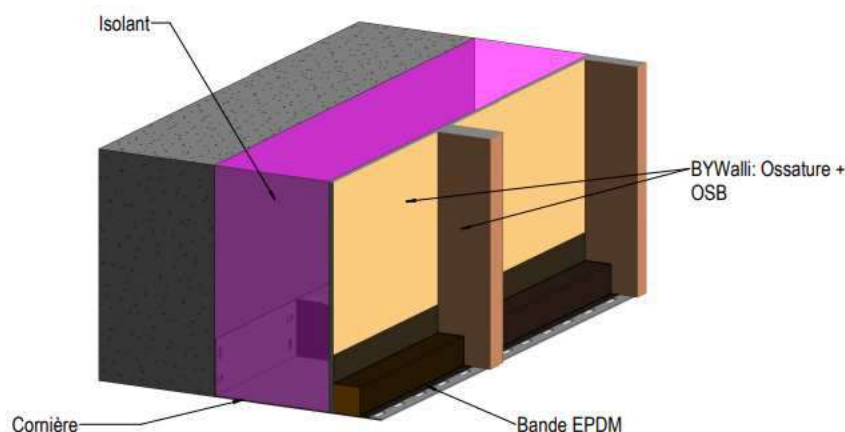


APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3101_V1

ATEx de cas a

Validité du 24/10/2022 au 24/10/2025



Copyright : Société Bouygues Construction

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur (*extrait de l'art. 24*).

A LA DEMANDE DE :

Société Bouygues Construction
18 rue du Général Mouton-Duvernet
CS33812
FR-69487 LYON CEDEX 03

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – Siret 775 688 229 00027 – www.cstb.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3101_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé BYWalli constitué de modules en bois support de bardage rapporté, associés à un isolant insufflé entre le mur existant et les modules.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 24/10/2022, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeur : Société Bouygues Construction
- technique objet de l'expérimentation : Le procédé BYWalli est un système de modules bois manportables destiné à recevoir un bardage rapporté constitué d'un OSB (Oriented Strand Board), d'une ossature en bois et d'un isolant laine de verre SUPAFIL Cavity Wall.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3101_V1 et résumée dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **24 octobre 2025**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations et attendus formulés aux §4 et 5.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages et/ou sécurité des équipements

Le procédé « BYWalli » ne participe pas à la stabilité du bâtiment laquelle incombe à la structure de celui-ci. La stabilité propre du procédé « BYWalli » sous les sollicitations climatiques est convenablement assurée, dans le cadre du domaine d'emploi défini au Dossier Technique.

1.2 – Sécurité des intervenants

Le procédé « BYWalli » ne participe pas à la sécurité vis-à-vis des risques de chute des personnes. La mise en œuvre fait appel aux techniques usuelles de manutention et de levage.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

L'isolant SUPAFIL Cavity Wall 034 dispose d'un classement de réaction au feu A1. Le classement au feu du système n'a pas été évalué. Le respect de la Réglementation incendie en vigueur est à vérifier au cas par cas en fonction de la destination des ouvrages réalisés.

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Le système BYWalli vise les bâtiments d'habitation individuelle. Les contraintes de sismicité sont sans objet pour les bâtiments de la 1^{ère} famille et les bâtiments de la 2^{ème} famille en zone de sismicité 1 et 2.

Pour les ouvrages de la 2^{ème} famille en zone de sismicité 3, les bâtiments visés sont de catégorie d'importance II selon l'Arrêté du 22 octobre 2010, relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Un calcul spécifique est réalisé et seul les composants validés dans les conditions de ce calcul sismique, conformément à leur Avis Technique, pourront être utilisés.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

Les fabricants de modules BYWalli sont audités par le FCBA ou le CSTB sur la base de leur Plan d'Assurance Qualité.

2.2 – Mise en œuvre

La pose du module BYWalli est à la charge de l'entreprise Bouygues Construction. L'annexe 2.3 présente la fiche de contrôle de suivi qualité et traçabilité pour la phase de mise en œuvre sur chantier.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3101_V1

L'isolant sera insufflé à l'aide d'une machine pneumatique de type « airlock » (sas étanche) pouvant aller jusqu'à 300 mbar de pression. Afin d'assurer la bonne insufflation du système, celle-ci devra être faite par une entreprise spécialisée dans ce type d'ouvrage.

2.3 – Assistance technique

Lors d'une fabrication des modules de BYWalli par une entreprise spécialisée dans la fabrication d'ossatures bois, Bouygues Construction apportera, sur demande, son assistance technique, ainsi qu'aux entreprises de pose. Une attestation nominative est délivrée par Bouygues Construction aux entreprises autorisées à fabriquer le module.

3°) Appréciations complémentaires

- Une attention particulière doit être apportée au calepinage des panneaux de bardage. Les éléments de bardage ne doivent pas ponter les modules BYWalli. Par conséquent, la hauteur du bardage est limitée à une hauteur d'étage.
- Dans le cas d'exposition du module avant la pose du bardage, le module doit être protégé de l'humidité par des protections provisoires.
- L'insufflation de l'isolant doit être réalisée par une entreprise spécialisée dans ce type d'ouvrage et conforme au dossier d'ATEX.
- Une attention particulière doit être apportée à la bonne réalisation de la pose des précadres.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- Donner des spécifications de pelage minimum à contrôler sur les murs existants pour le collage des bandes d'étanchéité et vérifier la compatibilité des bandes EPDM avec les supports et matériaux auxquels elles sont associées.

5°) Attendus

- Décrire la lame d'air en appui de fenêtre
- S'assurer de la conformité des valeurs sd (épaisseur de diffusion de vapeur d'eau) des panneaux OSB avec l'étude hygrothermique du CSTB n° DEB/R2EB-2022-128KZ/NZ du 07.07.22
- Mettre à jour le dossier graphique conformément à l'étude WUFI (pas de contact bavette métallique-isolant)
- Indiquer que la protection provisoire doit être obligatoire avant la pose du bardage ou du pare-pluie selon les cas. La nature de cette protection est à préciser.

6°) Rappel

Le demandeur devra tenir à jour une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés et les caractéristiques principales à la réalisation (nature du support, hauteur de l'ouvrage, taille maximale du panneau, surface totale de l'affaire en m²).

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations et attendus ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est réelle,
- Les désordres sont limités.

Fait à Champs sur Marne.
La Présidente du Comité d'Experts,

Aurélié BAREILLE

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3101_V1

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société Bouygues Construction
18 rue du Général Mouton-Duvernety
CS33812
FR-69487 LYON CEDEX 03

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Le procédé BYWalli est un système de modules bois, d'une hauteur d'un étage maximum, constitués d'un OSB (Oriented Strand Board) et d'une ossature en bois. Les modules sont placés à une distance choisie du mur existant, posés en pied sur une cornière filante et tenus en tête par des pattes équerres. Il est destiné à la rénovation thermique de bâtiments individuels de première et deuxième famille.

L'isolant SUPAFIL Cavity Wall 034 de la société Knauf est insufflé entre le mur existant et les modules via des trous d'insufflation percés dans l'OSB. Les trous d'insufflation sont rebouchés par des bandes EPDM AEROCONNECT HPV, WIGLUV 200 ou une autre référence de largeur 200 adhésive de caractéristiques égales ou supérieures.

La cornière support peut être posée fixée sur le mur existant avec les goussets vers le haut, ou vers le bas.

Le module est destiné à recevoir un bardage rapporté disposant d'une évaluation pour la pose sur construction à ossature (COB). Les bardages utilisables avec ce procédé sont définis dans le tableau 3 du dossier technique établi par le demandeur.

La dimension maximale du module est d'une hauteur d'étage soit 3m maximum. La largeur des éléments est limitée par le poids maximum de 50 kg d'un module.

Les parois support doivent être saines pour accueillir le système BYWalli.

La pose des menuiseries extérieures, le traitement des descentes d'eaux pluviales et la pose du système sur isolation préalable sont exclus de la présente ATEx.

Composants du système :

- Cornière support en acier galvanisé
- Panneau OSB 3 (Sdmax = 1,07) conforme au NF DTU 31.4, certifié et suivi par tierce partie indépendante pour la perméance à la vapeur d'eau ;
- Montants bois de sections 45x95 – 45x120 – 45x145 en C24 selon la NF EN 338. Les montants sont fixés au mur existant par pattes équerres ;
- Traverse de section en bois ;
- Laine de verre SUPAFIL Cavity Wall de la société KNAUF mis en œuvre par insufflation ;
- Bande EPDM (cf. Tableau 2 du dossier technique) ;
- Parement de bardage conforme au tableau 3 du dossier technique établi par le demandeur. Une lame d'air est ménagée à l'arrière des parements ;
- Un pare-pluie souple 5000hUV conforme au NF DTU 31.2 de 2019 et certifié QB38 est mis en œuvre dans les cas indiqués au tableau 3 du dossier. Un isolant complémentaire (SUPAFIL Cavity Wall en format panneaux rigides) est alors mis en place.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3101_V1

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 90 pages.

Procédé BYWalli

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 1^{er} mars 2023

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3101_V1.

Dossier technique BYWalli

BYWalli

— **Bouygues** Insulation Wall — Maison Individuelle

Florian Dufour
+33 6 68 23 26 06
f.dufour@bouygues-construction.com

Dossier d'ATex de cas « a » n° 3101
Document 01/03/2022



Table des matières

1.	Description	4
1.1.	Principe et domaine d'emploi	4
1.1.1.	Principe	4
1.1.2.	Domaine d'emploi	5
2.	Matériaux, produits et composants	7
2.1.	Éléments composant le BYWalli	7
2.1.1.	Constituants constants	9
2.1.2.	Constituants variables	20
3.	Disposition de conception	25
3.1.	Etudes préalables	25
3.2.	Travaux préalables	25
3.3.	Répartition des rôles	26
3.3.1.	Répartition des rôles de la conception à la pose des modules	26
3.3.2.	Rôle du bureau d'étude	26
3.4.	Calepinage des modules	27
3.4.1.	Procédure de calepinage des modules	27
3.4.2.	Adéquation des calepinages	29
3.5.	Exigences de résistance aux chocs extérieurs	29
3.6.	Isolation	29
3.6.1.	Généralités	29
3.6.2.	Certifications et rapports d'essais	29
3.6.3.	Masse volumique d'insufflation	30
3.6.4.	Non-développement fongique	30
3.6.5.	Caractéristiques intrinsèques des matériaux	30
3.7.	Étanchéité à l'eau	31
3.7.1.	Angles de menuiseries	31
3.7.2.	Passage des points d'ancrages ou traversée de paroi	31
3.7.3.	Angle de bâtiment	31
3.8.	Bardage	32
3.8.1.	Bardage de type 14	32
3.8.2.	Bardage de type 13+	33
3.8.3.	Bardage de type 13	34
3.8.4.	Mise en place du pare-pluie	35
3.8.5.	Évaluation des pare-pluie et compatibilité avec les accessoires	35



3.8.6.	Ventilation de la lame d'air	36
3.9.	Pare-vapeur	37
4.	Fabrication des modules	38
5.	Principes généraux de pose.....	45
5.1.	Etapes préalables	45
5.2.	Déroulé des étapes constantes de la pose.....	46
5.2.1.	Etat initial.....	46
5.2.2.	Etape 1.....	46
5.2.3.	Etape 2.....	47
5.2.4.	Etape 3.....	48
5.2.5.	Etape 4.....	49
5.2.6.	Etape 5.....	51
5.2.7.	Etape 6.....	52
5.2.8.	Etape 7.....	53
5.2.9.	Etape 8.....	54
5.2.10.	Etape 9.....	55
5.2.11.	Etape 10.....	55
5.2.12.	Etape 11.....	58
5.2.13.	Protections provisoires des modules en cas de pluie	63
5.2.14.	Menuiseries extérieures.....	63
6.	Traitement des parties courantes et points singuliers.....	64
7.	Entretien.....	87
8.	Assistances techniques.....	87
9.	Principes et contrôles des modules BYWalli	87
9.1.	Fabrication.....	87
9.2.	Réception et pose des modules	87
10.	Résultats expérimentaux.....	88
11.	Annexes	89



1. Description

1.1. Principe et domaine d'emploi

1.1.1. Principe

Le BYWalli est un système de modules bois manuportables, biosourcé et flexible. Son processus de fabrication et de pose industrialisé a pour vocation d'accélérer la rénovation énergétique des logements individuels.

Les modules, constitués d'un OSB (Oriented Strand Board) et d'une ossature en bois, sont placés à une distance choisie du mur existant, posés en pied sur une cornière filante et tenus en tête par des pattes équerre.

L'isolant est insufflé entre le mur existant et les modules.

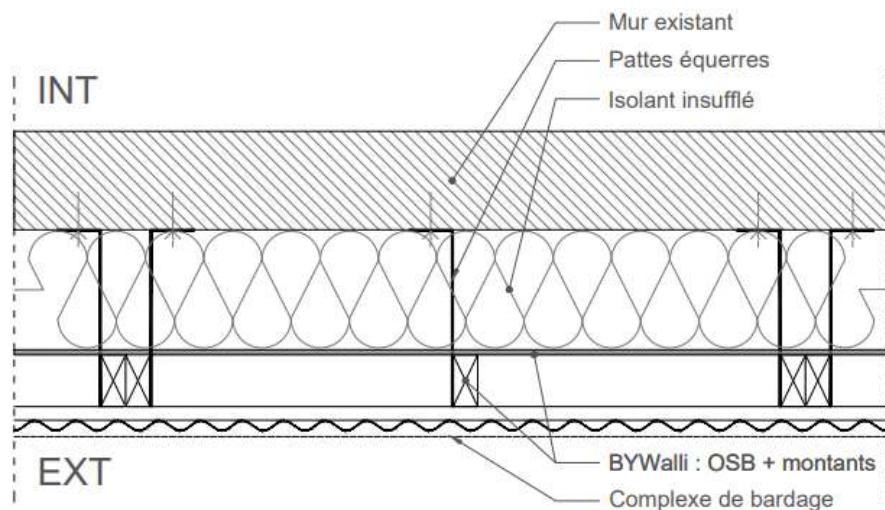


Fig 1. Coupe horizontale du système BYWalli

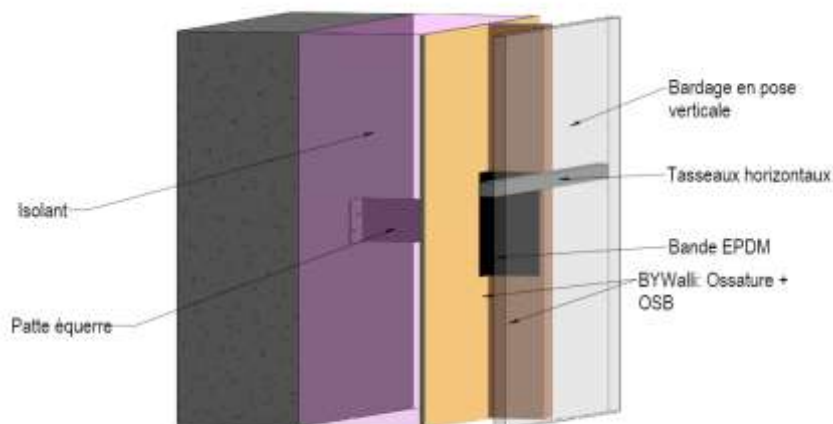


Fig 2. Vue 3D du système BYWalli



1.1.2. Domaine d'emploi

1.1.2.1. Famille d'habitation

Le domaine d'emploi revendiqué concerne les logements individuels de 1^{ère} et 2^e famille au sens de l'arrêté du 31/01/1986 (version en vigueur du 18 août 2022).

1.1.2.2. Hypothèses climatiques et sismiques

1.1.2.2.1. Contraintes de sismicité

Le système BYWalli vise les bâtiments d'habitation individuelle.

Les contraintes de sismicité sont sans objets pour les bâtiments de la 1^{ère} famille et les bâtiments de la 2^e famille en zone de sismicité 1 et 2.

Pour les logements individuels de la 2^e famille en zone de sismicité 3, un calcul spécifique sera réalisé et seuls les composants validés dans les conditions de ce calcul sismique, conformément à leur Avis Technique, pourront être utilisés. Il faudra que ces bâtiments soient classés en catégorie d'importance II selon l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

1.1.2.2.2. Contraintes climatiques

Le système BYWalli vise les bâtiments situés en zone 1 à 3 au sens de la NF EN 1991-P1-4. La zone 4 est exclue.

Concernant les catégories de terrain visées pour la rugosité toutes les catégories sont visées. Conformément NF DTU 45.4 sur les bardages rapportés partie B1.1 Annexe B, on prendra en compte, par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

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

Une vérification des charges de vent du site du projet sera systématique. Cette étude devra vérifier les composants du BYWalli (sections des ossatures notamment), ainsi que l'adéquation du système de bardage : entraxes, charges de vent admissibles, etc. Cette étude sera faite conformément aux dispositions décrites au paragraphe 3.3.2 tableau 4.

1.1.2.3. Limites du domaine d'emploi

Il est exclu du présent l'ATEX la pose des menuiseries extérieures, la pose du système sur isolation préalable et le traitement des descentes d'eaux pluviales. Un détail de principe concernant ces dernières sont tout de même fournis au paragraphe 2.1.2.4.

De plus, le procédé n'assure pas la stabilité du bâtiment.



1.1.2.4. Nature des parois supports et tolérances admissibles

1.1.2.4.1. Nature des parois supports

Les parois supports visées sont les suivantes :

- Mur maçonné en brique (NF DTU 20.1)
- Mur maçonné en parpaings (NF DTU 20.1)
- Mur en béton (DTU 23.1)
- Mur en béton préfabriqué (NF DTU 21)

1.1.2.4.2. Tolérances admissibles

On considère que les parois supports respectent les tolérances d'exécution de leurs DTU respectifs.

Les parois support doivent être continue. De plus, les murs support ne peuvent être que ceux qui ont un Sd au moins égal à celui qui est le plus faible retenu dans l'étude wufi.

Le système est conçu pour reprendre les tolérances propres aux référentiels de chaque parois support.

Cette reprise de tolérance est réalisée par les équerres en tête et par la cornière en pied des modules.

1.1.2.5. Types de locaux visés

Les locaux visés sont les locaux à faible ou moyenne hygrométrie « EB+ locaux privés » (cahier du CSTB 3567 V2)



2. Matériaux, produits et composants

2.1. Éléments composant le BYWalli

Le système BYWalli se compose des éléments suivants :

Composants	Matériau	Référentiel	Remarques
Cornière	Acier galvanisé	Eurocode 3	Vérification au cas par cas Annexes 1.1.4 et 1.1.5
Isolant (vrac)	Laine de verre KNAUF SUPAFIL Cavity Wall	Avis technique, ACERMI et DoP	Annexes 4.2.1 à 4.2.3
Isolant (panneau)	Laine de verre	Paragraphe 9.3.1.4 du NF DTU 31.2, P1-1 de 2019	Uniquement en cas de présence de pare pluie souple
Modules/ossature	OSB 3	NF DTU 31.2	Certifié par le FCBA et suivi par tierce partie pour la perméance à la vapeur d'eau Sdmax = 0,963
	Montants bois	NF DTU 31.4	Montants de sections 45x95 – 45x120 – 45x145 en C24 selon la NF EN 338 Traverses de section 45x45 en C18 selon la NF EN 338 Classe d'emploi 2 (FD P-20 651) Classe de service 2 (EN 350) Voir paragraphe 2.1.2.2 et 3.8
Pare pluie	Souple	NF DTU 31.2 et QB38	5000h UV pour le bardage de type 13 (présence de joints horizontaux) Pas de pare-pluie pour le bardage de type 14 Voir paragraphe 3.8.4. Dans tous les cas, la pose du pare-pluie est imposé ou non par le référentiel dont relève le bardage rapporté posé sur COB
Assemblages (éclisses, pattes équerres, équerres...)	Acier galvanisé	Cahier du CSTB 3316_V3 DTU 31.2	Vérification au cas par cas Voir Annexe 1.1.1



Fixations	Acier zingué	Cahier du CSTB 3316_V3	Vérification au cas par cas Voir Annexe 1.1.1
Parement	Voir tableau 3 au paragraphe 2.1.2.2	-	-
Étanchéité	Voir tableau 2 ci-dessous	NF EN 13956 et essai d'étanchéité au laboratoire du CSTB à 200Pa (voir Annexe 4.2.8)	Pour rebouchage des trous d'insufflation et tout percement dans l'OSB ainsi que pour la bonne étanchéité du système pour l'insufflation
Mastics	Mastics extradables ou en cordons préformés	NF EN ISO 11600 NF DTU 44.1	Mastics de fond de joints

Tableau 1. Composants du BYWalli

Endroit d'utilisation	Bandes d'étanchéité	Références	Détail
Entre montant	Bande EPDM	AEROBAND EPDM, WIGLUV 100 ou équivalent	Largeur 100 adhesive
Pied de module	Bande EPDM	AEROCONNECT HPV, WIGLUV 150 ou équivalent	Largeur 150 adhesive
Ouverture pour patte équerre	Bande EPDM	AEROCONNECT HPV, WIGLUV 150 ou équivalent	Largeur 150 adhesive
Trous d'insufflation	Bande EPDM	AEROCONNECT HPV, WIGLUV 200 ou équivalent	Largeur 200 adhesive
Recoupement d'insufflation	Bande EPDM	AEROCONNECT HPV, WIGLUV 150 ou équivalent	Largeur 150 adhesive

Tableau 2. Différents types d'étanchéité

Les fiches techniques des différents types d'étanchéité se trouvent en Annexes 4.6.1 et 4.6.2.



2.1.1. Constituants constants

2.1.1.1. Cornière filante en pied de module

La cornière filante en pied de module est raidie à l'aide de goussets et est dimensionnée pour reprendre tout le poids propre des éléments de façade (isolant, ossature et parement).

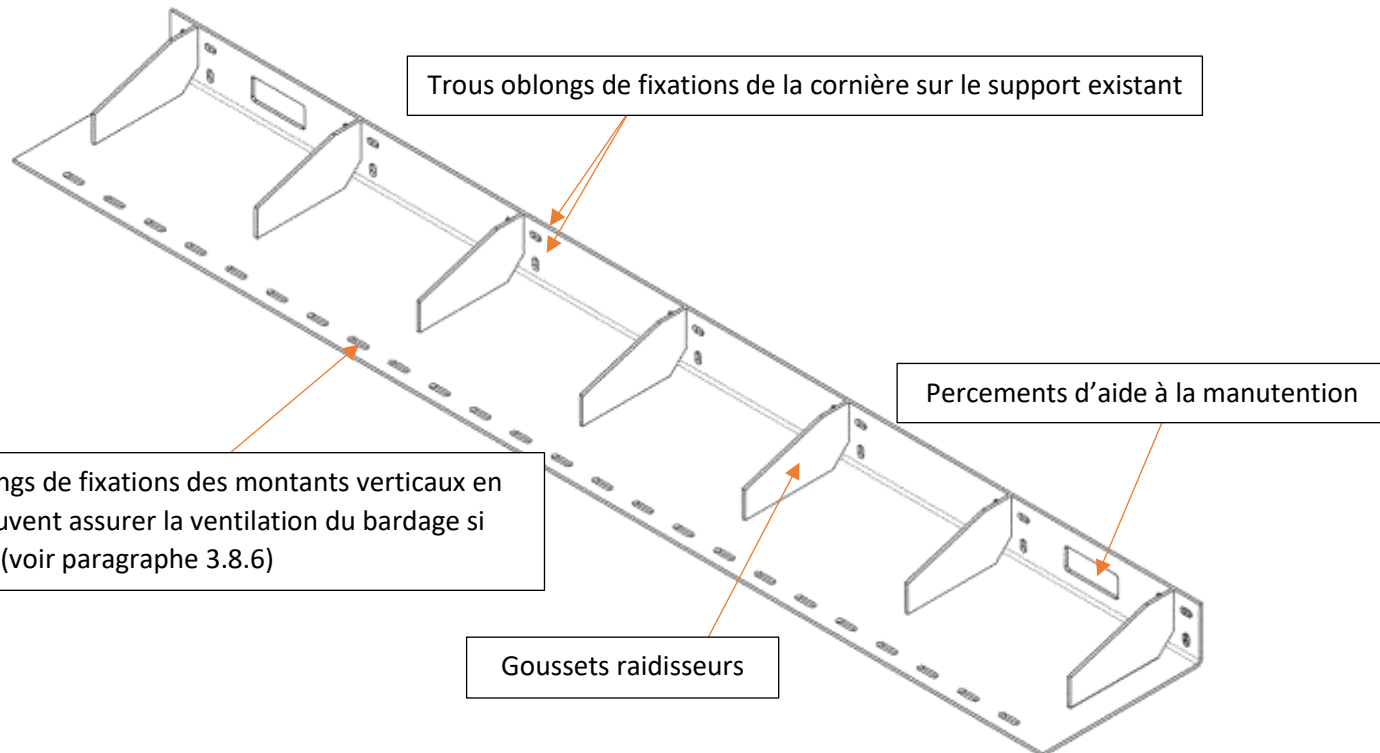


Fig 3. Cornière filante

De manière standard, la cornière est en acier galvanisée, ayant les caractéristiques suivantes :

- $f_y = 235 \text{ MPa}$
- $E = 210\,000 \text{ MPa}$

L'entraxe des goussets, l'épaisseur ainsi que la profondeur de la cornière seront variables en fonction des charges à reprendre.

