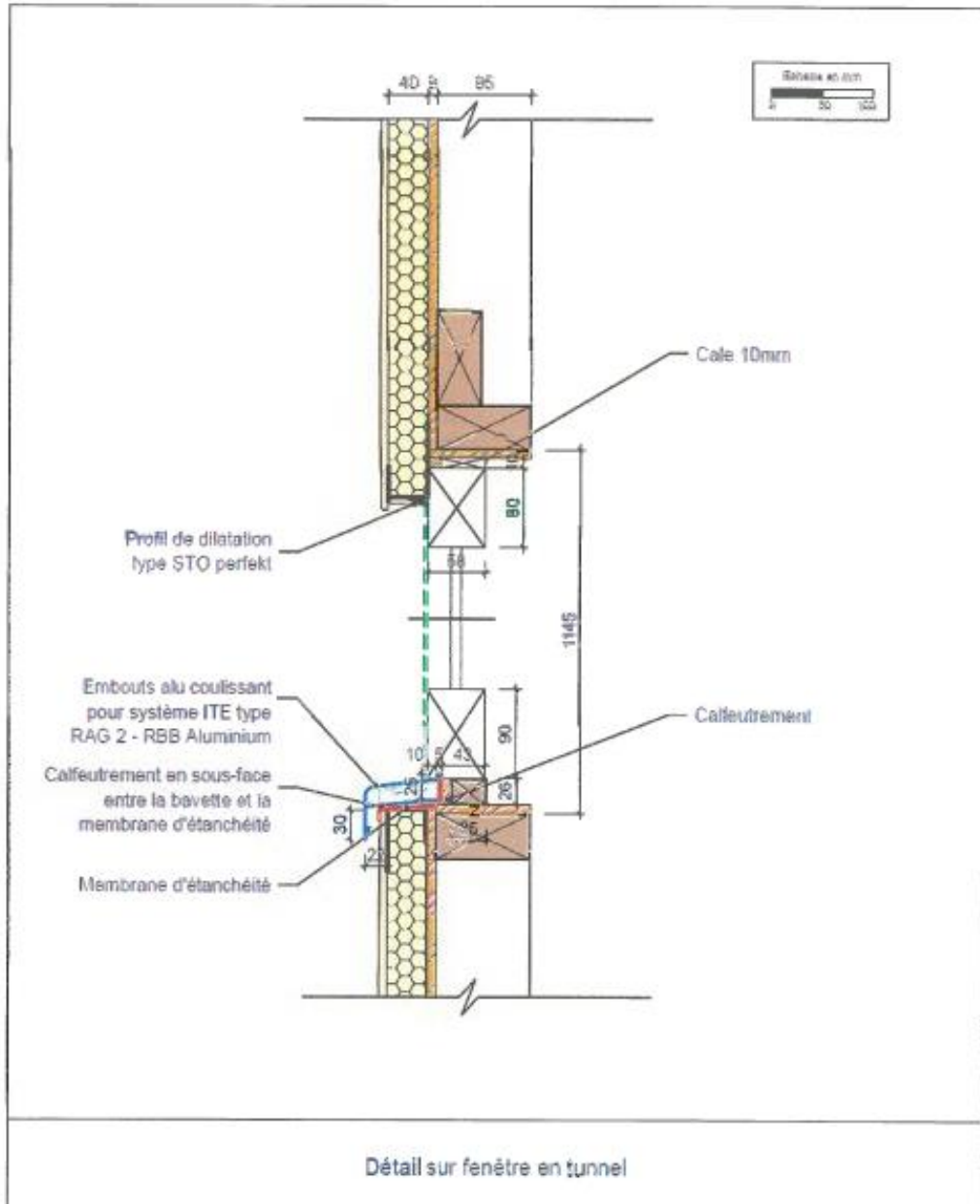
Principes de pose :



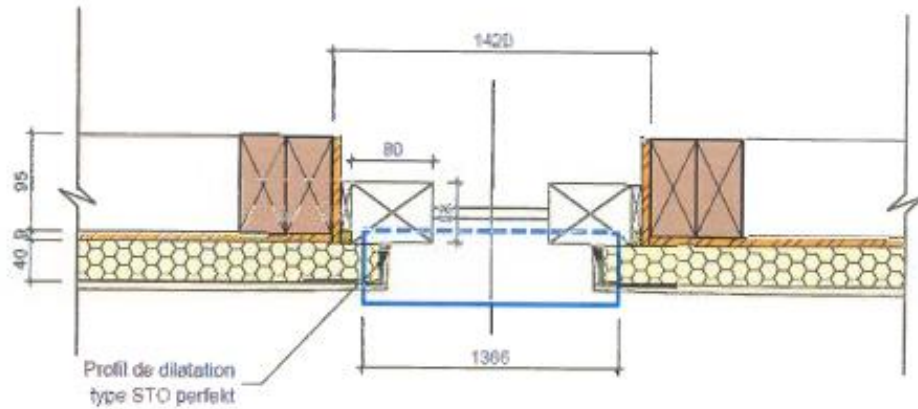
Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.



Détail sur fenêtre en tunnel

Ce document comporte 17 pages de rapport d'essai dont 9 pages d'annexe. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme de fac-similé photographique intégral.