L'utilisation de cale n'est pas prévue par le système, sauf en cas de nécessité pour le calcul. S'il y a un espace entre la cornière et le mur existant d'une épaisseur de 2 à 5mm, celui-ci sera rebouchée à l'aide d'une bande EPDM pour assurer la bonne insufflation, de la même manière que pour les pattes équerre (voir paragraphe 2.1.1.7).

En cas d'espace de plus de 5mm, du CTBx sera utilisé.

La cornière pourra être fixée sur le mur existant avec les goussets vers le haut, ou vers le bas (voir figure ci-dessous)

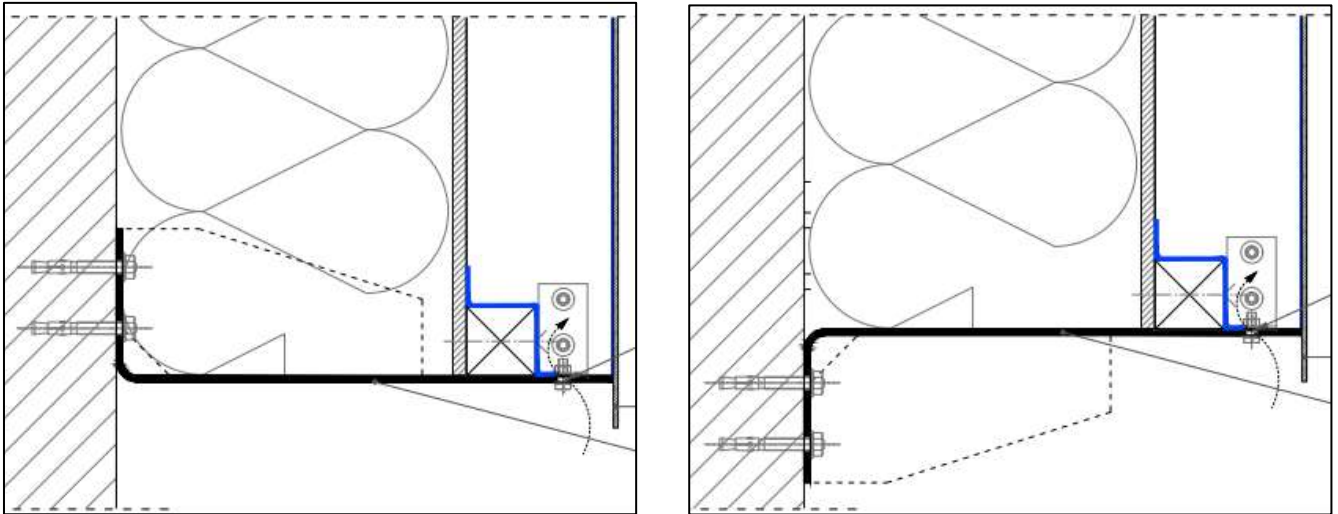


Fig 4. Positionnements possibles de la cornière

La protection à la corrosion de la cornière est adaptée à la classe E12 (Atmosphère extérieure directe normal urbaine) d'exposition définies dans le cahier du CSTB 3316_V3 (NF P24-351), soit Z350.

2.1.1.1.1. Déformée

La cornière basse filante reprend toutes les charges verticales du système. Afin de respecter les limites de déformés liées au type de bardage de 1 et 3mm décrites dans le cahier du CSTB 3316_V3, cette cornière basse sera dimensionnée pour chaque projet.

La valeur de l'entraxe des goussets X ainsi que la largeur de la cornière pouvant varier, voici les résultats pour un cas extrême d'une cornière de 2m de long.

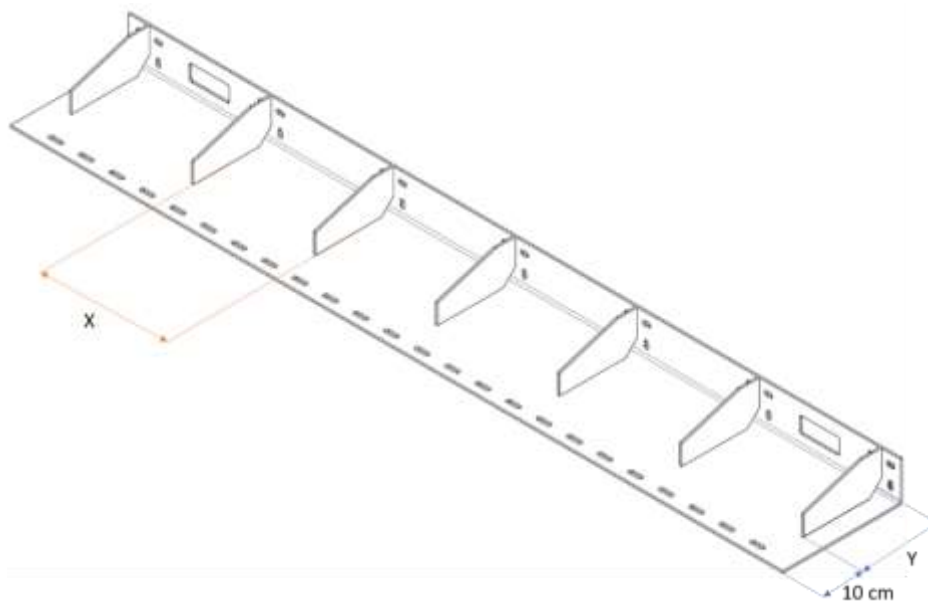


Fig 5. Définition de X et Y



Afin de mesurer l'impact de la densité d'isolant sur ces valeurs, plusieurs cas ont été étudiés, avec 30,40 et 60kg/m³ (Annexes 1.1.4 et 1.1.5) . Dans le cadre de ce dossier, nous avons gardé les tableaux pour la valeur de 40kg/m³, celle-ci étant la densité visée lors de l'insufflation de la laine dans le système BYWalli.

A titre d'exemple, une valeur des charges surfaciques maximales admissibles a été calculée pour un entraxe de 0,6m et une hauteur de 3m.

Une vérification à l'Eurocode 3 pour une déformée de 2L/250 a également été réalisée.

Cas de la cornière avec les goussets vers le haut (Annexe 1.1.4) :

Charges ponctuelles et surfaciques maximales pour une déformée de 1mm – 40kg/m³ d'isolant :

		Charge ponctuelle max (kg)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	49,0	23,0	21,0
	220	48,0	22,0	20,0
	260	48,0	21,0	18,0

		Charge surfacique max (kg/m ²)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	27,2	12,8	11,7
	220	26,7	12,2	11,1
	260	26,7	11,7	10,0

Charges ponctuelles et surfaciques maximales pour une déformée de 3mm – 40kg/m³ d'isolant :

		Charge ponctuelle max (kg)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	62,0	71,0	54,0
	220	61,0	67,0	52,0
	260	60,0	64,0	53,0

		Charge surfacique max (kg/m ²)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	34,4	39,4	30,0
	220	33,9	37,2	28,9
	260	33,3	35,6	29,4

Cas de la cornière avec les goussets vers le bas (Annexe 1.1.5) :

Charges ponctuelles et surfaciques maximales pour une déformée de 1mm – 40kg/m³ d'isolant :

		Charge ponctuelle max (kg)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	49,0	24,0	22,0
	220	49,0	23,0	20,0
	260	49,0	22,0	18,0

		Charge surfacique max (kg/m ²)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	27,2	13,3	12,2
	220	27,2	12,8	11,1
	260	27,2	12,2	10,0

Charges ponctuelles et surfaciques maximales pour une déformée de 3mm – 40kg/m³ d'isolant :

		Charge ponctuelle max (kg)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	62,0	71,0	54,0
	220	62,0	67,0	52,0
	260	62,0	64,0	53,0

		Charge surfacique max (kg/m ²)		
		X (mm)		
		200	300	400
Y (mm)	160	34,4	39,4	30,0
	220	34,4	37,2	28,9
	260	34,4	35,6	29,4



2.1.1.2. Généralités pour les éléments bois

2.1.1.2.1. Dimensions des modules BYWalli

Les modules de BYWalli ont été pensés et conçus pour être facilement manuyportables avec un poids maximum des modules de 50kg (structure seule, le parement étant ajouté plus tard).

Pour des raisons de facilité et de rapidité de pose, il a été défini qu'un panneau standard couvre une hauteur d'étage, soit une hauteur de 3m au maximum. Ces modules seront cependant plus petits dans le cas d'un positionnement en allège ou en linteau.

L'entraxe maximum entre les montants est de 60cm, conformément au cahier du CSTB 3316_V3.

2.1.1.2.2. Durabilité des bois

Les éléments d'ossature en bois sont de classe d'emploi 2 (bois en intérieur ou sous-abri), et de classe de service 2 (milieu humide extérieur protégé).

L'humidité de ces éléments lors de l'assemblage sera de 18% au maximum conformément au NF DTU 31.2. avec un écart admissible de 5% entre deux pièces de bois.

2.1.1.3. Montants d'ossature

Les montants d'ossature sont les éléments verticaux du système. L'entraxe entre montant est de 60cm maximum.

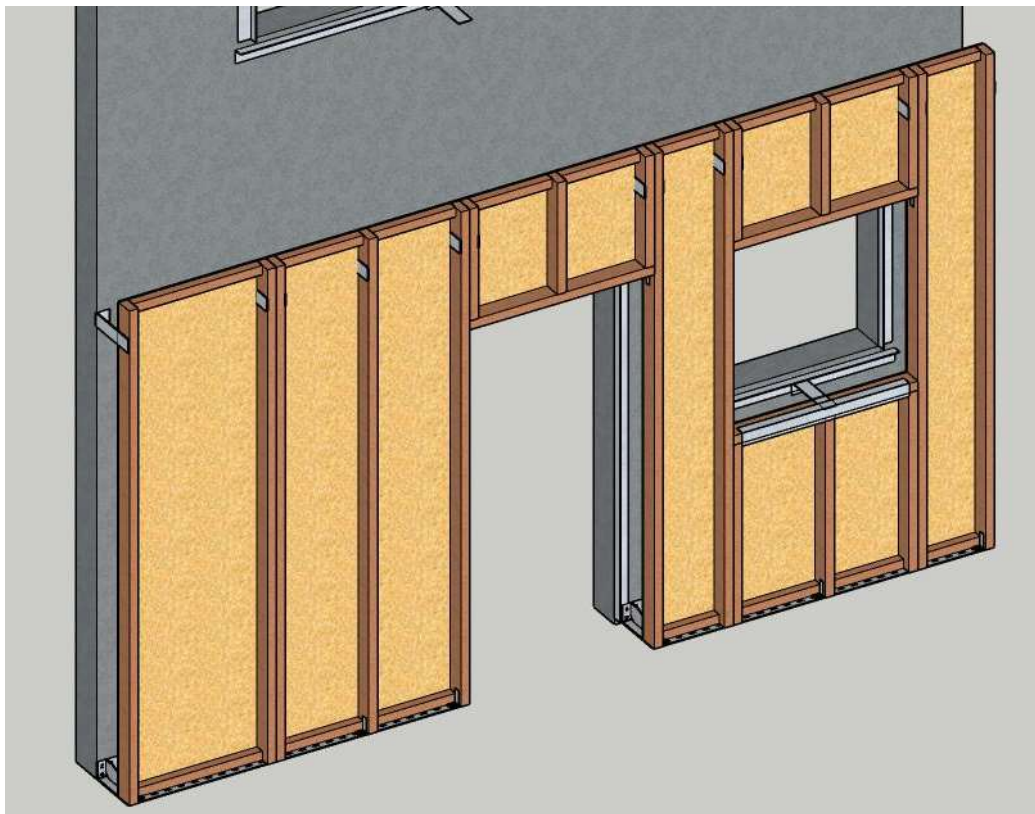


Fig 6. Montants d'ossature



La section des montants est définie à l'aide de l'abaque en Annexe 1.1.2, en fonction des charges verticales et de vent à reprendre (voir Annexe1.1.1 – Règles de conception)

2.1.1.4. Chevêtres

Les chevêtres sont les éléments horizontaux au niveau des encadrements de baies. Ils ont les mêmes sections que celles des montants.

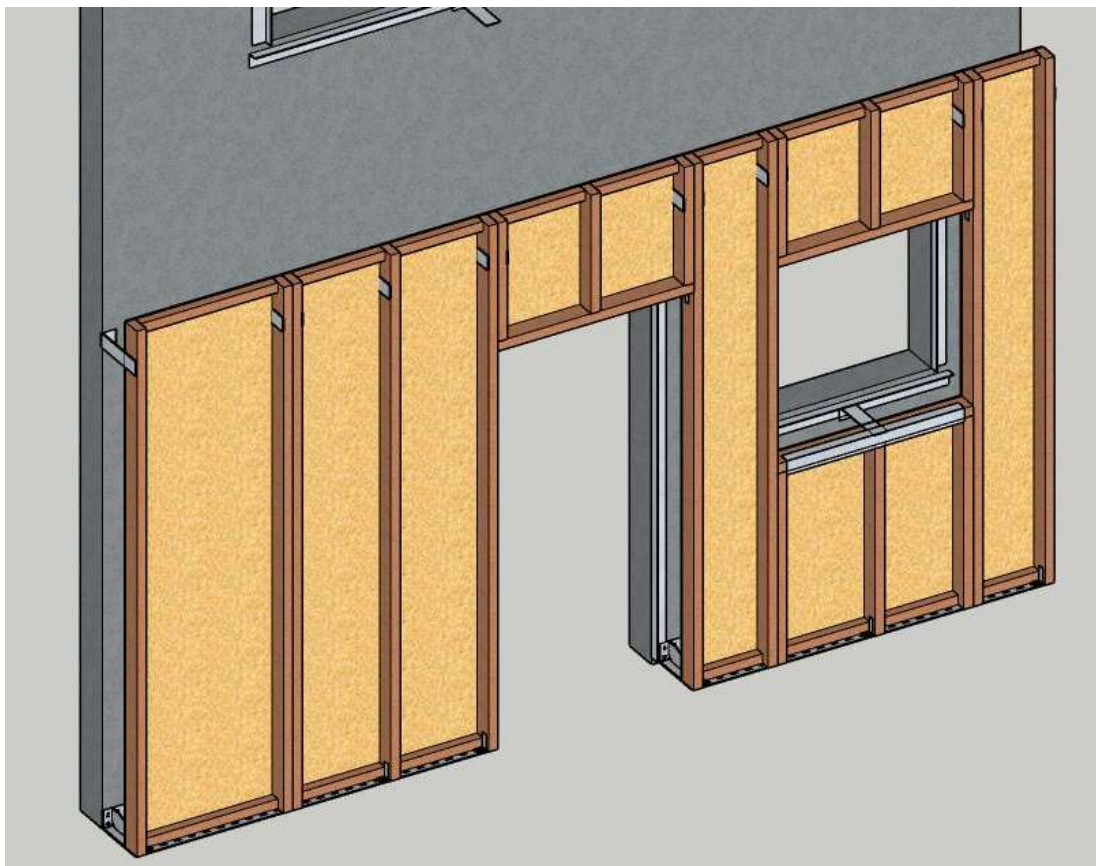


Fig 7. Chevêtres

2.1.1.5. Tasseaux de liaison

Les tasseaux de liaisons sont les éléments horizontaux qui servent à fermer les modules. Ils n'ont pas de fonctions structurelles.

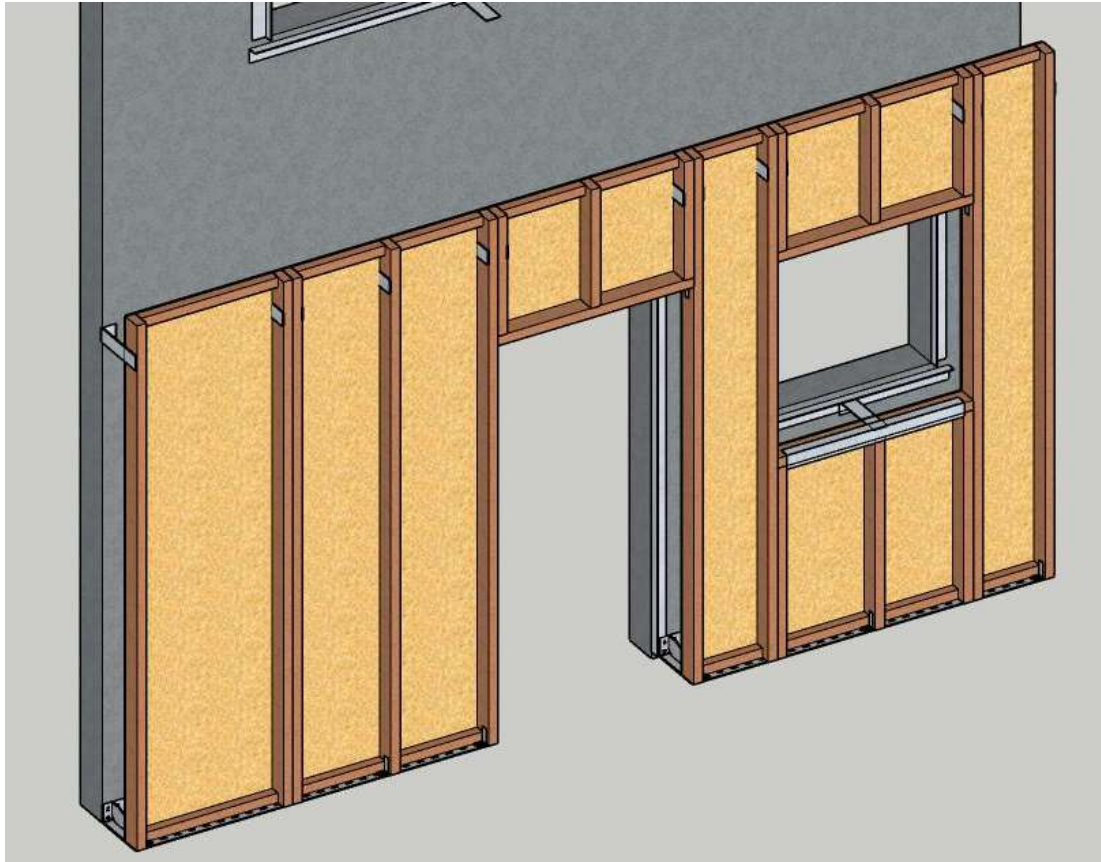


Fig 8. Tasseaux de liaison

La section des tasseaux est de 45x45mm.

2.1.1.6. Panneaux OSB

Les panneaux pleins sont des panneaux en OSB 3. Ils servent de coffrage pour l'insufflation de l'isolant.

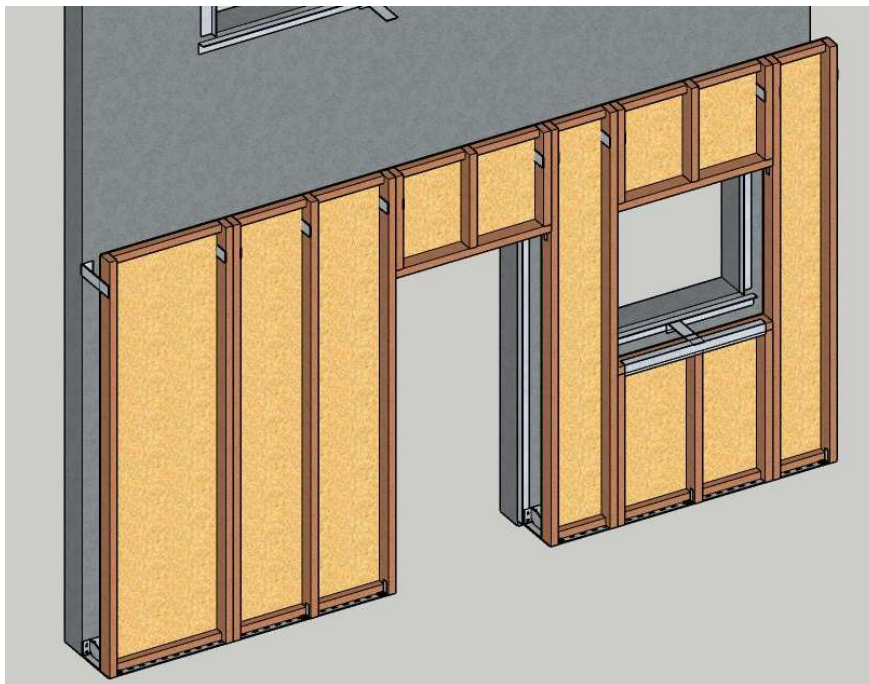


Fig 9. OSB

Les dimensions usuelles des panneaux OSB sont de 2,5m x 1,25m ou 2,8m x 1,196m mais peuvent aller jusqu'à 5,03m x 2,5m. Les principales caractéristiques mécaniques sont conformes à la norme EN 789 et les caractéristiques physiques sont conformes aux normes EN 3XX associées.

Les déformations et variations dimensionnelles prévisibles liées aux conditions d'humidité dans les bois n'auront pas lieu, car le taux d'humidité des éléments sera testé à la réception des matériaux et renvoyé si supérieur à 18%. Conformément au NF DTU 31.2, les assemblages se feront à un taux maximum d'humidité de 18% (+/- 5%) et seront stockés ensuite dans une zone couverte et aérée dédiée à ces modules (voir PAQ en Annexe 2.1)

Ils seront alors livrés sur chantier au fur et à mesure de l'avancement et de leur cycle de pose.

2.1.1.7. Pattes équerres de fixation

Les pattes équerres de fixation sont des pattes fixes en acier qui servent à tenir en tête les modules. Elles dépendent du cahier du CSTB 3316.

Celles-ci ne reprennent que les efforts de vent, et en aucun cas les charges verticales de poids du système. Les efforts de vent sont donc le critère de dimensionnement de ces pattes.

Les montants seront tenus en tête par des pattes équerres

Le choix de ces pattes équerres dépendra donc de leur capacité à reprendre les efforts de vent propre aux projets.

Ces pattes équerres se fixent sur les montants verticaux et passent à travers l'OSB par des incisions. Ces incisions ont pour dimensions 120mm de haut et 10mm de large. Elles sont étanchées suite à la pose des modules à l'aide d'une bande d'étanchéité.

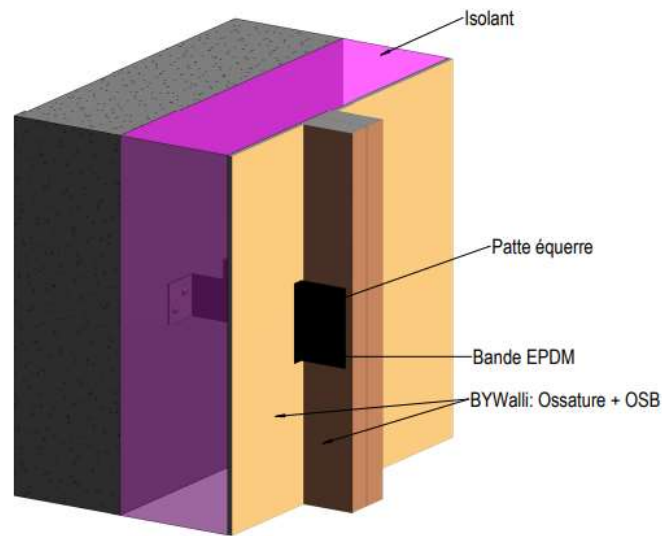


Fig 10. Etanchéité du passage des pattes équerre

2.1.1.8. Eléments d'assemblage des modules

Les éléments décrits ci-dessus sont liaisonnés ensemble par différents systèmes d'assemblages mécaniques (pas de collage) en acier, considérés en atmosphère extérieure protégée.

Ceux-ci sont dimensionnés et adaptés en tenant compte des conditions propres au projet (bardage, dimension des montants, éléments climatiques, etc.). Un calcul des différents assemblages est réalisé dans l'Annexe 1.1.1.

Conformément au paragraphe 3.3.1 page 26, c'est le bureau d'étude technique externe du projet qui validera le dimensionnement de ces assemblages.

Le dimensionnement de ces assemblages ne dépend que des efforts de vent.

2.1.1.8.1. Eclissage

L'assemblage intermédiaire (liaison entre deux modules haut et bas) se fait à l'aide d'une éclisse en acier vissée. Ces éclisses et leurs caractéristiques doivent être conformes aux exigences du paragraphe 3.3.3 du cahier du CSTB 3316 V3.

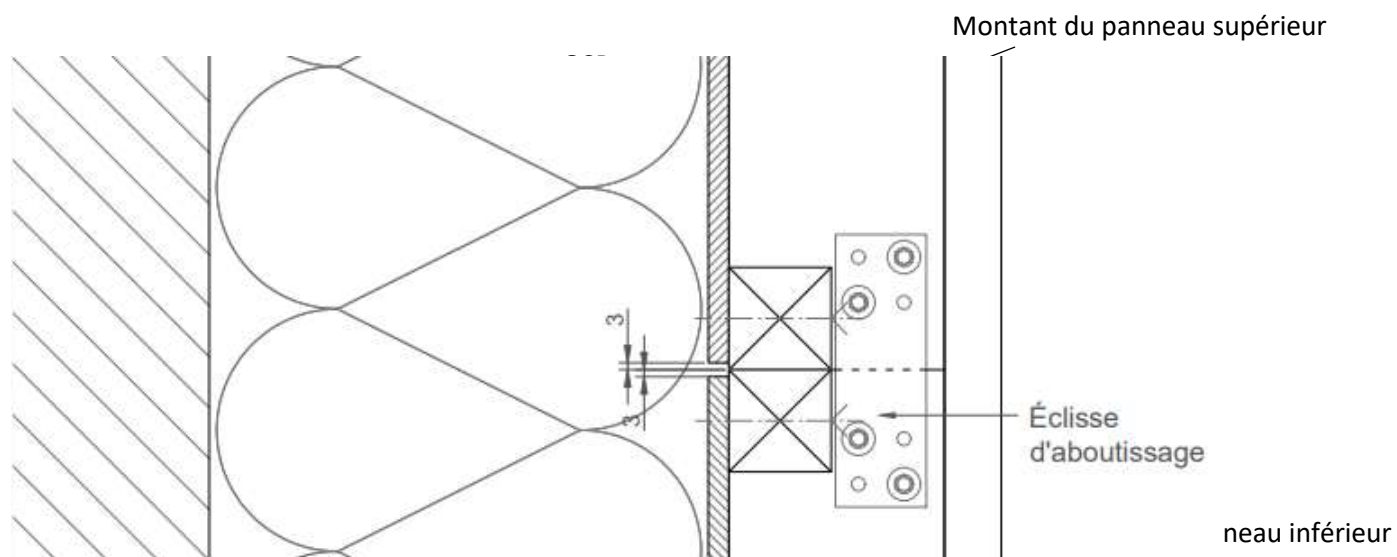


Fig 11. Eclisse - Vue en coupe verticale

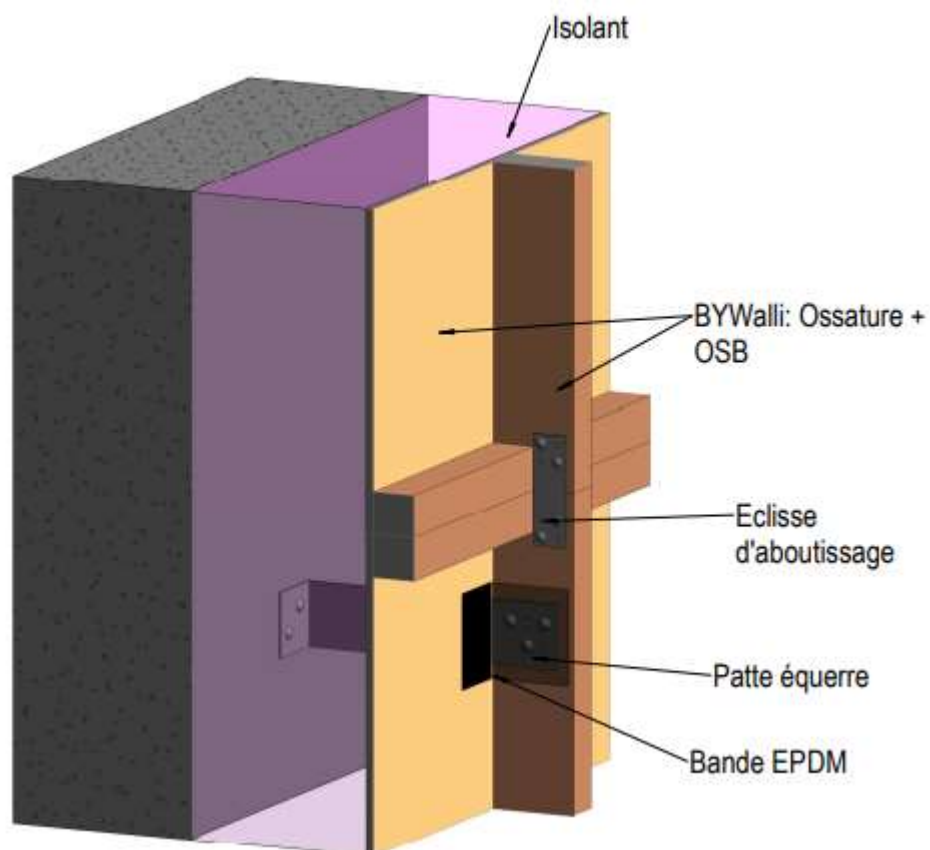


Fig 12. Eclisse - Vue 3D



2.1.1.8.2. Assemblage bas

L'assemblage bas (liaison entre les chevrons d'ossature et la cornière filante) est réalisé à l'aide d'une équerre métallique, vissée sur le chevron et boulonnée sur la cornière. Une vis autoforeuse complémentaire est vissée dans la cornière filante dans l'un des trous de l'équerre afin de bloquer toute rotation de celle-ci. Les équerres doivent être conformes aux exigences du paragraphe 3.3.3 du cahier du CSTB 3316 V3.

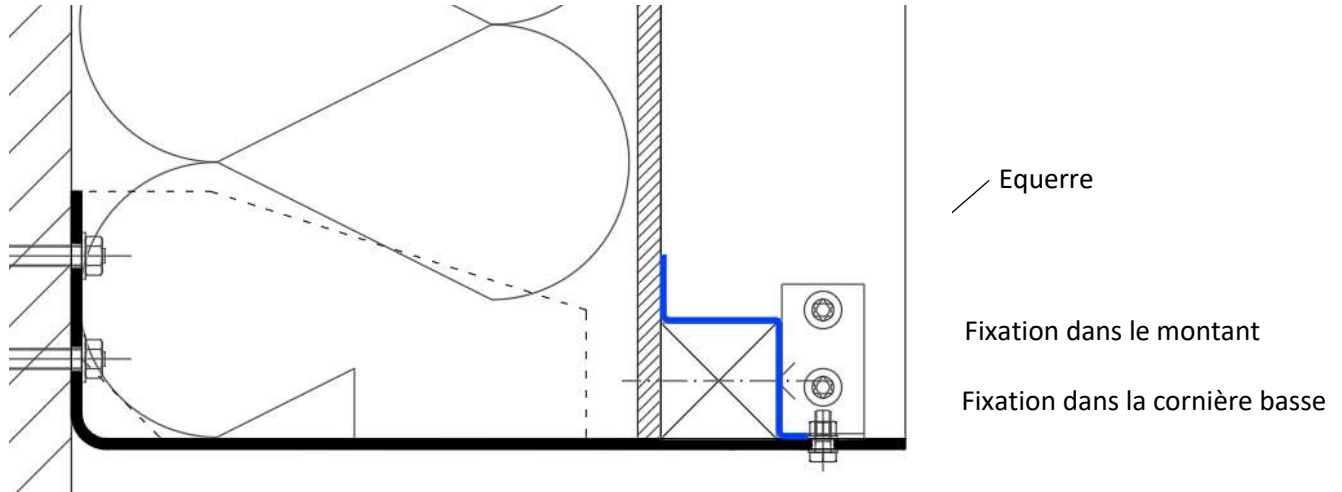


Fig 13. Vue en coupe verticale de l'assemblage bas

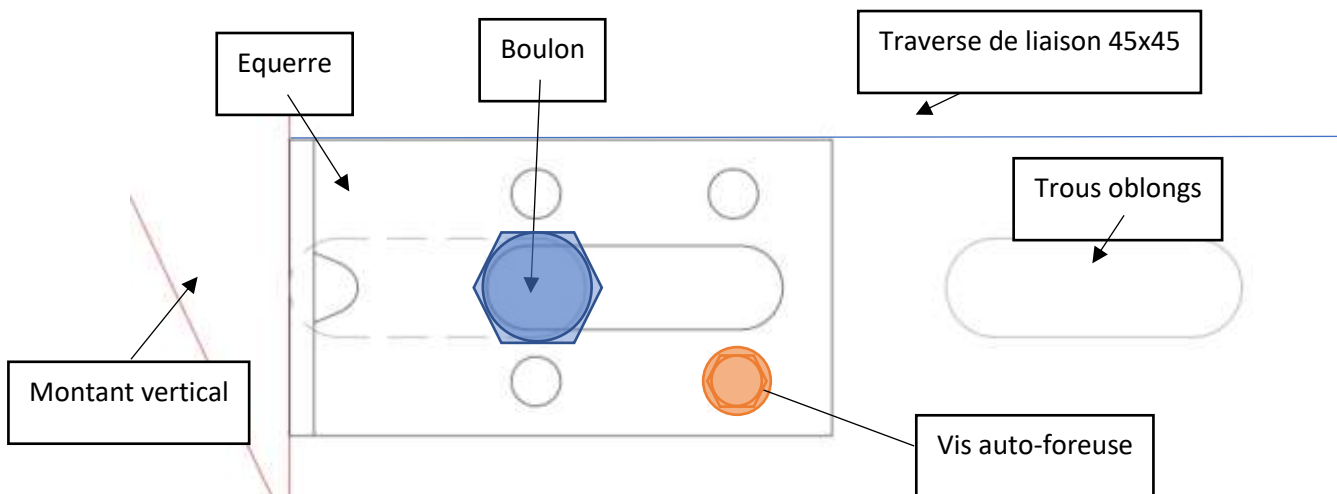


Fig 14. Vue de dessus de l'assemblage bas

2.1.1.8.3. Liaison chevêtre sur montant

La liaison entre un panneau de linteau et les montants verticaux est assuré à l'aide d'une équerre structurelle sous ETA.

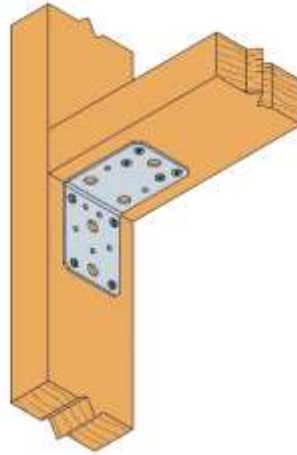


Fig 15. Exemple d'équerre structurelle

Les équerre structurelles doivent être conforme aux exigences du paragraphe sur les accessoires de charpente du DTU 31,1.

De manière générale, les organes de fixations seront en acier zingué et répondent aux exigences des atmosphères E21, E22 et E23 (atmosphère extérieure protégée rurale, urbaine ou industrielle), soit Z275 pour les atmosphères E21 et E22, et Z350 pour l'atmosphère E23.

2.1.2. Constituants variables

2.1.2.1. Isolation

Dans le système BYWalli, l'isolant est insufflé entre le panneau OSB et le mur existant.

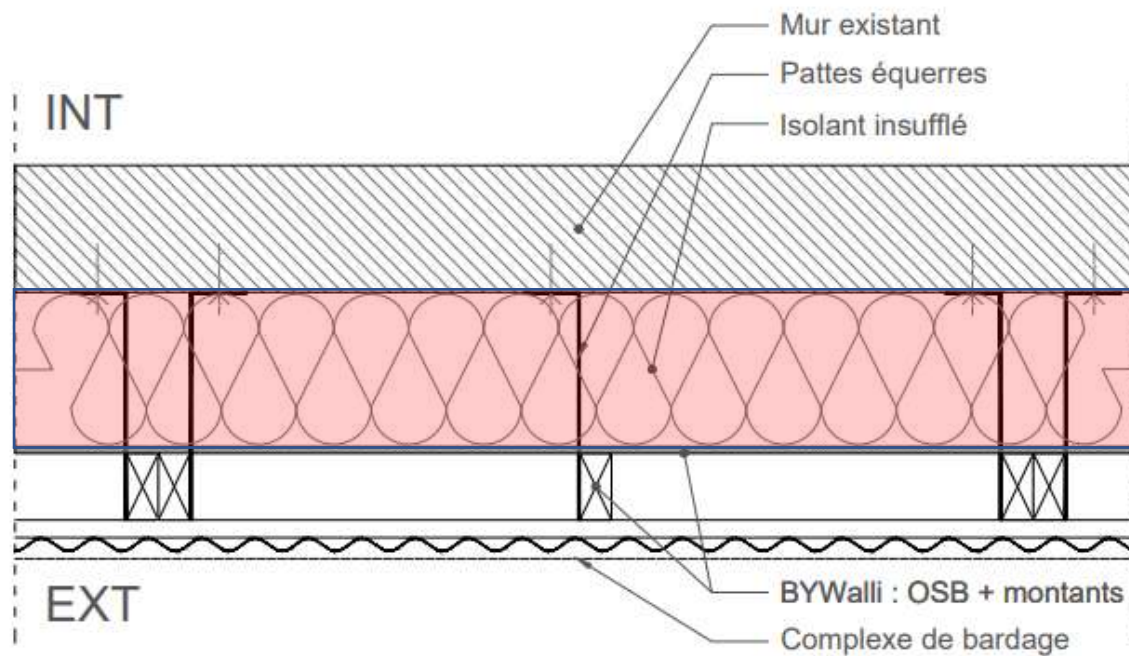


Fig 16. Vue en coupe de l'isolant insufflé

Un type d'isolant est prévu par le système, la laine de verre SUPAFIL Cavity Wall de KNAUF.

En cas de hauteur d'insufflation supérieure à 3m, un recouplement sera réalisé à l'aide d'un OSB tenu par des équerres et l'étanchéité liée à la bonne insufflation sera réalisée à l'aide d'une bande adhésive (voir tableau 2 page 8) destinée à cette application. Cet OSB n'a pas de vocation structurelle, ce n'est qu'une barrière physique pour la bonne insufflation du matériau isolant. La partie basse étant insufflée avant la partie supérieure, il n'y a pas de risque de fléchissement.

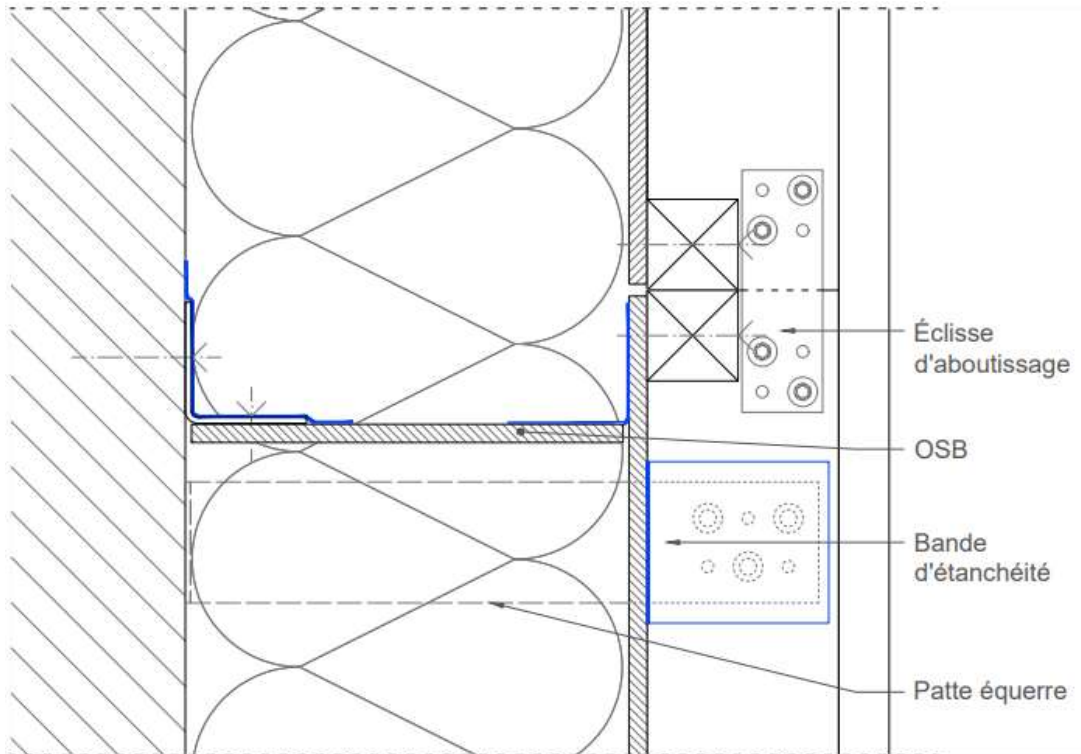


Fig 17. Vue 2D du recouplement

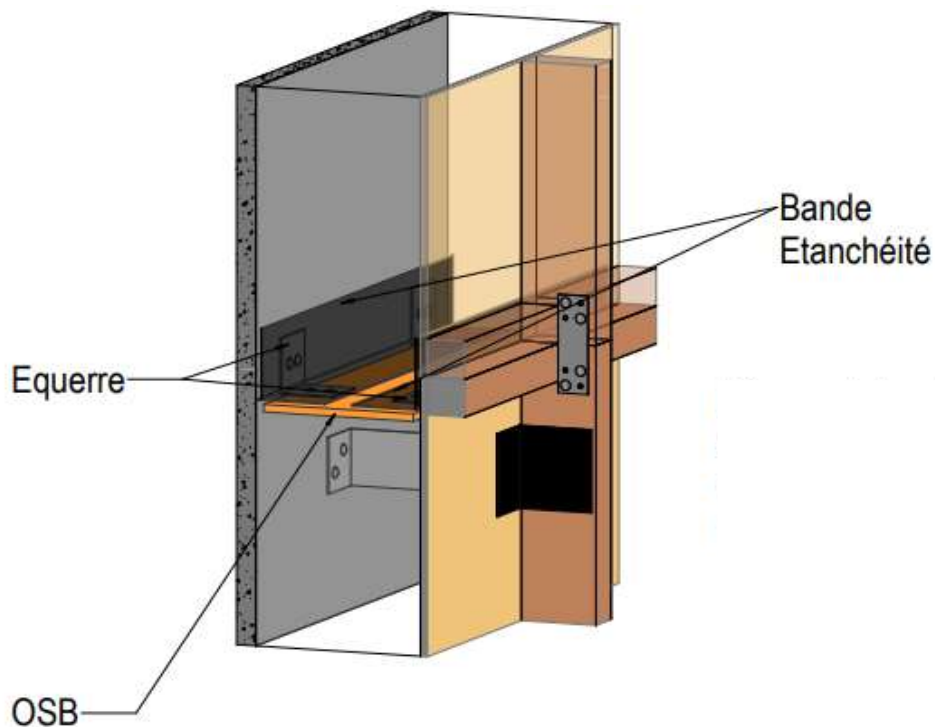


Fig 18. Vue 3D du recouplement



2.1.2.2. Bardage rapporté

Plusieurs types de bardage sont prévus par le système. Le complexe de BYWalli s'arrêtant aux ossatures nommées ci-dessus, les différents bardages seront posés en respectant les dispositions techniques de mise en œuvre de leurs ATEC respectifs, en pose sur construction à ossature bois.

On distingue 3 principales catégories de bardages visées (NF DTU 20.1) :

Type 13 – Bardage à joints horizontaux

Type 13+ – Bardages à joints verticaux avec bande EPDM (pas de joints horizontaux)

Type 14 – Bardage fermé (éléments de couvertures, tôle en zinc, tuile...)

Les dispositions complémentaires à mettre en place pour la pose des parements seront en adéquation avec les documents en vigueur (ossature secondaire, pare pluie, etc.). Le tableau 3 ci-dessous récapitule ces dispositions complémentaires.

Le bureau d'étude externe devra s'assurer de la compatibilité du bardage et de ses dispositions complémentaires avec le BYWalli (voir tableau 3 page 23).



Voici le tableau récapitulatif des différents types de bardage revendus, ainsi que les accessoires et compléments de mise en œuvre associés :

Typologie de parements extérieurs	Nécessité d'un pare pluie	Présence d'un isolant de support au pare-pluie	Référentiel	Exemple de produits (liste non exhaustive)	Masse surfacique moyenne	Type de bardage selon l'ATEX
Bois	Pare pluie	Oui	DTU 41.2	Tous les produits conformes au DTU 41.2 Exemples : Tremolo (Piveteau) ou équivalent, Clin brut de sciage, couvre joints etc...	11kg/m ²	Type 13
Métallique en plaque	Pare pluie	Oui	RP RAGE de 2014,	Fréquence, crénéo, isis, ST Arcelor Mittal	7 kg/m ²	Type 13
Tuile de toiture utilisé en bardage	Non	Non	Règles Professionnelles Bardage rapporté de tuiles de terre cuite sur construction à ossature bois (2021)	Tuile conforme aux RP (Bouyer Leroux, Huguenot-Fenal...)	55kg/m ²	Type 14
Terre cuite	Pare pluie	Oui	AT ou DTA	Terreal, NBK	70kg/m ²	Type 13
Fibre ciment sans joint horizontal sur la hauteur du module	Bande EPDM aux jonctions	Non	Atec ou DTA du système	Equitone tectiva, natura... (Eternit) Cembril Patina	15kg/m ²	Type 13+
Fibre ciment avec joint horizontal sur la hauteur du module	Pare-Pluie	Oui				Type 13

Tableau 3. Disposition particulière par typologie de bardage

Vous trouverez en Annexe 4.1.X les fiches produits des différents bardages ainsi que les courriers d'engagement des fabricants en Annexe 3.1.X.



Un récapitulatif visuel des étapes à suivre en fonction des types de bardage se trouve au paragraphe 3.8, ainsi que le pas à pas associé au paragraphe 5.2.12.

2.1.2.3. Encadrements au droit des ouvertures et aux points singuliers

La fermeture du complexe au droit des ouvertures est prévue par la mise en œuvre de tôles en métal pliées.

Ces habillages sont des profilés d'habillage métalliques usuellement utilisés pour la réalisation des points singuliers des bardages traditionnels, en épaisseur 10/10ème ou 15/10ème mm.

Ces tôles devront être commandé sur mesure par Bouygues chez un serrurier, elles pourront être ajustés mais non modifiées dans leur forme, afin d'éviter toute détérioration de leur usage.

La protection à la corrosion de ces tôles sera adaptée aux conditions d'exposition de l'opération, conformément à la NF p 24-351.

Les détails associés se trouvent des pages 76 à 85 (figures 56 à 71).

2.1.2.4. Traitement hors ATEX des descentes d'eaux pluviales

Le traitement des descentes d'eau pluvial est exclu de cette atex, ces dernières ne rentrant pas dans la conception du BYWalli (en dehors d'une prise en compte dans le dimensionnement si nécessaire). Voici cependant quelques détails de principe de leur traitement, pour information :

2.1.2.4.1. Pose en marge du BYWalli

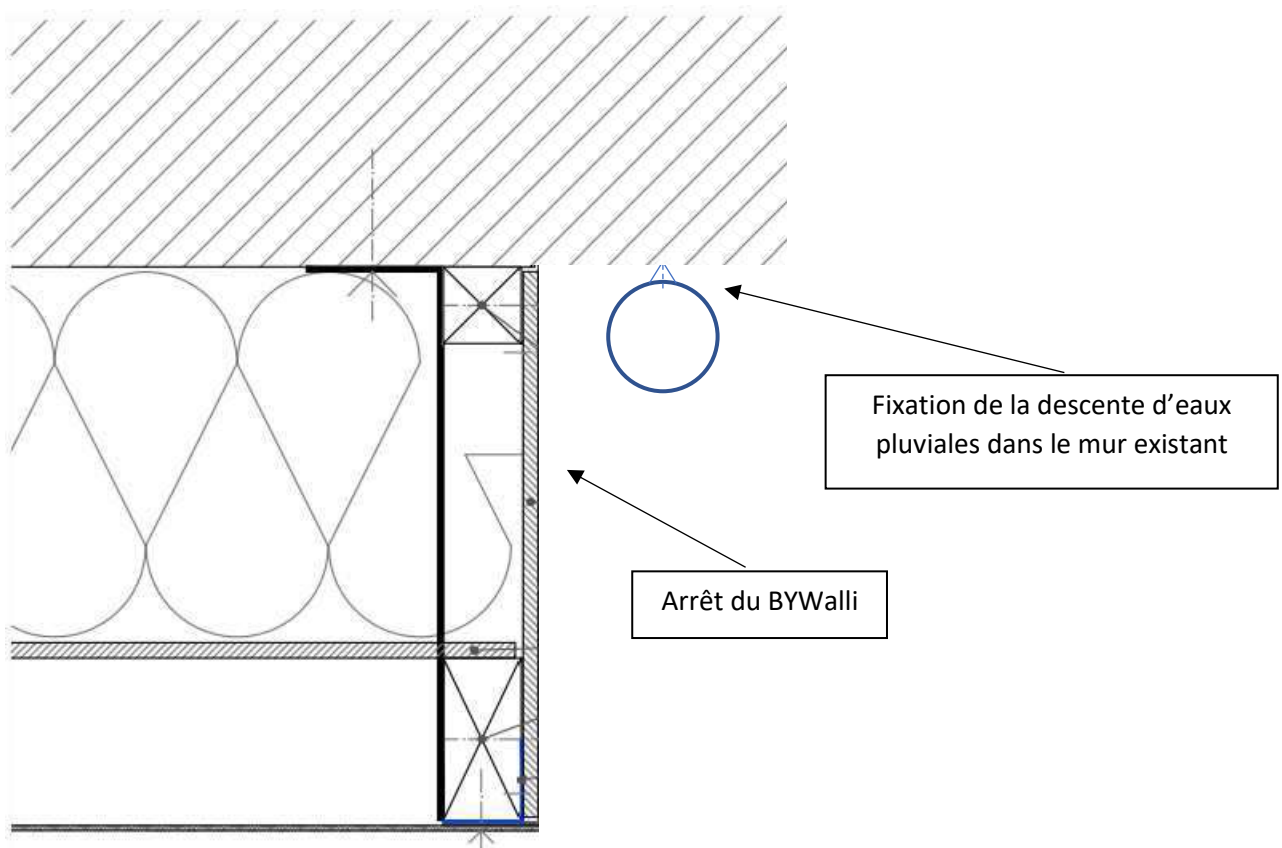
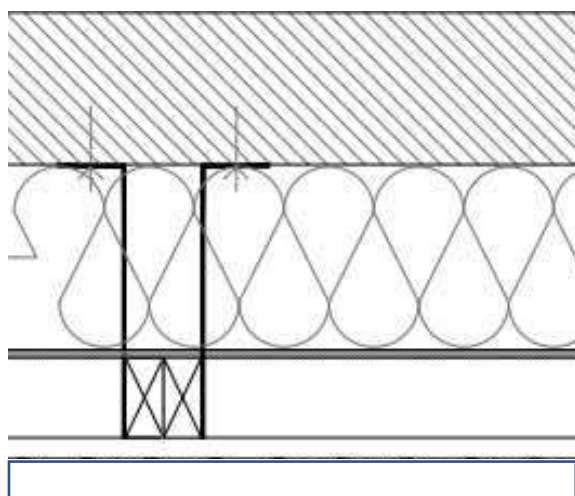


Fig 19. Pose en marge du BYWalli



2.1.2.4.2. Pose par visage dans un montant de BYWalli



Vissage dans un montant de BYWalli
Pré-perçage si nécessaire du bardage pour éviter
les dilatations différentielles

Fig 20. Pose sur montant BYWalli

3. Disposition de conception

3.1. Etudes préalables

Une étude de site, ainsi qu'un diagnostic initial de la paroi support sera fait par le maître d'ouvrage pour le projet en amont de celui-ci. Les parois support doivent être saine pour accueillir le système BYWalli (pas de remontée d'eau par capillarité, pas de trous, etc.)

Les critères suivants seront à respecter :

- Humidité du support : Vérifier le taux d'humidité du support qui doit être inférieur à 5 % en masse
- Fissure inférieure à 2 mm : traitement localisé à l'aide d'un produit adapté
- Fissure supérieure à 2 mm = une investigation sur la stabilité de l'ouvrage doit être réalisée
- Nettoyage du support : Le support doit impérativement être propre et décontaminé (exempt de tous corps parasite)
- Vérification de l'absence de remontée capillaire sur les soubassements

Les fabricants de chevilles réaliseront des essais préalables de tenue mécanique afin de dimensionner et valider en conséquence les fixations de la cornière filante et des pattes équerres intermédiaires, conformément au cahier du CSTB 1661 V2. Les chevilles utilisées devront faire l'objet d'un ETE.

3.2. Travaux préalables

Les parois support dégradées (selon le référentiel du mur support visé) seront remises en état conformément aux règles de l'art associées au désordre, au préalable et en dehors du cadre de cet ATEX. Le but étant d'avoir une paroi saine et étanche à l'eau pour la bonne insufflation de la laine (voir paragraphe 3.1)

3.3. Répartition des rôles

3.3.1. Répartition des rôles de la conception à la pose des modules

Les différentes étapes de conception, construction et pose des modules de BYWalli seront réalisées par les intervenants suivants :

- Conception générale : Bouygues Construction (ATEX BYWalli)
- Conception technique par projet : Pré-conception par le Bureau d'Etudes (BE) interne Bouygues Construction et validation par bureau d'étude externe sur la base des informations misent à disposition dans l'ATEX (voir tableau 4. Rôle du BE ci-dessous)
- Fabrication : Entreprise spécialisée dans les ossatures bois ou Bouygues Construction (voir paragraphe 8)
- Pose du BYWalli : Bouygues Construction ; la pose se fera conformément à la fiche de suivi en Annexe 2.2.
- Pose du bardage : Bouygues Construction ou entreprise spécialisée dans la pose de bardage.

Les fabricants de modules BYWalli sont audités par le FCBA ou CSTB sur la base de leur PAQ (Plan d'Assurance Qualité), et répondront à tous les critères d'exigence cités dans le PAQ (suivi, autocontrôle, qualité, etc.) en Annexe 2.1.

3.3.2. Rôle du bureau d'étude

La conception des modules BYWalli s'organise de la manière suivante :

Etape de conception	Réalise	Valide	Vérifie
Calepinage des modules	Service digital Bouygues Construction	Bureau d'étude conception Bouygues Construction	Bureau d'études externe
Choix du bardage	Architecte et équipes projet Bouygues	Bureau d'étude conception Bouygues Construction	Bureau d'études externe
Conception et dimensionnement des composants des modules	Bureau d'étude conception Bouygues Construction		Bureau d'études externe
Conception de la cornière	Bureau d'étude conception Bouygues Construction		Bureau d'études externe
Calcul des assemblages	Bureau d'étude conception Bouygues Construction		Bureau d'études externe
Vérification des étapes précédentes	Bureau d'étude conception Bouygues Construction	Bureau d'études externe	Bureau de contrôle (si contrat avec le maitre d'ouvrage)

Tableau 4. Répartition des rôles



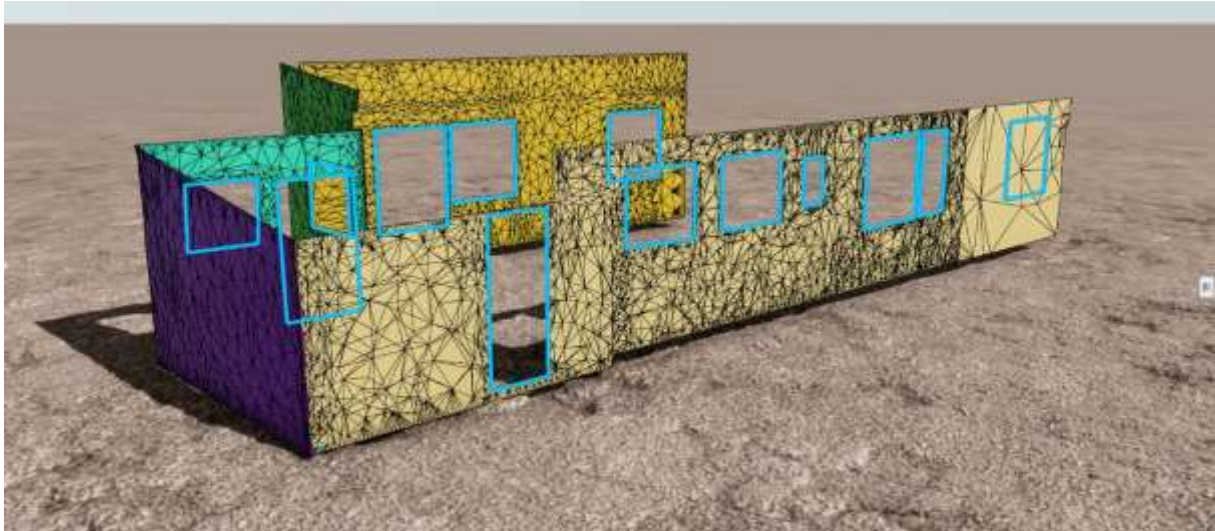
3.4. Calepinage des modules

3.4.1. Procédure de calepinage des modules

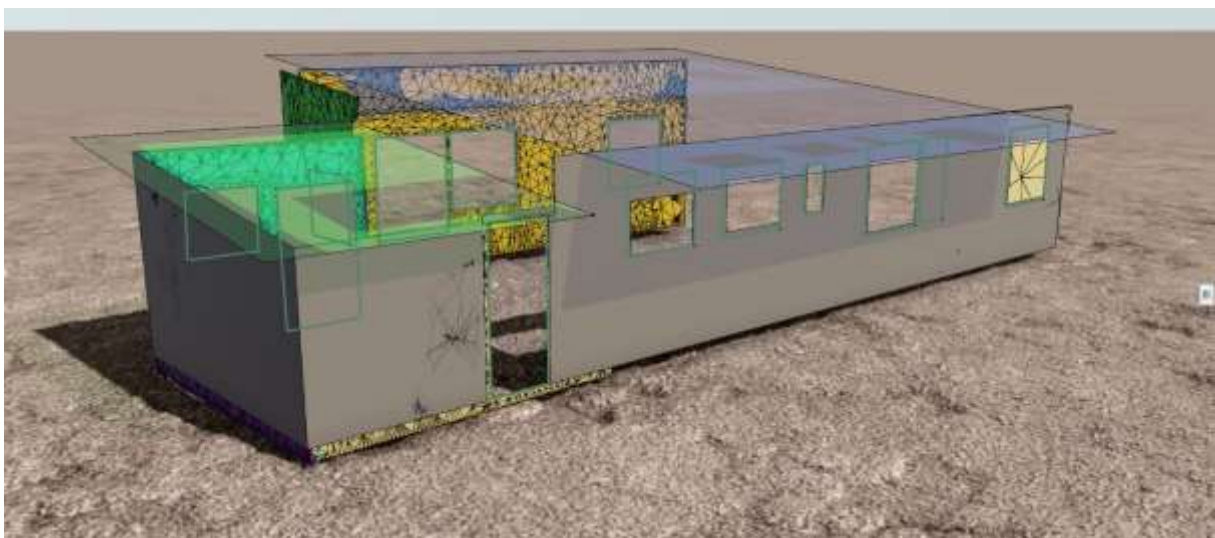
Ces étapes de calepinage seront réalisées par le service digital de Bouygues Construction.

Les éléments BYWalli de la façade et le bardage du projet sont calepinés en utilisant l'outil numérique de la Plateforme de Management Numérique de Projets sur Catia, suivant les étapes suivantes :

- Import de la maquette sur la plateforme suite à un relevé 3D de l'existant



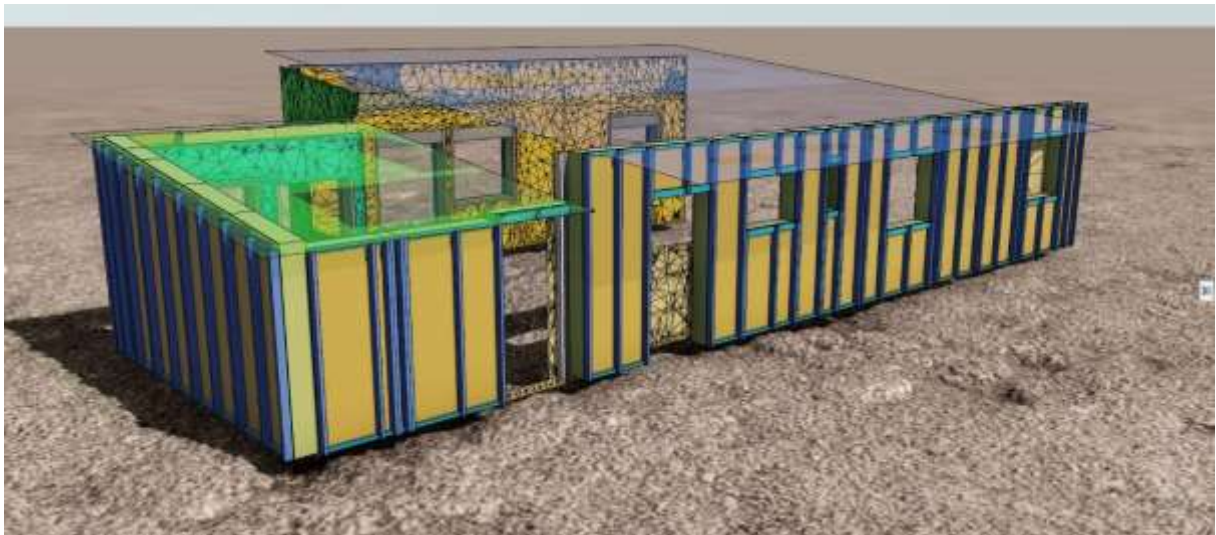
- Nettoyage des surfaces



- Calepinage des modules



- Génération des modules



- Ajustement des paramètres par panneau



3.4.2. Adéquation des calepinages

Le calepinage des modules et celui du revêtement de façade correspondent. Il n'y a pas de pontage des modules BYWalli par des éléments de revêtement de façade.

Les joints verticaux entre panneaux de bardage rapporté ne doivent pas excéder la valeur prescrite par le référentiel technique du bardage rapporté en cas de pose sur paroi de COB.

De plus, les modules sont fixés entre eux par vissage des montants, afin d'éviter les déformations différentielles entre modules (voir paragraphe 5.2.6).

3.5. Exigences de résistance aux chocs extérieurs

La conception du système BYWalli contribue à la résistance au choc de l'ensemble. Ce système et les conditions de montage du bardage permettent de prendre en compte les performances indiquées dans l'Avis Technique ou le DTA.

3.6. Isolation

3.6.1. Généralités

Le système BYWalli permet l'insufflation d'une épaisseur choisie d'isolant.

Dans ce cadre, nous avons défini un type d'isolant possible :

- La laine de verre SUPAFIL Cavity Wall 034 de KNAUF

La laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034 possède un Document Technique d'Application (n°20/14-324) pour l'insufflation en ITI avec contre-cloison plâtre ou maçonnerie ainsi qu'en Maison à Ossature Bois sur une plage d'épaisseur de 40 à 300mm. Ce document se trouve en Annexe 4.2.1

L'isolant sera insufflé à l'aide d'une machine pneumatique de type « airlock » (sas étanche) pouvant aller jusqu'à 300 mbar de pression.

3.6.2. Certifications et rapports d'essais

3.6.2.1. Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

- DTA n°20/14-324_V2 pour la mise en œuvre en cavité de mur ITI à 35 kg/m³ ($\pm$ 5 kg/m³) de 40 à 300mm d'épaisseur.
- ACERMI n°15/D/016/1010 (Annexe 4.2.2)



3.6.3. Masse volumique d'insufflation

3.6.3.1. Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

Ces données sont validées par le DTA n°20/14-324_V2 pour une plage de densité de 30 à 40 kg/m³.
Le matériau sera donc insufflé selon la plage haute 35 à 40 kg/m³.

3.6.4. Non-développement fongique

3.6.4.1. Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

Ce paramètre ne fait pas partie des caractéristiques de la laine de verre réputée fongistatique.

3.6.5. Caractéristiques intrinsèques des matériaux

3.6.5.1. Perméance à la vapeur d'eau des isolants selon NF EN 12086

Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

Le DTA 20/14-324_V2 donne une valeur $\mu = 1$

Absorption d'eau à court terme selon NF EN ISO 29767

Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

Le DTA 20/14-324_V2 donne une classification WS

3.6.5.2. Réaction au feu des isolants selon NF EN 13501-1

Laine de verre Knauf Supafil Cavity Wall 034

Le DTA 20/14-324_V2 donne une valeur Euroclasse A1



3.7. Etanchéité à l'eau

3.7.1. Angles de menuiseries

L'encadrement des ouvertures se fera à l'aide de tôles pliées (voir paragraphe 2.1.2.3), possédant des bords remontants de 30mm minimum.

Les tôles de joues et de linteaux viennent s'insérer dans une épingle en tôle 10/10^e ou 15/10^e comme celle-ci :



Fig 21. Epingle pour tôles de joues

3.7.2. Passage des points d'ancrages ou traversée de paroi

Une fois la pose et l'alignement des modules validés, une bande adhésive sera mis en place afin de boucher les traversées de parois. Celle-ci sera de type EPDM, comme décrit au paragraphe 2.1.1.7 et dans le tableau 2 page 8.

3.7.3. Angle de bâtiment

Aux angles de bâtiments, deux possibilités existent. Soit il sera utilisé des profilés marchés liés à cet usage en tôle d'acier pliée (voir paragraphe 2.1.2.3), ou alors des éléments d'angle validés dans le cadre du référentiel du système de bardage.



3.8. Bardage

3.8.1. Bardage de type 14

Dans le cas d'une utilisation d'un bardage de type 14 (produit de couverture utilisé en bardage), celui-ci respectera les règles professionnelles de mai 2021 pour le bardage rapporté de tuiles terre cuite sur construction à ossature bois. En effet, les bardages rapportés à base de tuile de terre cuite, mis en œuvre sur construction à ossature bois répondent aux critères des bardages dits « à joints fermés ». Dans un tel mur, l'étanchéité à l'eau de pluie est assurée par l'assemblage des tuiles et de ses accessoires.

Dans le cas des bardages en zinc, ceux-ci respecteront les prescriptions du mémento VMZINC.

Toutes les préconisations de traitement des surfaces courantes et des points singuliers de ces référentiels seront à respecter.

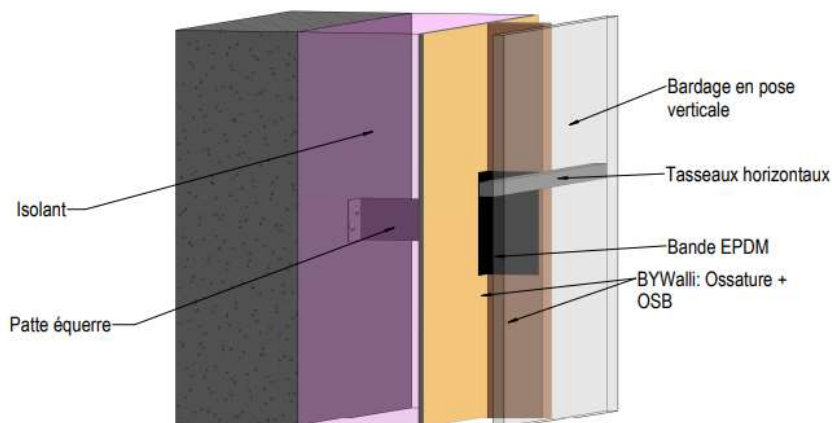


Fig 22. Vue 3D du traitement d'un bardage de type 14

3.8.2. Bardage de type 13+

Les bardages considérés comme 13+ dans le document sont des peaux de bardage n'ayant pas de joints horizontaux et dont l'ossature en bois est protégée par une bande EPDM aux joints verticaux.

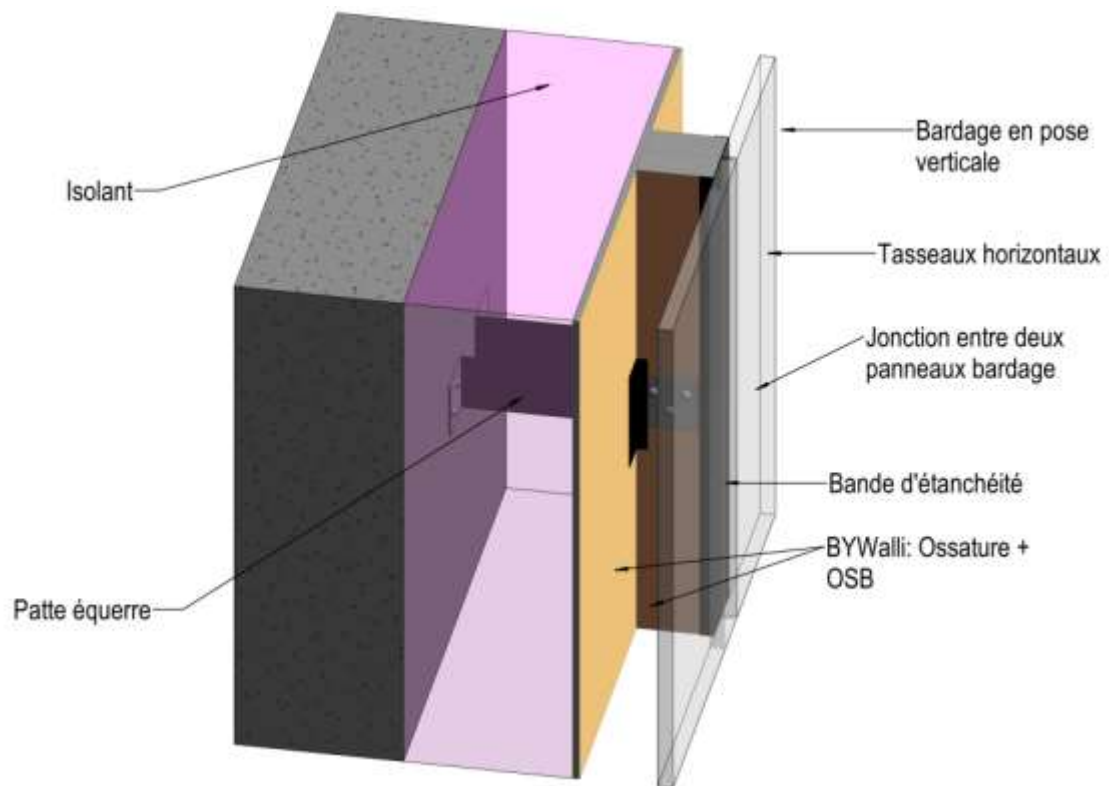


Fig 23. Vue 3D du traitement d'un bardage 13+

3.8.3. Bardage de type 13

Dans le cas d'une utilisation d'un bardage de type 13, les règles de mise en place de l'Avis Technique ou du DTA du bardage sur construction à ossature bois sont à retenir.

Un pare-pluie 5000h est nécessaire pour ce type de bardages.

La mise en place de ce pare-pluie est décrit dans le paragraphe suivant.

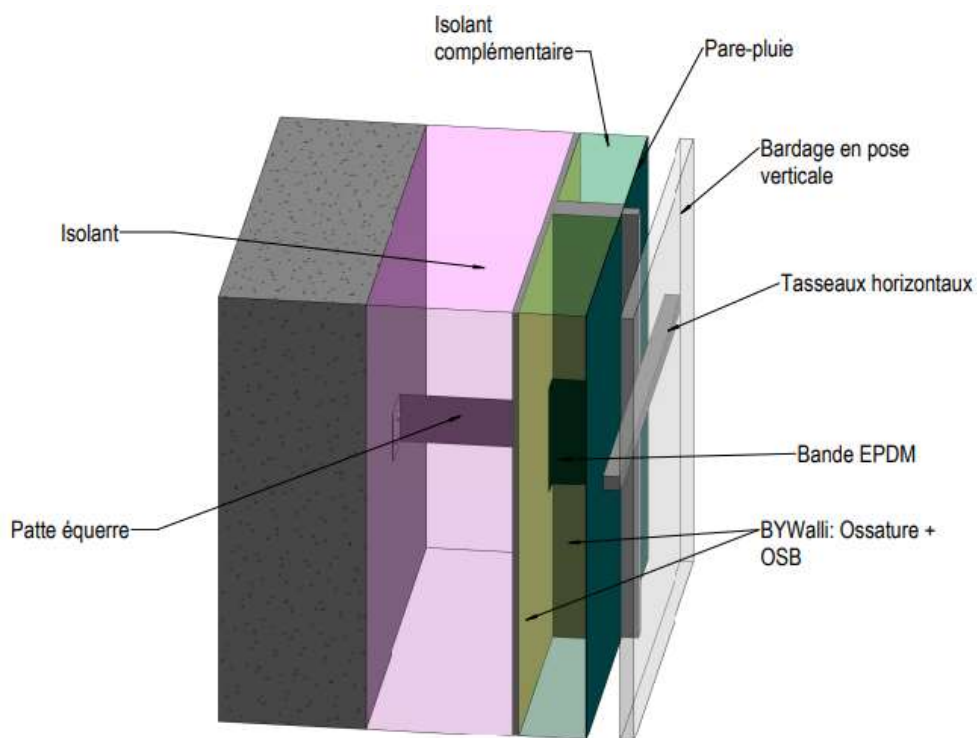


Fig 24. Vue 3D du traitement d'un bardage de type 13

3.8.4. Mise en place du pare-pluie

En cas de mise en place d'un pare pluie souple, un isolant complémentaire sera mis en place dans l'inertie des modules, afin de servir de support au pare pluie souple à mettre en place. Celui-ci sera pris en compte dans le dimensionnement de la cornière.

La laine de verre est alors également utilisée, en format panneaux semi rigides. Ces panneaux, comme précisé dans le tableau des composants page 7 et 8 devront respecter les prescriptions du § 9.3.1.4 du NF DTU 31.2 P1-1 de 2019.

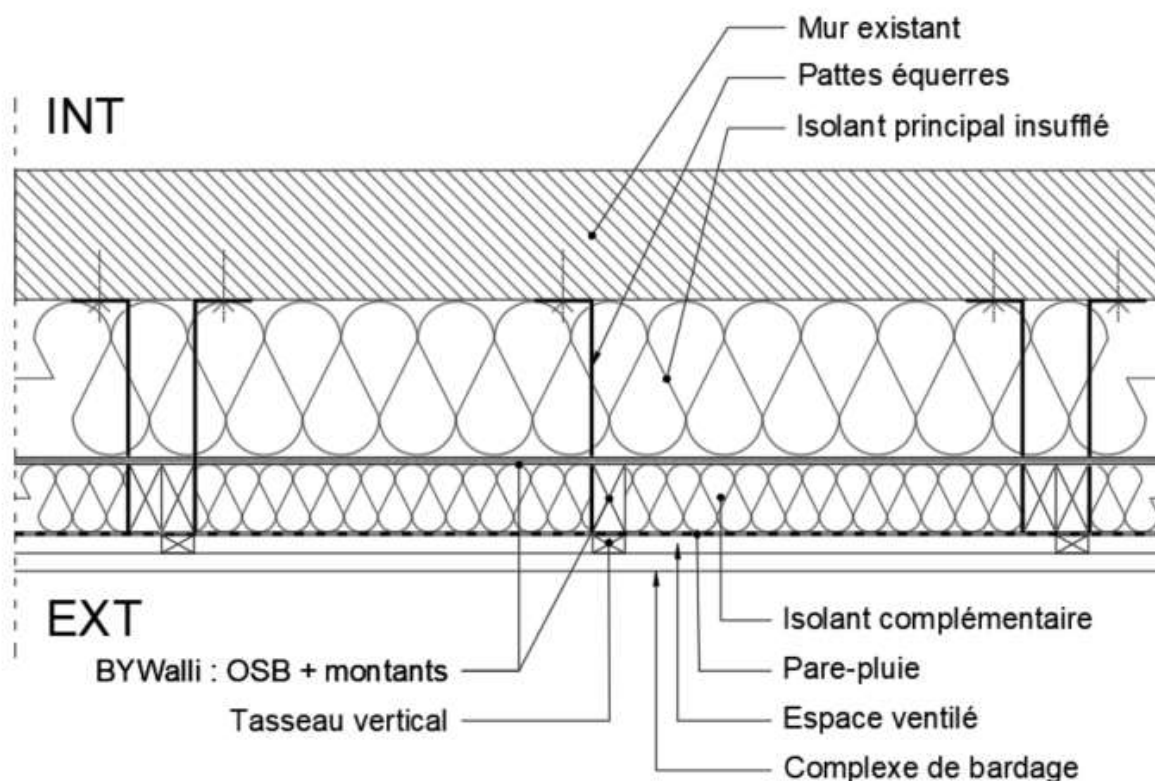


Fig 25. Vue en coupe de la mise en place du pare-pluie

L'isolant complémentaire dans l'inertie du panneau permet de supporter la membrane souple, et ainsi d'éviter sa détérioration et l'obstruction potentielle de la lame d'air dans le temps. Les tasseaux bois viennent eux pincer la membrane sur les montants bois d'ossature et ainsi assurer le bon maintien de la membrane. Ces tasseaux auront des dimensions en adéquations avec l'Avis Technique ou le document réglementaire du bardage mis en place, en conformité avec le cahier du CSTB 3316.

3.8.5. Evaluation des pare-pluie et compatibilité avec les accessoires

La membrane pare-pluie sera conforme au CGM du DTU 31.2. Le S_d des membranes devra être hautement perméables à la vapeur d'eau, valeur $S_d \leq 0,18$ m. Par exemple, la membrane Doerken DELTA-FASSADE à un S_d de 0.02m (-0,01 / +0,05). Tous les accessoires utilisés devront être compatibles et en accord avec les prescriptions du fabricant de la membrane.

3.8.6. Ventilation de la lame d'air

La lame d'air ventilée sera continue et les valeurs d'ouvertures retenues sont de $65 \text{ cm}^2/\text{ml}$ pour une hauteur de 3 à 6m et $80 \text{ cm}^2/\text{ml}$ pour une hauteur de 6 à 10m, conformément au cahier du CSTB 3316 (surface des orifices de ventilation haut et bas).

La ventilation de cette lame d'air se fera à l'aide d'un décalage du bardage à l'aide de tasseaux, comme indiqué en figures 52 et 53 page 74.

De même, en cas d'utilisation d'un pare pluie, les montants du BYWalli seront posés sur l'extrémité de la cornière, afin que les tasseaux d'ossature secondaire soient décalés de la cornière basse et assurent la ventilation de la lame d'air conformément au Cahier 3316. (Voir Fig.54 et 55 page 75).

Si le mode de pose du bardage ne permet pas ce décalage, alors la ventilation sera réalisée en pied par des trous oblongs percés dans la cornière filante lors de sa fabrication (50 et 51 page 73) :

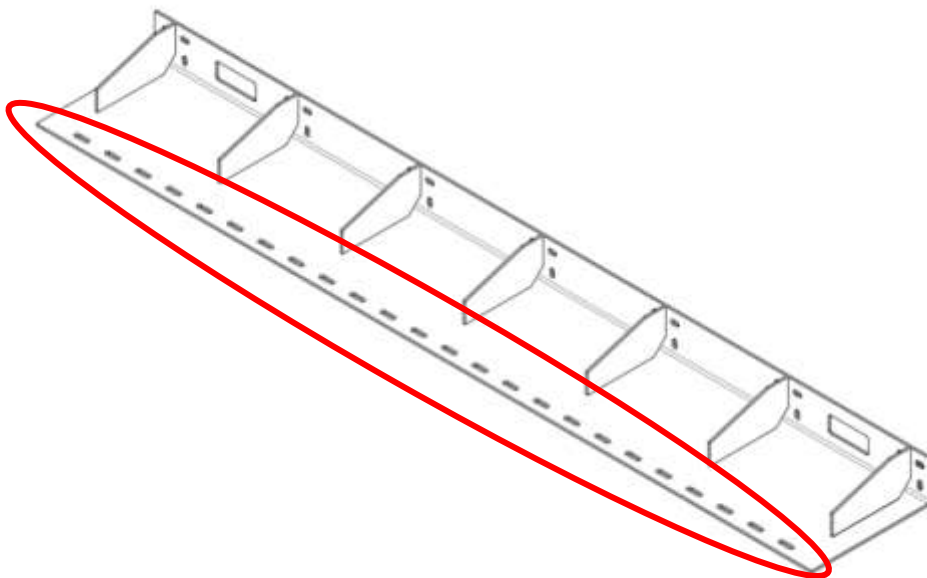


Fig 26. Ventilation de la lame d'air par des trous oblongs percés dans la cornière

3.9. Pare-vapeur

Le système est prévu sans utilisation de pare-vapeur.

Afin de justifier l'absence de risque de condensation dû aux variations de température et d'hydrothermie de part et d'autre de la paroi, une étude WUFI a été réalisée par le CSTB (rapport en Annexe 5). Les conditions aux limites des températures et humidités des différentes simulations correspondent à une zone climatique de plaine continentale (Nancy), qui est le cas le plus défavorable, le climat de montagne étant exclu du domaine d'emploi.

Celui-ci est à prendre en compte avec les configurations limites suivantes :

	Masse vol. ρ [kg/m³]	Porosité ϵ [-]	Chaleur spé. Cp [J/(kg.K)]	Cond. Therm. λ [W/(m.K)]	Rés. Diff. Vapeur d'eau μ [-]	Courbe isotherme de sorption
Béton structurel	2300	0,18	850	1,7	180	Courbe générique
Brique pleine	1175	0,32	850	0,7	14,4	Courbe générique
Laine de coton ISOTEXTIL	28	0,95	1650	0,042	1 – 4	Courbe ATE
Laine de verre SUPAFIL	35	0,95	1030	0,034	1	Courbe générique
Panneau OSB	610	0,6	1400	0,13	Sec 107 Humide 64	Courbe générique
Plaque de plâtre	850	0,65	850	0,2	8,3	Courbe générique
Bois Épicéa radial	455	0,73	1400	0,09	130	Courbe générique
Écran pare-pluie souple générique Sd = 0,2 m	600	0,001	2000	2	Sd=0,2m	Courbe générique
Acier galvanisé	7800	0,0001	450	50	1*8	-

Tableau 6. Caractéristiques des constituants de la paroi



4. Fabrication des modules

Les modules de BYWalli seront préfabriqués en atelier selon le processus suivant (voir PAQ complet en Annexe 2.1) :

Etape 1 : Tableau EXCEL



• Tableau de repérage par logement

Plan et fiches de fabrication, contrôle avec le tableau Excel imprimé sur feuille :

- Contrôle du nombre de panneaux
- Contrôle de la numérotation des panneaux et des dimensions associées (mesure du premier panneau de la série)
- Contrôle adresse du site de pose

Le tableau Excel aura plusieurs utilités :

- création de l'étiquette unique du produit fini, pour chaque panneau
- transmission à l'atelier du panneau, pour mise en fabrication,

- Remplissage de la fiche navette pour le contrôle des non-conformités
- Copie de ce document transmis au fournisseur des bois pour repérage et suivi

Etape 2 : étiquettes



Impression des étiquettes à apposer sur chaque élément fabriqué



Etape 3 : gabarits



Gabarits de fabrication et de contrôle des dimensions, réalisés en amont, ceux-ci serviront pour une série de panneaux.

Par exemple, le panneau 1, aura son gabarit 1 qui servira pour une série de 300 panneaux identiques

Gabarits robustes, parfaitement équerrés et de dimensions exactes,

Contrôlés lors de la fabrication par 3 personnes différentes, seront numérotés 1, pour le panneau 1 et ainsi de suite...

Etape 4 : sciage des bois



Mise à longueur des sections de bois suivant plan de fabrication (montants et tasseaux 45x45)

Etape 5 : approvisionnement



Approvisionnement des bois et des panneaux d'OSB à portée du gabarit

Etape 6 : Insertion des bois dans les gabarits



Les bois s'insèrent parfaitement dans les gabarits prévus à cet effet, car ils sont bloqués extérieurement et intérieurement

Aucune inversion possible entre les bois (montant et lisses) du fait des cales de fonds.

Ces dernières servent également pour aligner précisément les bois entre eux.

Etape 7 : mise en place du panneau d'OSB



Mise en place du panneau d'OSB

Afin de répondre aux exigences de planéité entre les modules et d'étanchéité à l'eau, les panneaux OSB sont fixés sur les montants de manière à être décalés de 3 mm du bord de ces montants, afin d'assurer une jonction parfaite entre les modules au moment de l'assemblage sur chantier, sans que les OSB puissent se toucher (voir figure ci-dessous).

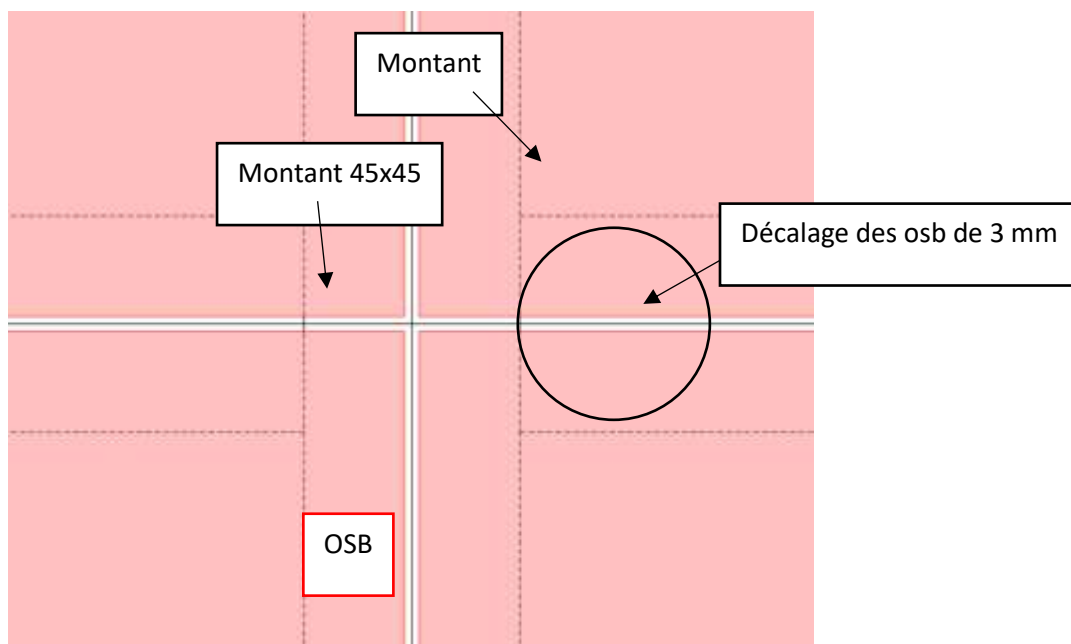
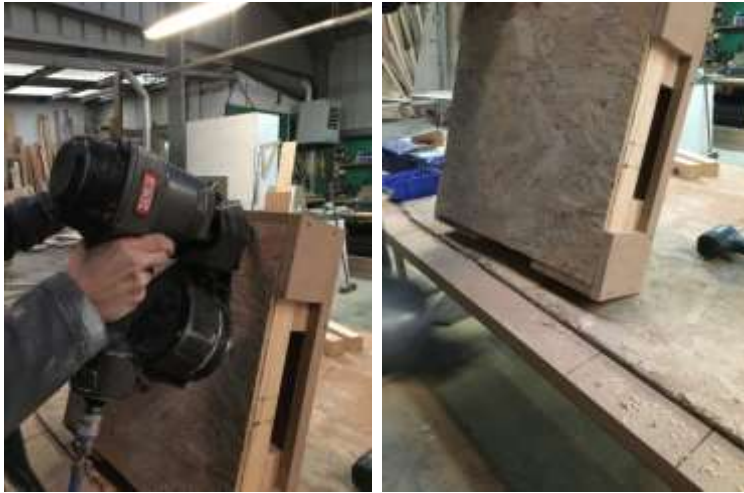


Fig 27. Vue arrière des modules assemblés avec décalage



Etape 8 : clouage



Clouage du panneau d'OSB, 16 clous 3,1x50 torsadé acier minimum par m² ou 16 clous minimum par panneau (pour les panneaux inférieurs à 1m²), conformément au DTU 31.4.

Etape 9 : extraction ossature



Extraction ossature



Etape 10 : clouage bois



Clouage des bois entre eux sur les 4 angles

Etape 11 : Etiquetage



Etape 12 :

Contrôle qualité de l'intégralité de la première série de modules, puis à fréquence d'1 modules par maison. En cas de défaut, la fréquence des contrôles sera augmentée, et un contrôle complet de la série réalisé, avec la reprise des modules si nécessaire.

Le « V » signifie que ce panneau a été contrôlé et validé.



Etape 13 : Palettisation, pointage et stockage



Ajout du V au tableau dans le tableau Excel (avec nom du responsable)



5. Principes généraux de pose

Les modules de BYWalli sont des modules manportables d'une hauteur d'étage, posés en pied sur la cornière filante et tenus en partie intermédiaire et en tête par les pattes équerres.

5.1. Etapes préalables

En amont du chantier, plusieurs étapes seront réalisées :

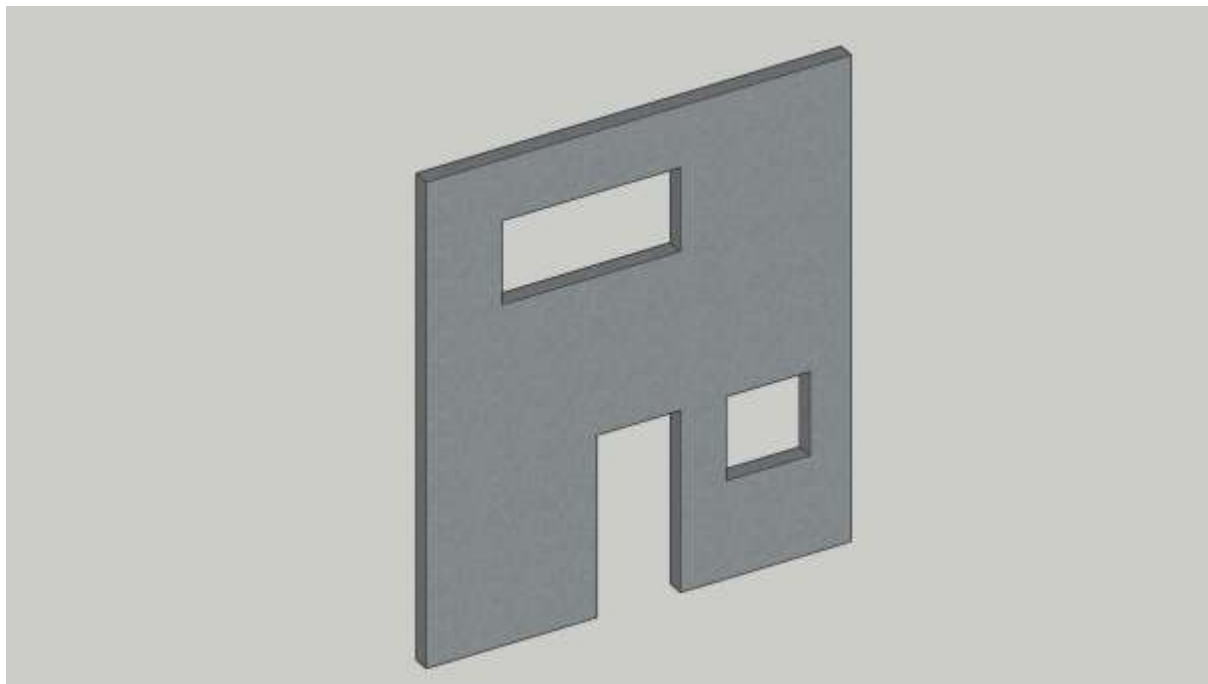
- Un scan 3D sera fait de l'existant, et sera transformé en maquette 3D
- Un calepinage et les plans de fabrications associés seront réalisés
- Les modules seront ensuite fabriqués en usine, puis livré sur chantier en fonction du phasage de pose
- Un contrôle du taux d'humidité sera réalisé à l'arrivée des modules sur chantier, conformément à l'Annexe 2.2.



5.2. Déroulé des étapes constantes de la pose

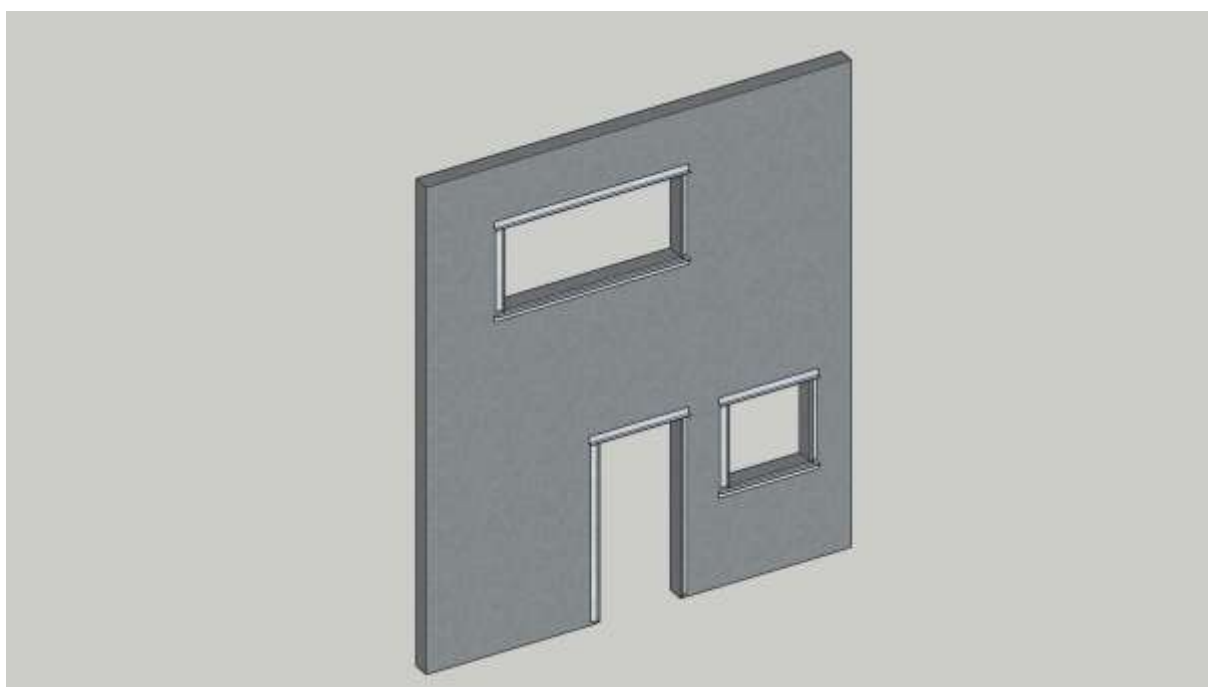
Les éléments de BYWalli sont posés sur chantier dans l'ordre et de la manière suivante :

5.2.1. Etat initial



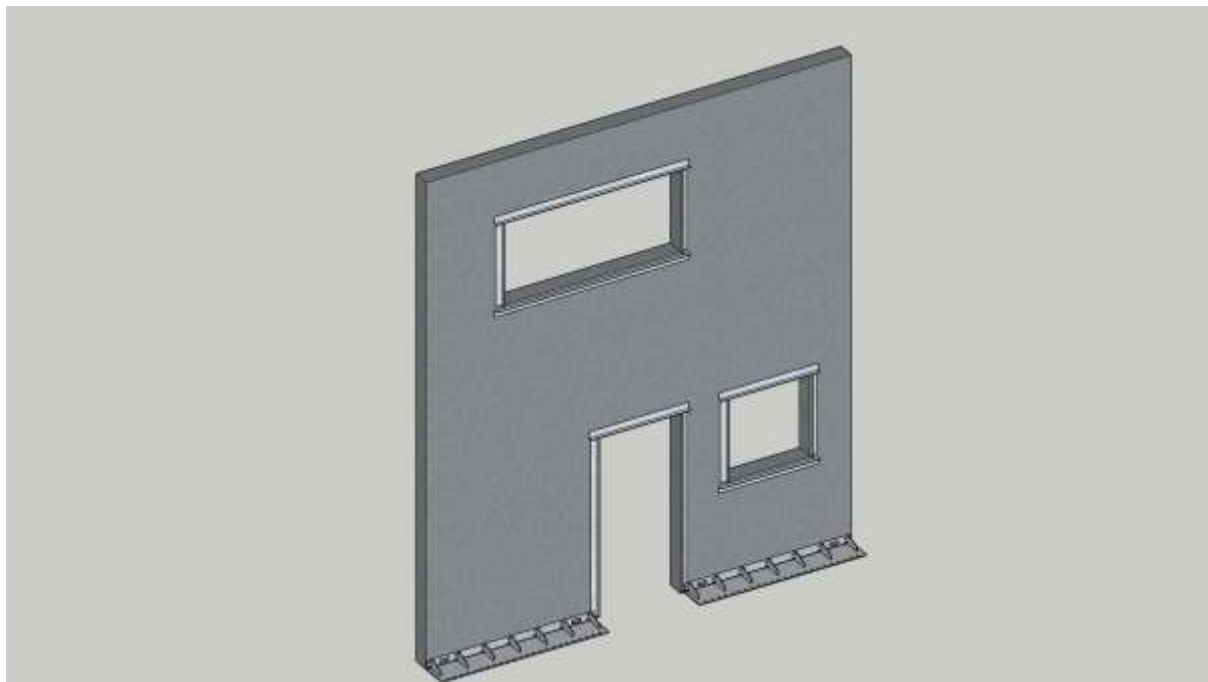
5.2.2. Etape 1

Mise en œuvre des épingles de réception des habillages périphériques des menuiseries extérieures.



5.2.3. Etape 2

Pose de la cornière filante en partie basse de la façade.



5.2.3.1. Exigences de garde au sol

Les exigences de cas prisent en compte sont celles indiquées dans le référentiel du revêtement de façade pour une mise en œuvre sur parois en construction en bois. Cette garde au sol (distance entre la cornière et le sol fini) ne sera pas inférieure à 150mm.

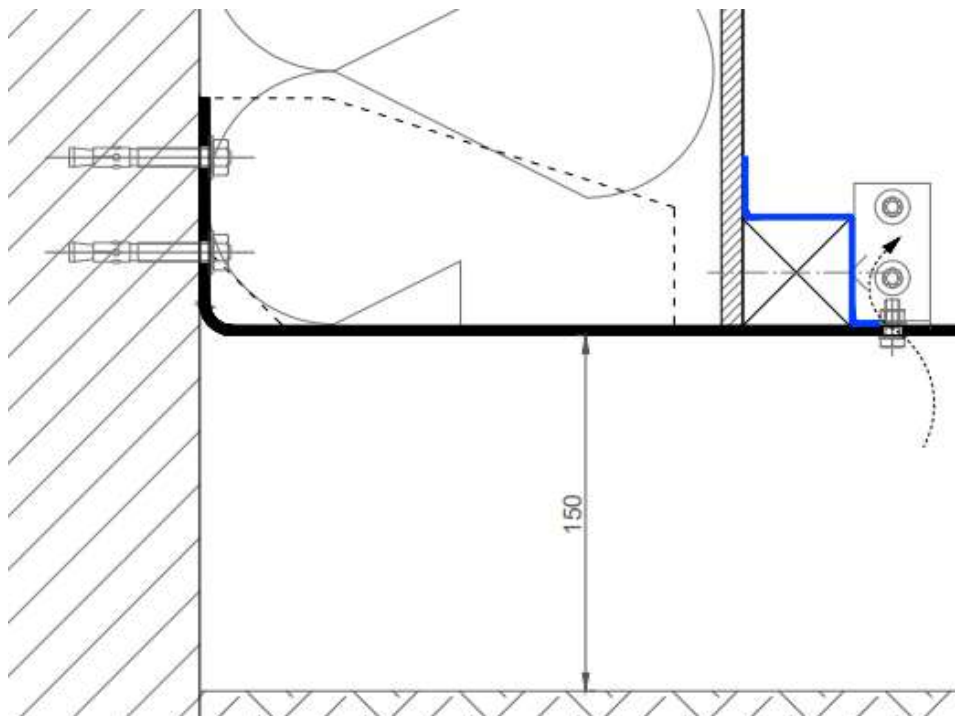


Fig 28. Exigence de garde au sol



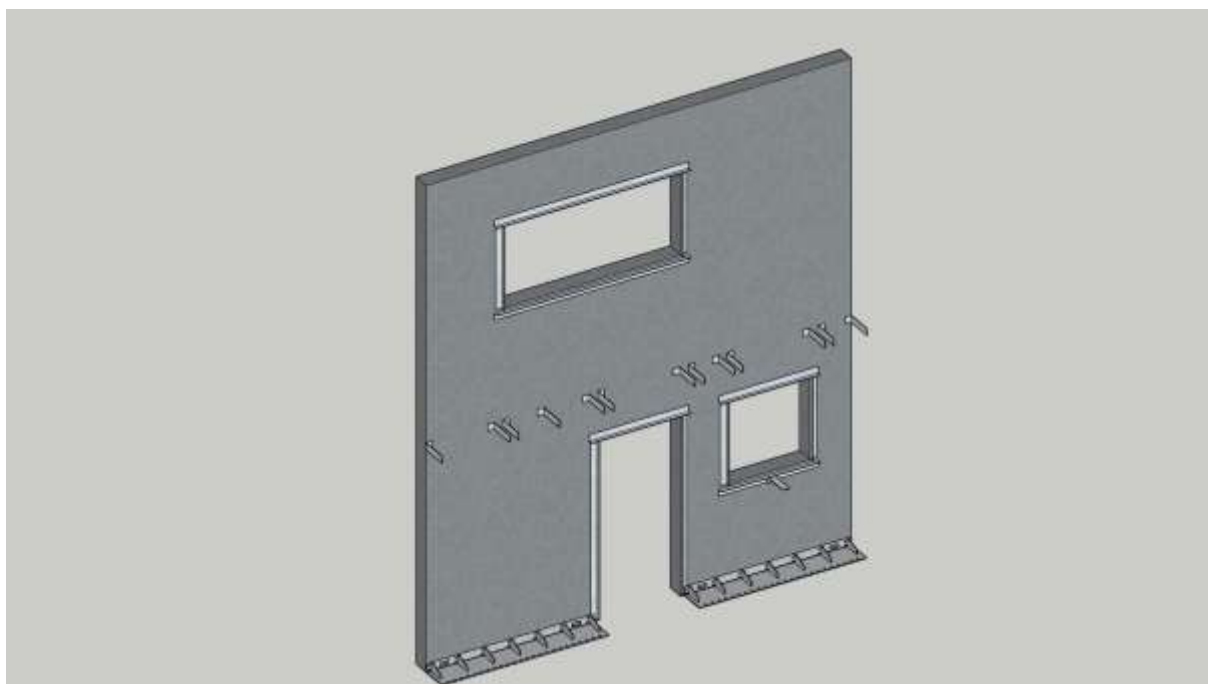
5.2.3.2. Pied de façade

Les dispositions d'étanchéité à l'eau en pied de façade se rapportent aux dispositions des documents réglementaires propres au bardage mis en place. Si celui-ci le permet, il redescendra plus bas que la cornière, afin d'éviter toute infiltration d'eau. Sinon, une bavette sera réalisée en pied, afin d'assurer cette étanchéité.

Les détails se trouvent en figures 50 à 55 pages 73 à 74

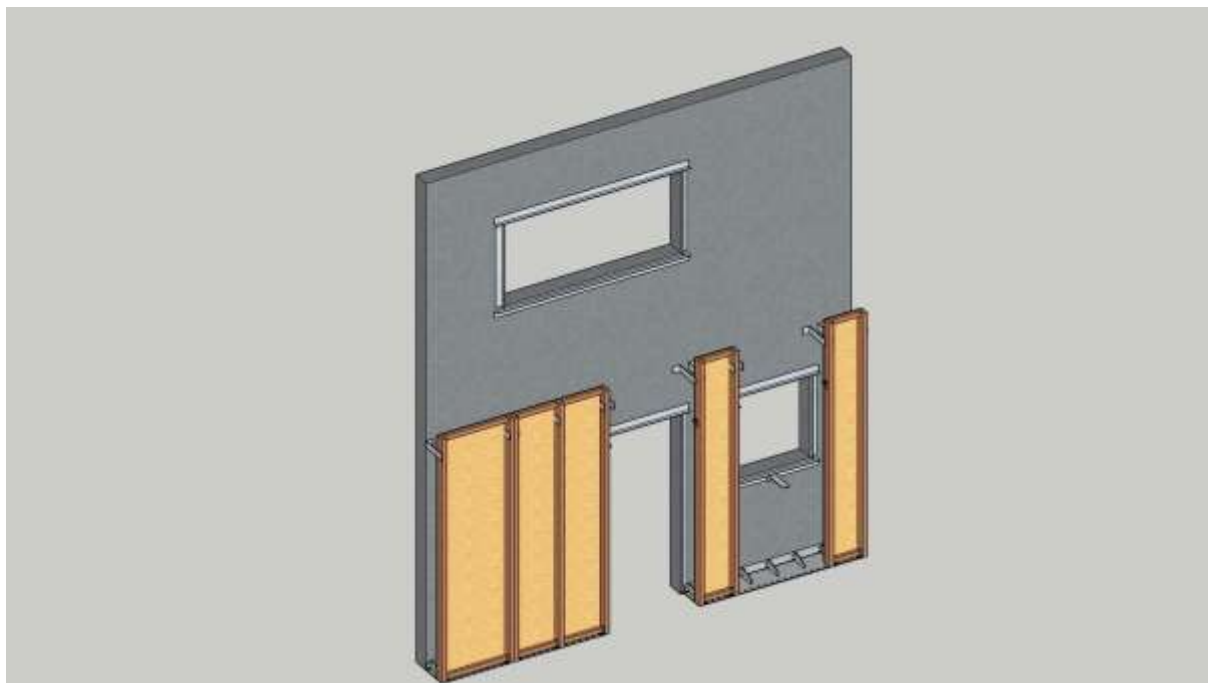
5.2.4. Etape 3

Mise en œuvre des pattes équerres de maintien des modules



5.2.5. Etape 4

Mise en œuvre des premiers modules du bas, toute hauteur d'étage.



En pied de module, et afin d'assurer qu'il n'y a pas d'eau piégée pouvant entrer en contact avec l'OSB, une bande d'étanchéité sera posée sur le montant bas 45x45 du module. Les distances de remontée de la bande sur l'OSB et la cornière seront celles données par la bande d'étanchéité utilisée.

De plus les trous oblongs de la cornière permettent l'écoulement de toute eau liquide qui pourrait se retrouver entre le complexe de bardage et l'OSB dans le cas des bardages sans pare-pluie.

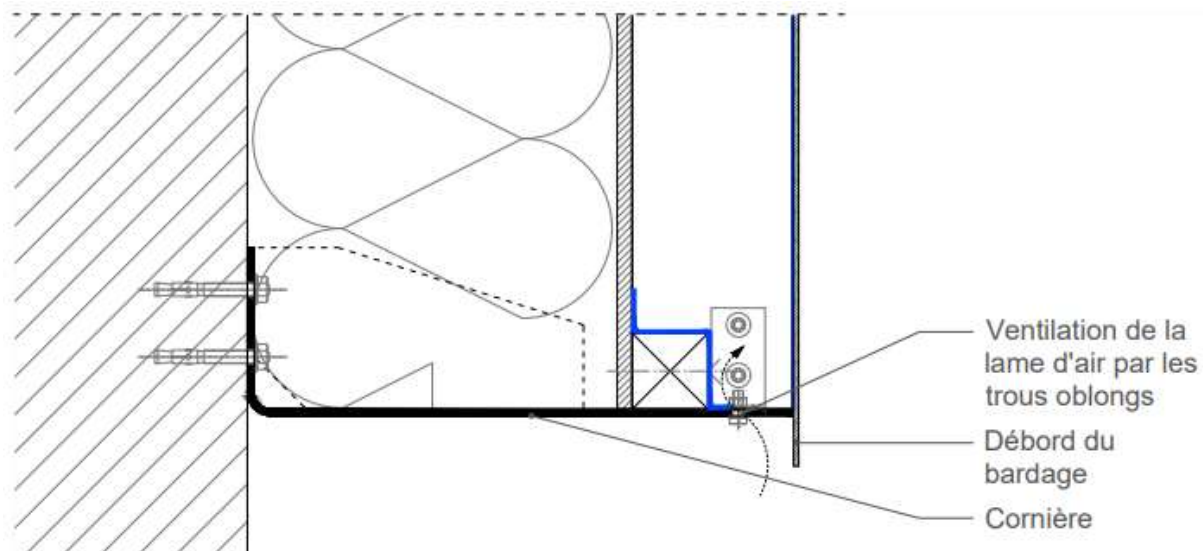


Fig 29. Vue en coupe de la bande d'étanchéité

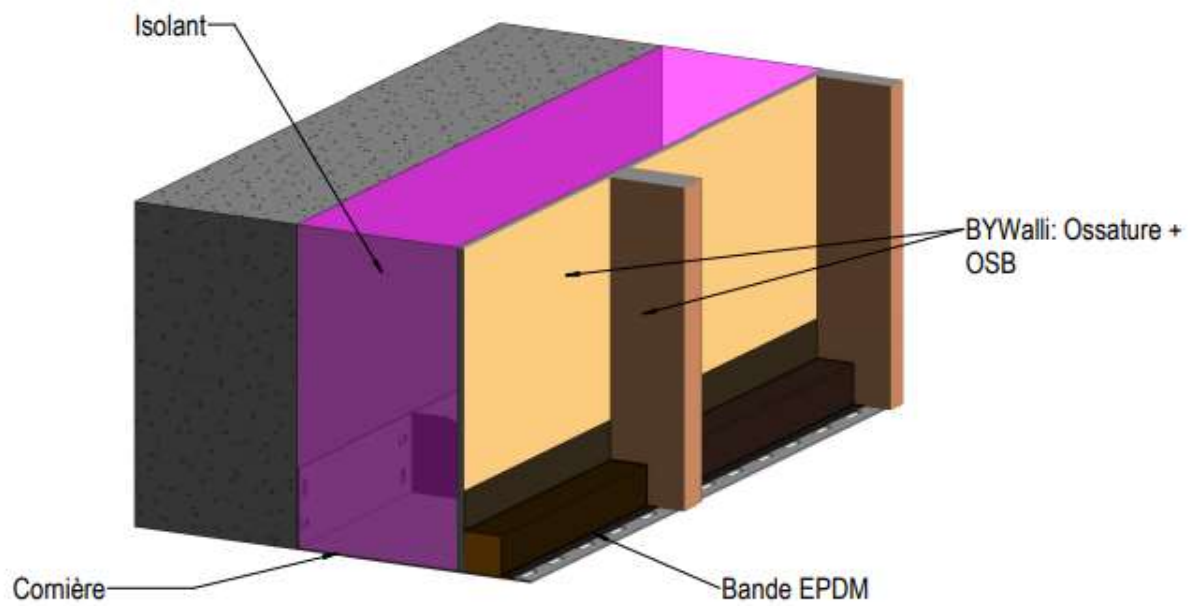
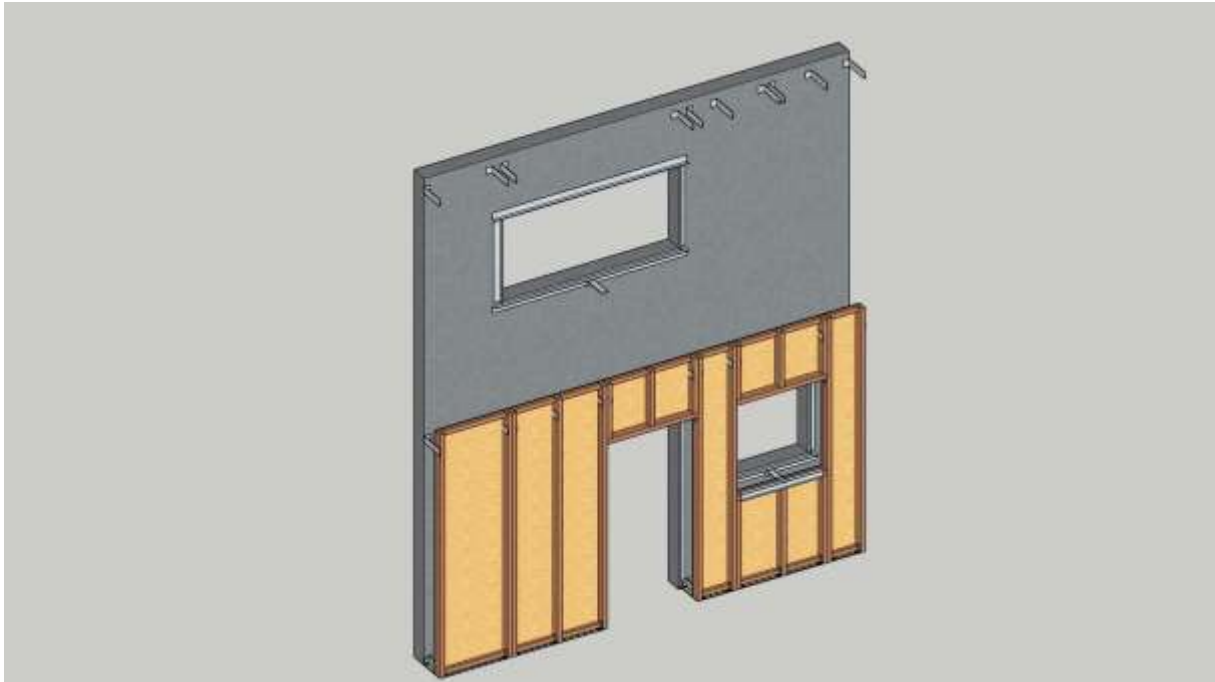


Fig 30. Vue 3D de la bande d'étanchéité

Tous les montants sont tenus en pied par une équerre prise sur la cornière basse (voir paragraphe 2.1.1.8.2)

5.2.6. Etape 5

Mise en œuvre des modules en allège et en imposte.



Tous les modules sont maintenus entre eux via les montants, assemblés par vis à bois tous les 50cm afin d'éviter les déformations différentielles entre modules.

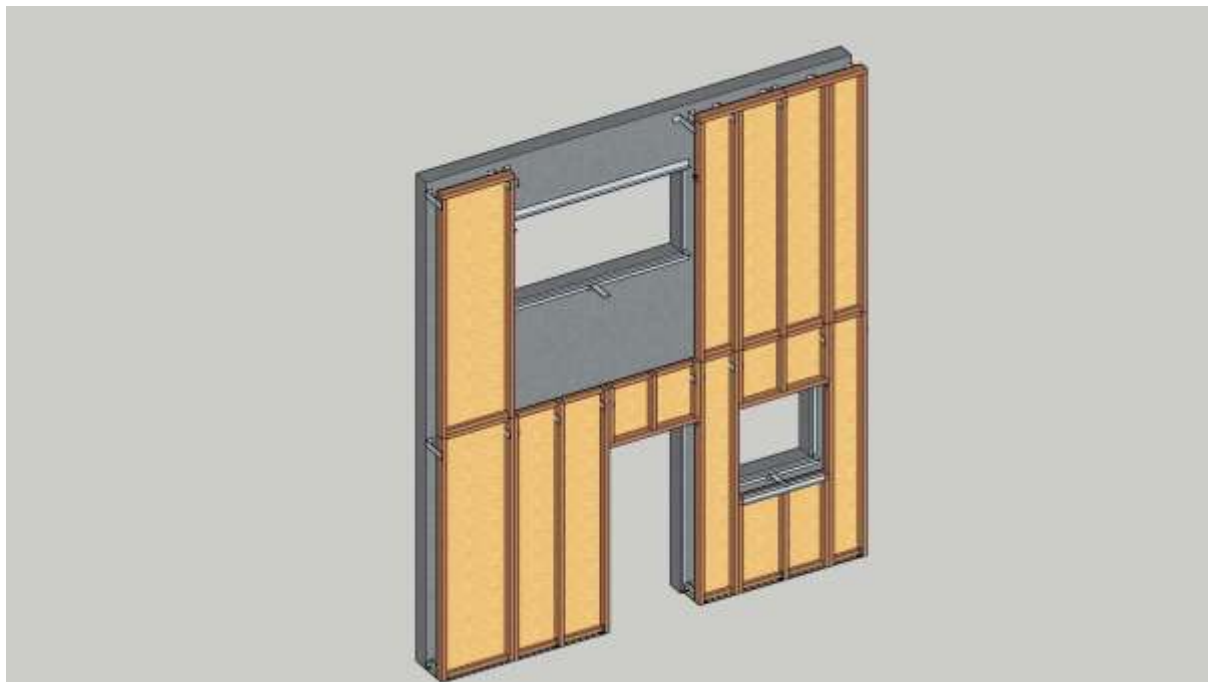
Au droit des ouvertures, les chevêtres sont fixés par équerre dans les montants.

Les pattes équerres du niveau supérieur sont également mises en place

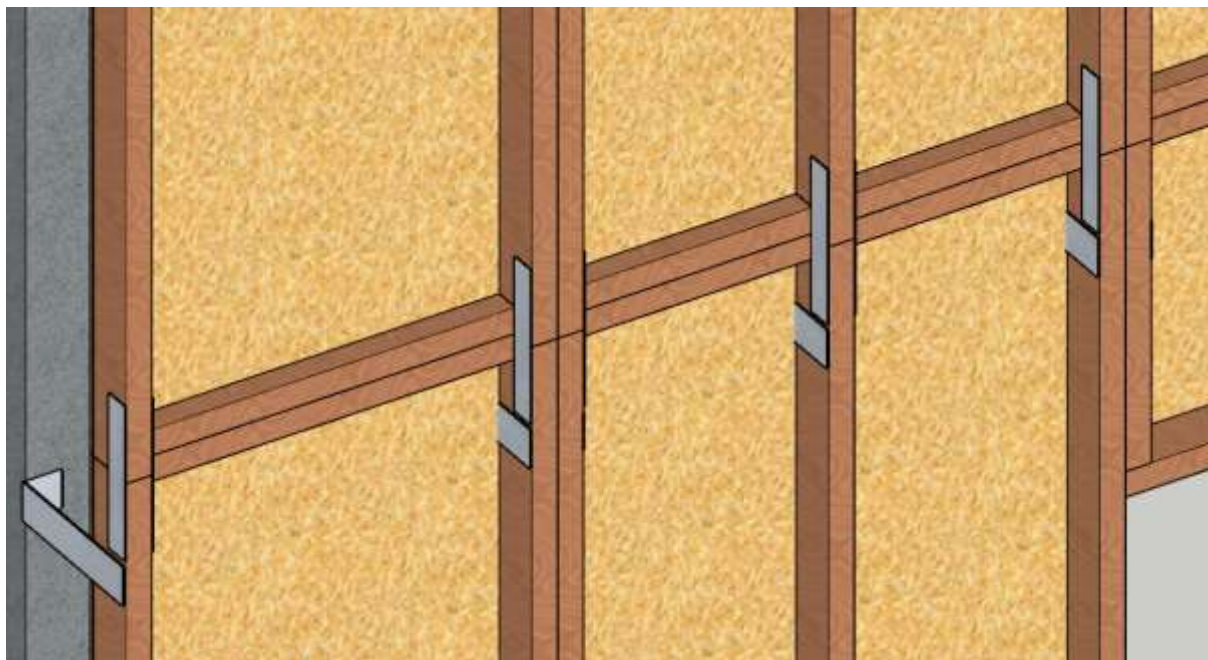
Si un recoupement est nécessaire en cas d'insufflation de plus de 3m de haut, celui-ci sera mis en place en même temps que les pattes équerres du niveau supérieur.

5.2.7. Etape 6

Mise en œuvre des premiers modules toute hauteur de l'étage.



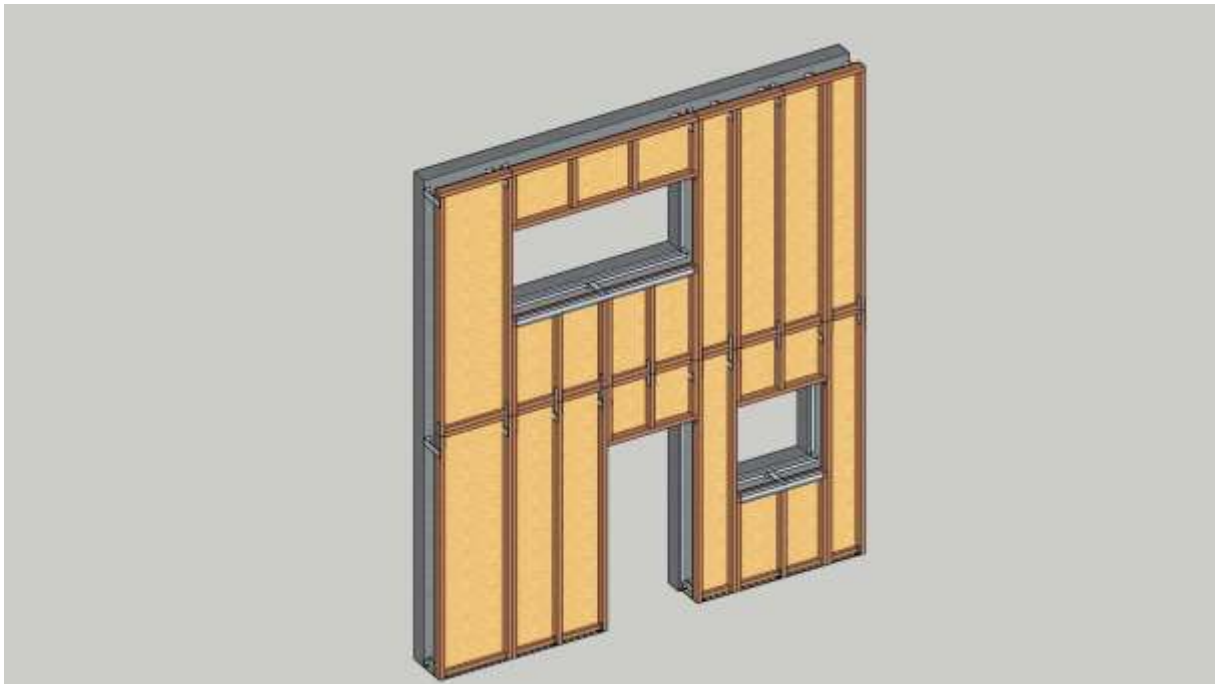
En partie intermédiaire, les modules sont maintenus en pied par rabouillage sur les montants des modules du premier niveau via des éclisses (voir paragraphe 2.1.1.8.1)



En partie haute, les modules sont maintenus en tête par des pattes équerres, comme pour les modules du rez-de-chaussée (voir paragraphe 2.1.1.7)

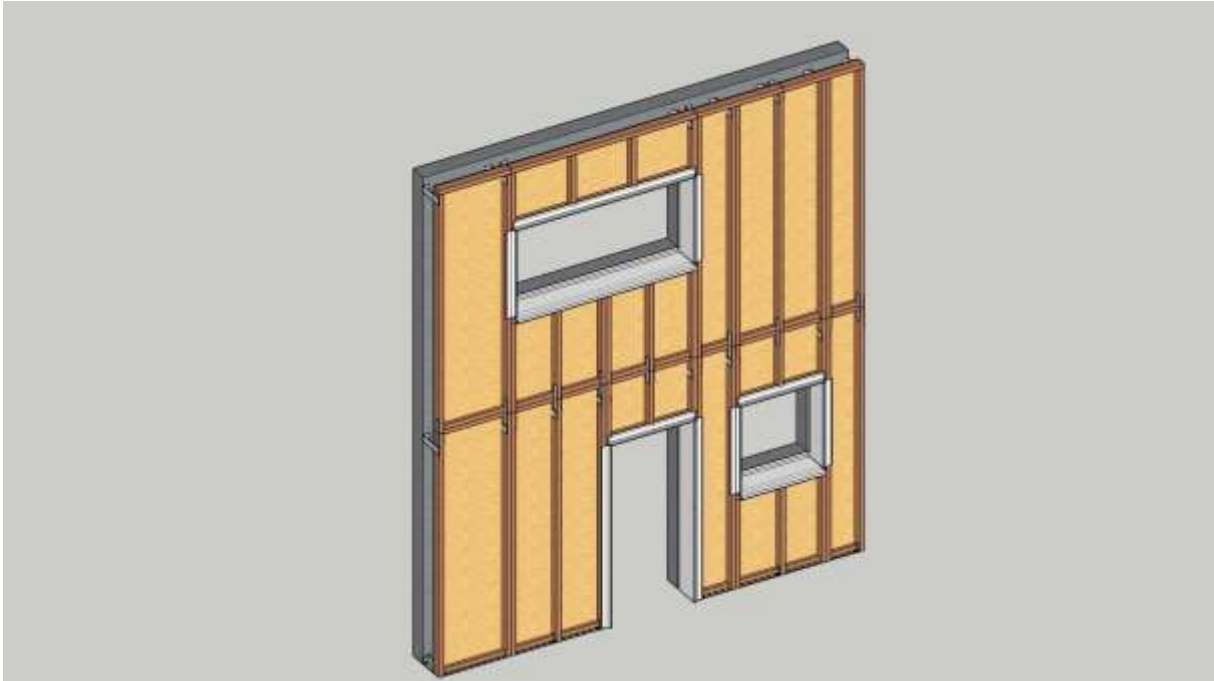
5.2.8. Etape 7

Mise en œuvre des modules en allège et en imposte, comme pour l'étape 5.



5.2.9. Etape 8

Mise en œuvre des habillages périphériques d'ouvertures pour fermer la cavité du doublage.



Toutes les ouvertures (angle, tête et pieds de modules...) sont également refermées (voir paragraphe 3.7) afin d'assurer une bonne insufflation.

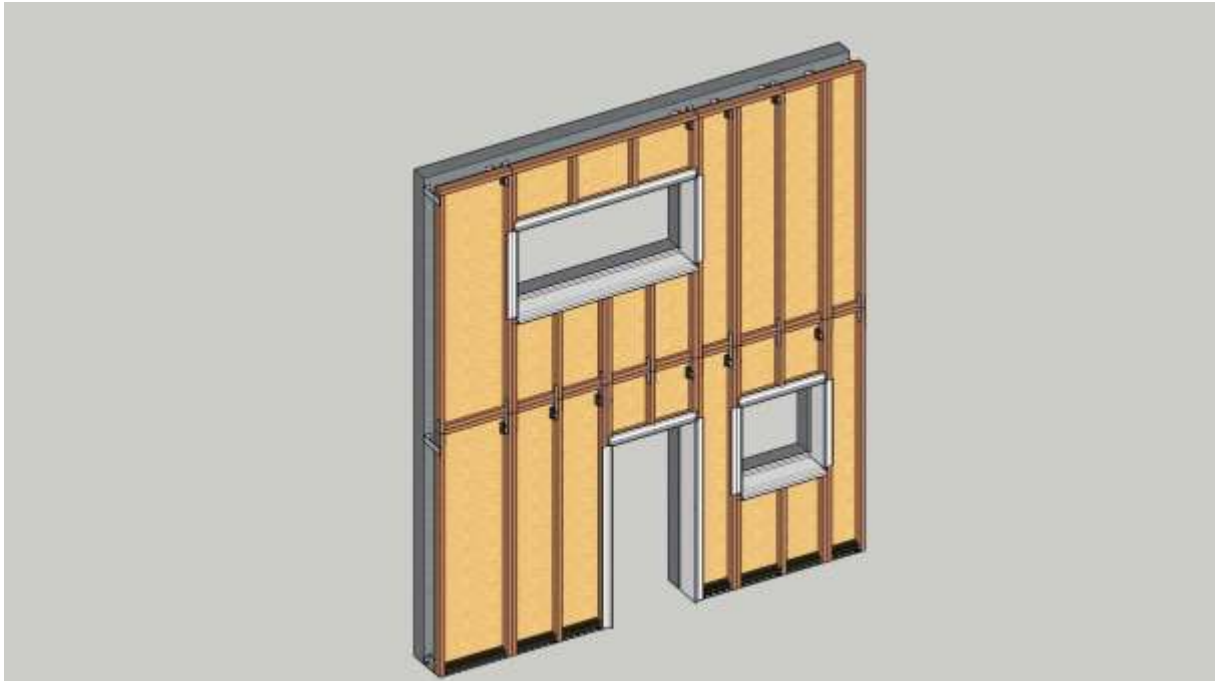
5.2.9.1. Tête de bâtiment

Dans le cas où la rive de toiture du bâtiment est suffisante, une tôle d'habillage recouvrant au moins 30mm minimum le bardage sera mis en place (voir fig39 à 41 du paragraphe 6).

Si la rive de toiture est insuffisante ou inexistante, une adaptation de type couvertine est à prévoir au cas par cas. Des exemples sont fournis en figures 44 à 48 du paragraphe 6. Ces couvertines seront réalisées en accord avec les recommandations professionnelles sur les couvertines.

5.2.10. Etape 9

Afin d'assurer une bonne insufflation, tous les trous de passage de pattes équerre, ainsi que les pieds de modules sont fermés à l'aide des bandes d'étanchéité (voir Tableau 2 page 8).



5.2.11. Etape 10

Insufflation de l'isolant dans la cavité à l'arrière des modules.



Les cavités pour contenir l'isolant insufflé sont réalisées à l'aide du mur existant et des modules pour la partie courante et à l'aide d'habillage en tôle ou OSB pour le pourtour en fonction des configurations de l'existant.

La dimension maximale de ces cavités sont de 6m x 3m x 0,26m

La mise en œuvre de l'isolant ne peut être réalisée qu'au moyen d'une machine pneumatique de type cardeuse-souffleuse à système « airlock » (sas étanche) avec une capacité de pression d'air ≥ 300 mbar. La machine de référence est le modèle TITAN de la marque ISOL INTERNATIONAL avec réducteur de ligne $\varnothing 125\text{mm} > 80\text{mm}$ et utilisation en bout de ligne d'un tuyau semi-rigide de $\varnothing 80\text{mm}$.

Le calepinage des trous d'insufflation pour les deux isolants est le suivant :

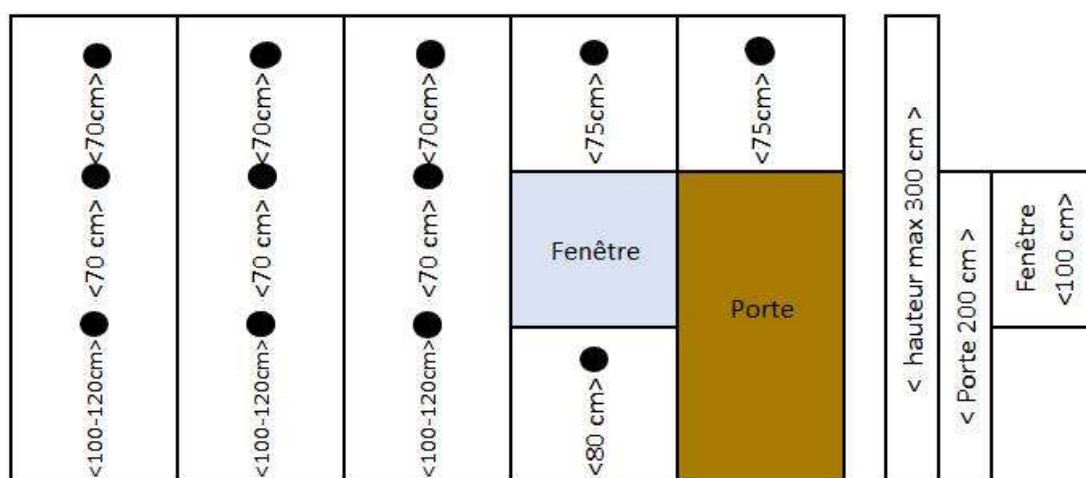


Fig 31. Calepinage des trous d'insufflation

Ces trous sont réalisés à la scie cloche en atelier.

Le remplissage de la cavité débute par les trous situés en partie basse de la paroi. Ensuite, le remplissage continue par les trous situés à mi-hauteur des modules, pour enfin terminer par les trous en partie haute. Le remplissage peut se faire de gauche à droite, ou inversement.

Les trous d'insufflation seront également rebouchés à l'aide d'adhésifs d'étanchéité dédié à cet usage (voir les fiches techniques en Annexes 4.6.1 et 4.6.2).

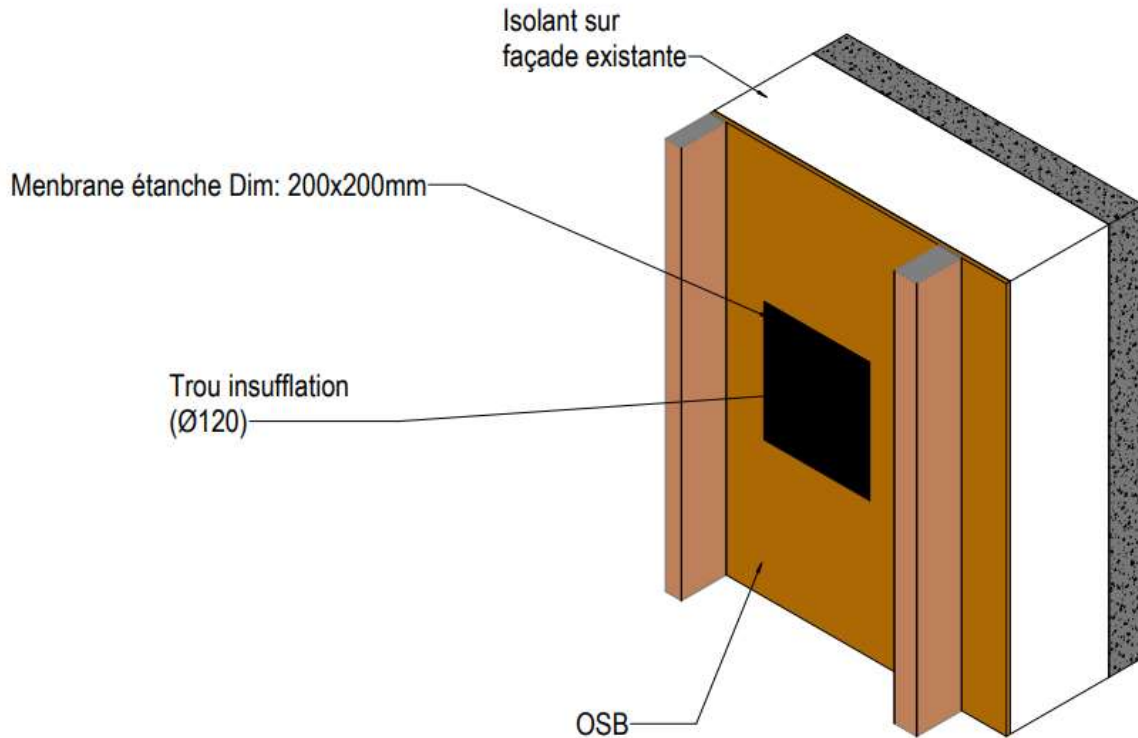


Fig 32. Rebouchage des trous d'insufflation

La masse volumique est contrôlée dès le début de chantier (et après chaque interruption de l'insufflation).

Ce contrôle sera réalisé par calcul, le volume de chaque caisson étant connu (densité = nombre de sacs utilisés / volume calculé de la cavité isolée). La masse volumique de l'isolant insufflé sera donc clairement définie à partir des consommations des produits et des réglages de la machine. Ces éléments doivent être indiqués dans la fiche d'auto-contrôle du chantier.

La densité obtenue répondant aux réglages préalables de la machine selon l'isolant et la configuration du chantier, un test sur caisson témoin mobile sera réalisé avant tout démarrage de chantier (volume et tare connus pour la pesée).

En troisième lieu, des carottages pourront être réalisés sur demande du MOE.

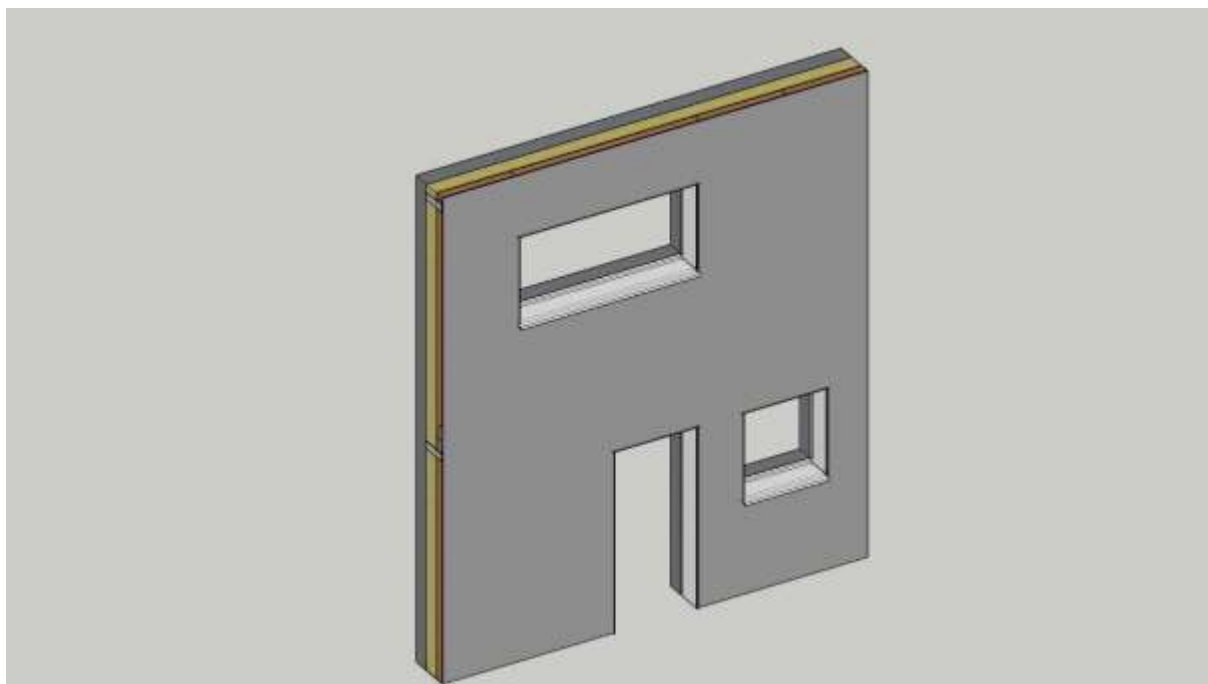
La fiche de suivi de ces contrôles se trouvent en Annexe 2.3.

5.2.12. Etape 11

Mise en œuvre du parement de façade et de ses accessoires si nécessaire (mise en œuvre conforme à l'avis technique ou au référentiel traditionnel du système sous DTU pour une pose sur construction en ossature bois, comme décrit au paragraphe 3.8).

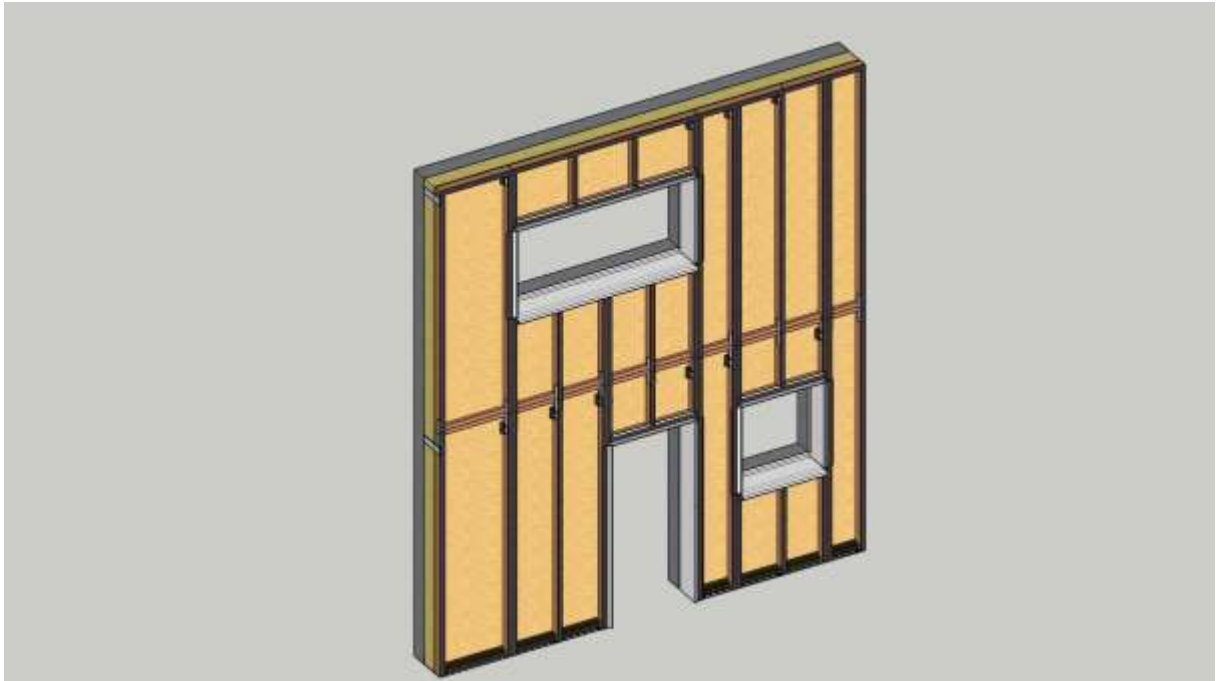
5.2.12.1. Type 14

Le bardage est directement posé sur le système BYWalli en respectant les règles décrites au paragraphe 3.8.

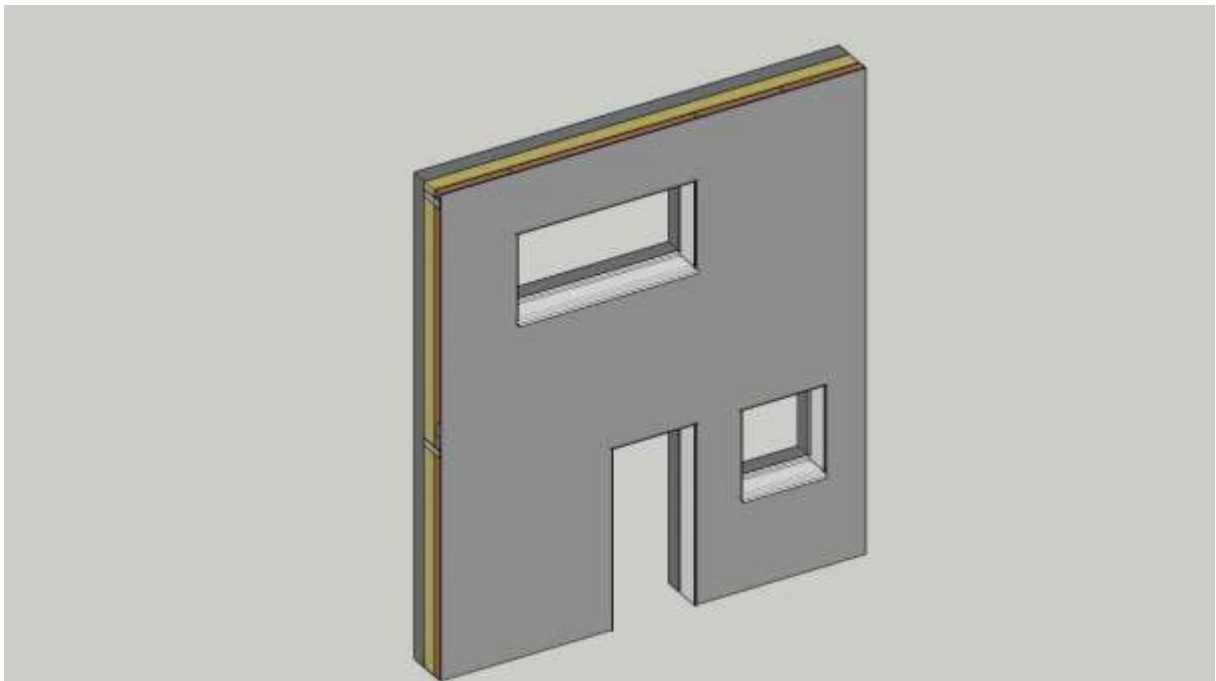


5.2.12.2. Type 13+

Comme décrit au paragraphe 3.8, des bandes d'étanchéité EPDM sont placées sur les montants au droit des joints verticaux de modules de bardages.



Le bardage est ensuite fixé sur les montants

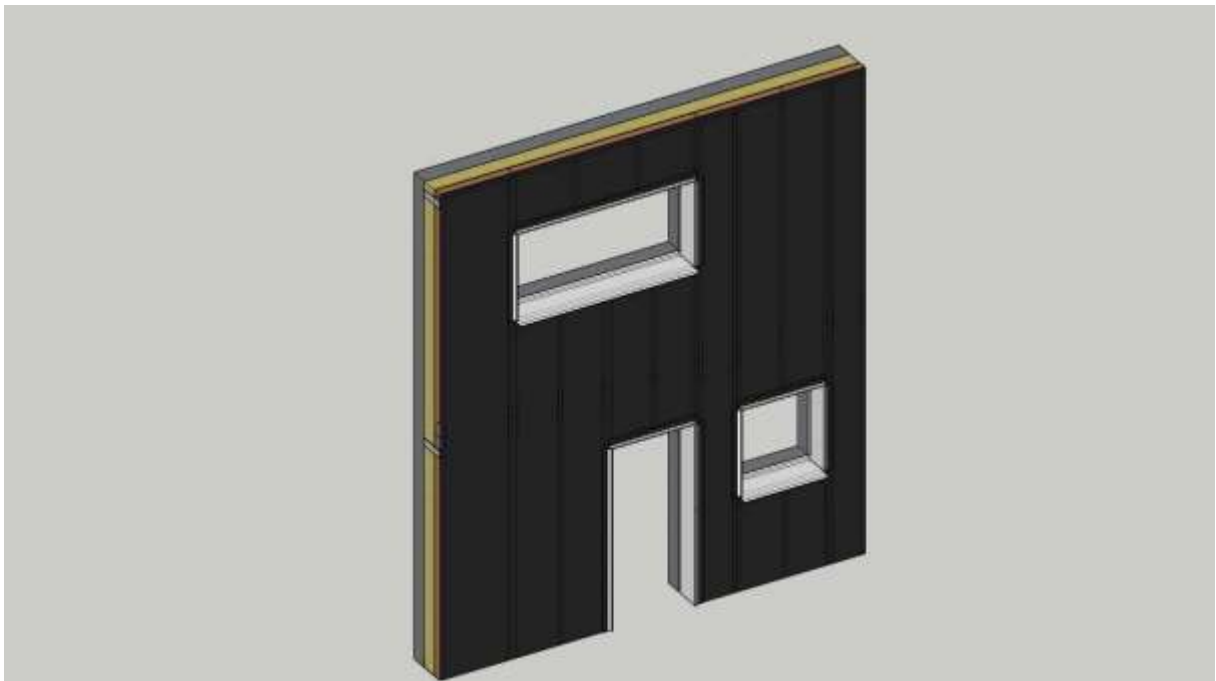


5.2.12.3. Type 13

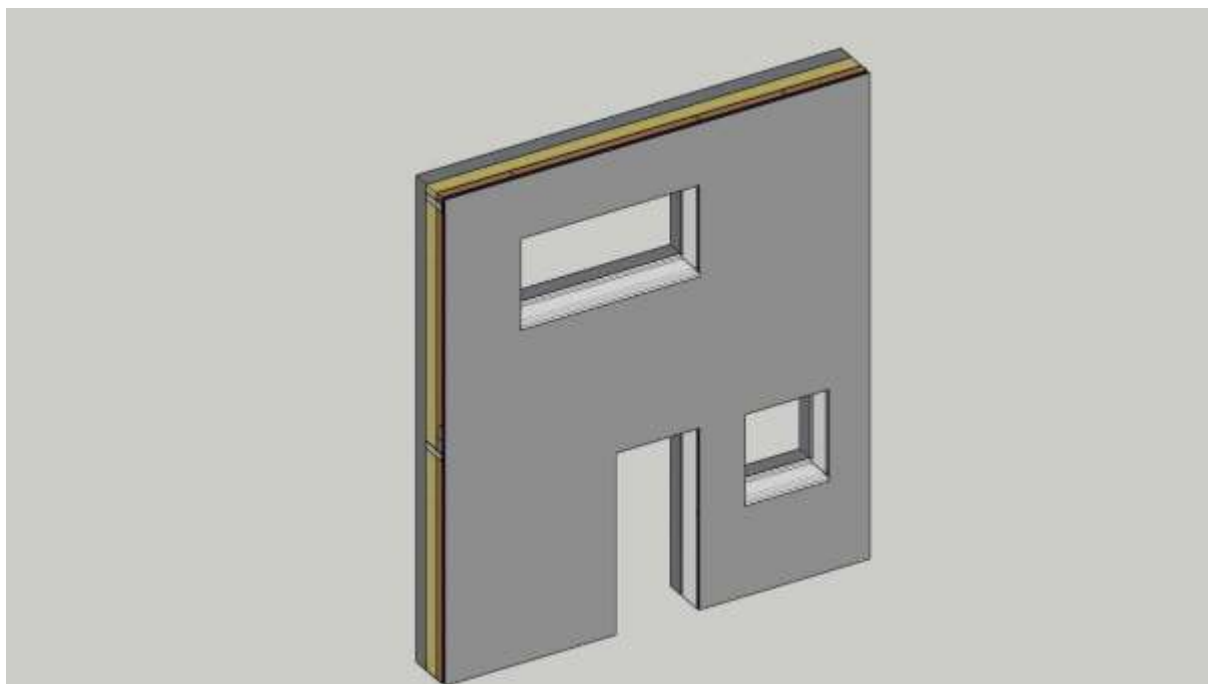
Comme décrit au paragraphe 3.8, un isolant complémentaire est placé entre les modules afin de servir de support au pare-pluie.



On vient ensuite poser le pare-pluie (voir paragraphe 5.2.12.4).



On vient ensuite poser le bardage.



5.2.12.4. Membrane pare pluie

Ce paragraphe n'est à considérer que si le bardage retenu pour le projet nécessite la mise en place d'un pare-pluie (bardage de type 13).

Les dispositions de réception propre à chaque membrane seront respectées, conformément au DTU 31.2.

Le support de la membrane doit être propre, sec, exempt de poussière, de traces de graisse.

La température de mise en œuvre de la membrane et des accessoires doit être supérieure à 5°C.

Les membranes sont fixées provisoirement dans les montants d'ossature par des agrafes, le maintien définitif étant assuré par la mise en place de l'ossature secondaire. Cette ossature secondaire et ses caractéristiques (épaisseur, largeur) dont celles prescrite par le référentiel dont relève le bardage rapporté visant favorablement la pose sur paroi de COB.

Les différents recouvrements entre membranes seront réalisés par tuilage puis collés pour permettre la circulation des eaux de pénétration de pluie.

La fixation des membranes se fera sur l'ossature du BYWalli, d'un entraxe maximum de 60 cm elle est maintenue par un tasseautage de largeur minimale 40 mm et épaisseur minimale de 20 mm. La fixation minimale de l'ossature secondaire se fait par l'intermédiaire de vis à bois 6*100mm en inox A2 de Pk minimum de 400 daN, disposés au droit de l'ossature primaire (des montants de COB) tous les 60 cm (pas vertical) pour la membrane Doerken.



En périphérie des modules, la membrane appliquée devra effectuer un retour d'une longueur prescrite dans les documents techniques de la membrane. Dans le cas exemple de la membrane Doerken, le retour devra être de 5cm (+/-1cm).

La membrane est posée en continue sur la façade. Afin d'éviter le déchirement de la membrane, les modules de BYWalli sont liaisonnés entre eux (voir paragraphe 4.2.6), afin d'éviter des déformées différentielles des modules pouvant provoquer ce déchirement.

En cas d'endommagements de la membrane (trous, déchirures...) sur chantier, il est important et nécessaire d'effectuer les réparations suivantes, selon l'importance du dommage :

- Simple coupure de la membrane : appliquer un ruban adhésif compatible avec la membrane pare-pluie, d'une largeur de 50 mm minimum sur toute la longueur de la coupure, en veillant à effectuer un dépassement de 100 mm minimum aux extrémités,
- Entaille supérieure à 20 mm de largeur : réaliser une bande "rustine" (dimension = entaille + 100 mm périphérique) à partir d'une membrane pare-pluie identique à celle endommagée, ou à minima de performances équivalentes. La bande est maintenue définitivement sur l'entaille par l'intermédiaire d'un ruban adhésif compatible avec la membrane pare-pluie.
- Trou supérieur à 500 mm de largeur : remplacement complet du lé concerné par un nouveau lé issu d'une membrane pare-pluie identique à celle endommagée, ou à minima de performances équivalentes.

5.2.13. Protections provisoires des modules en cas de pluie

Les protections provisoires des modules sera systématique, conformément à la réglementation.

5.2.14. Menuiseries extérieures

Le remplacement des menuiseries extérieures est indépendant de la pose du BYWalli et ne rentre pas dans le cadre de cet ATEX.

Les menuiseries sont laissées dans le plan du mur existant, en applique intérieure ou en tunnel.



6. Traitement des parties courantes et points singuliers

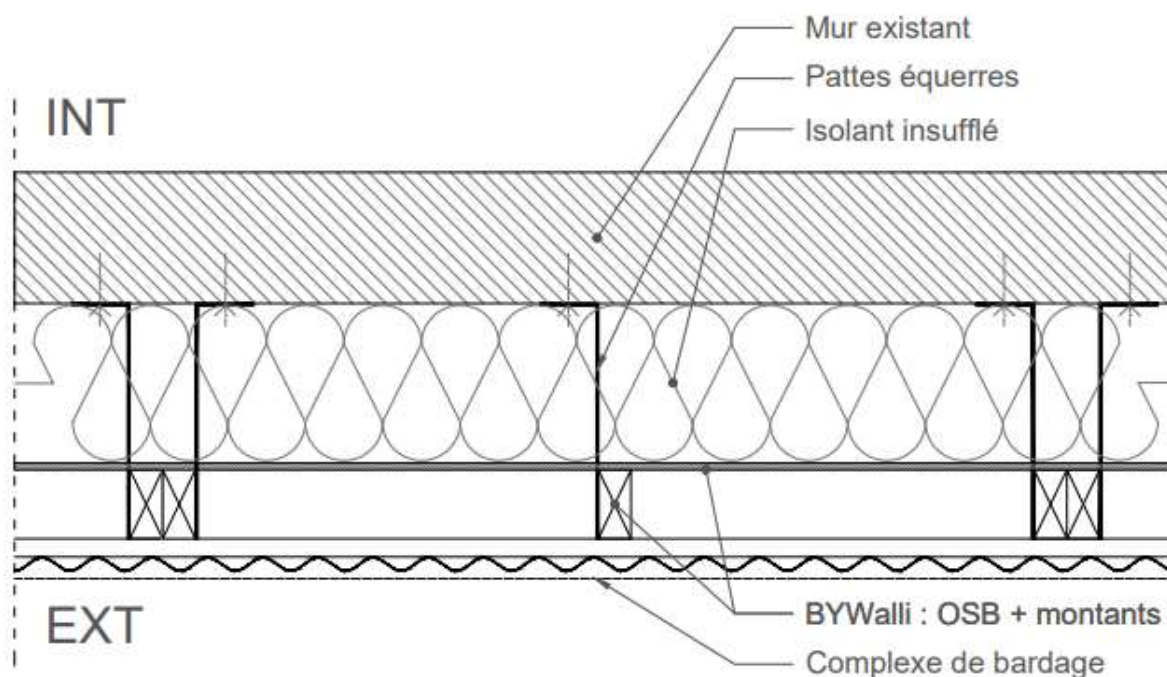


Fig 33. Vue en plan du BYWalli avec bardage vertical

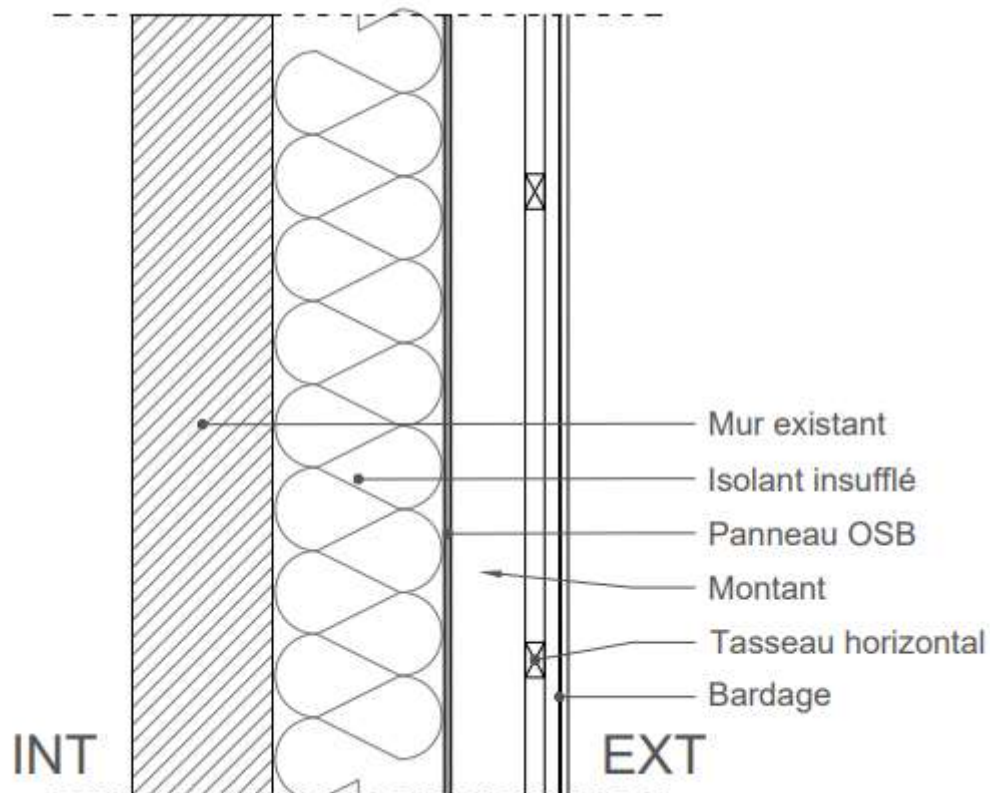


Fig 34. Vue en coupe du BYWalli avec bardage vertical

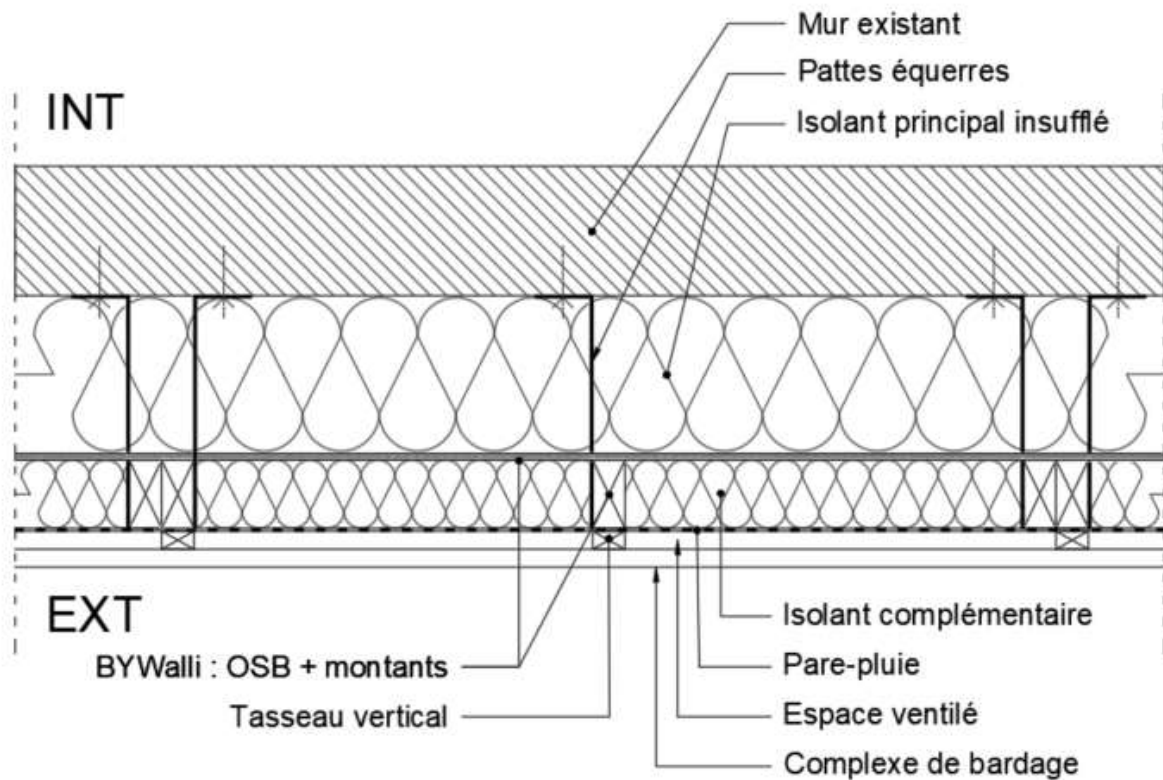


Fig 35. Vue en plan du BYWalli avec pare-pluie

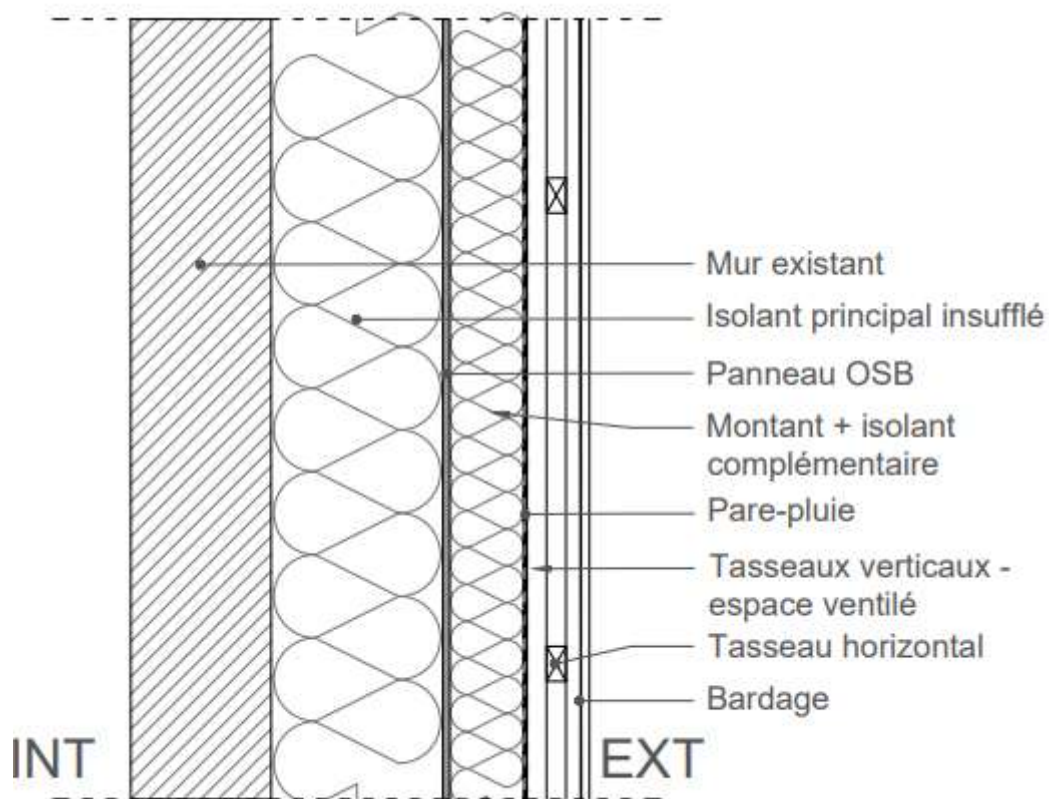


Fig 36. Vue en plan du BYWalli avec pare-pluie

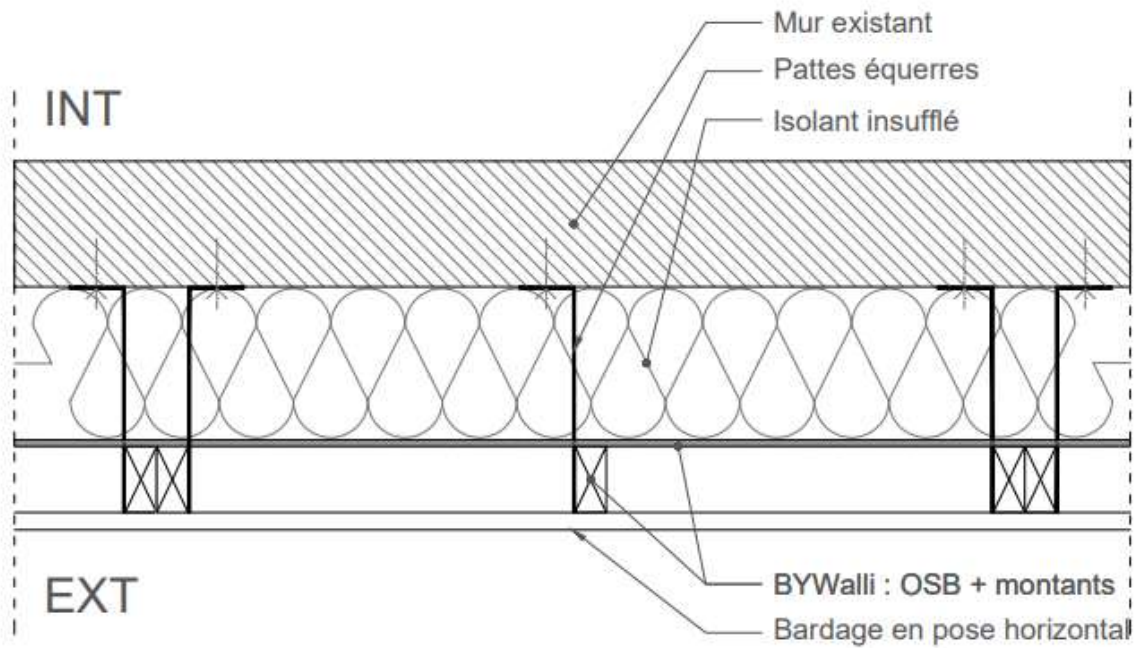


Fig 37. Vue en plan du BYWalli avec bardage horizontal

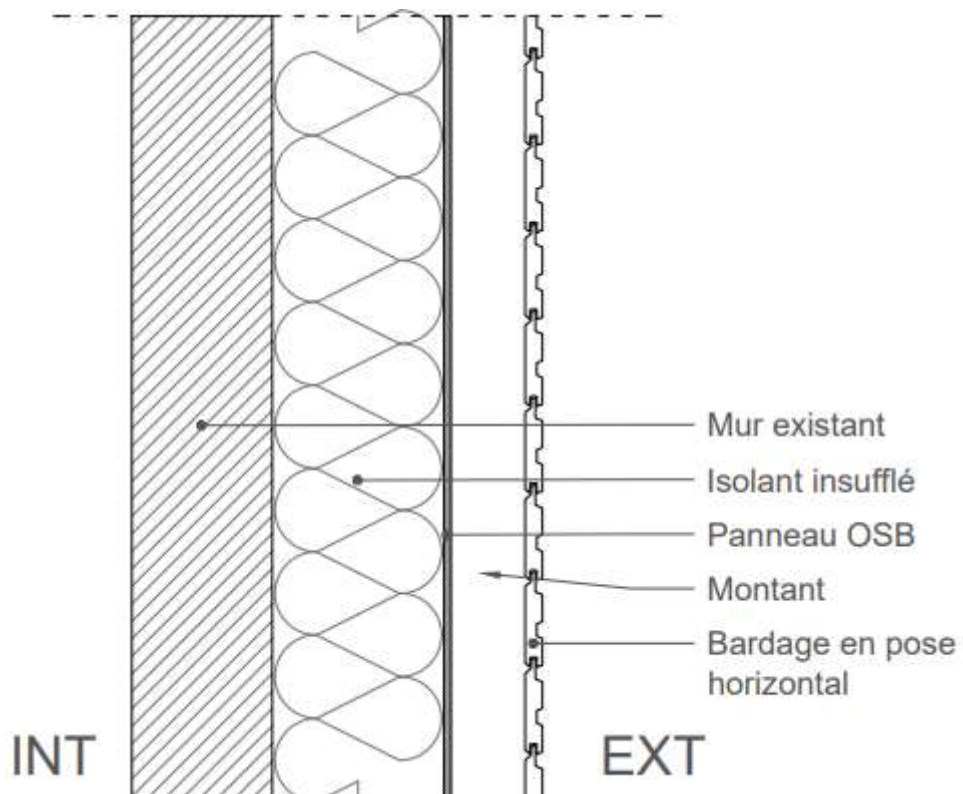


Fig 38. Vue en coupe du BYWalli avec bardage horizontal

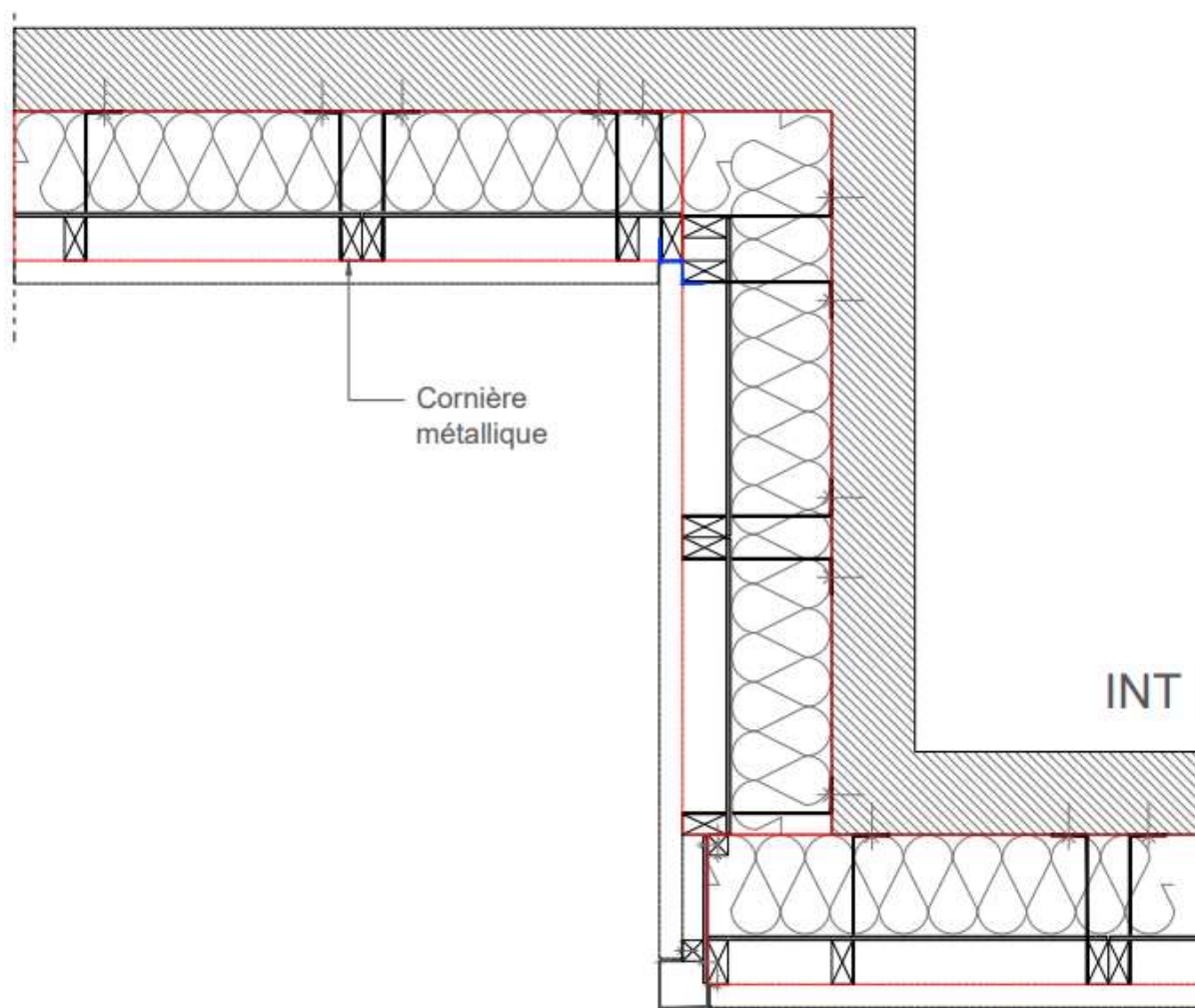


Fig 39. Angles rentrants/sortants entre BYWalli

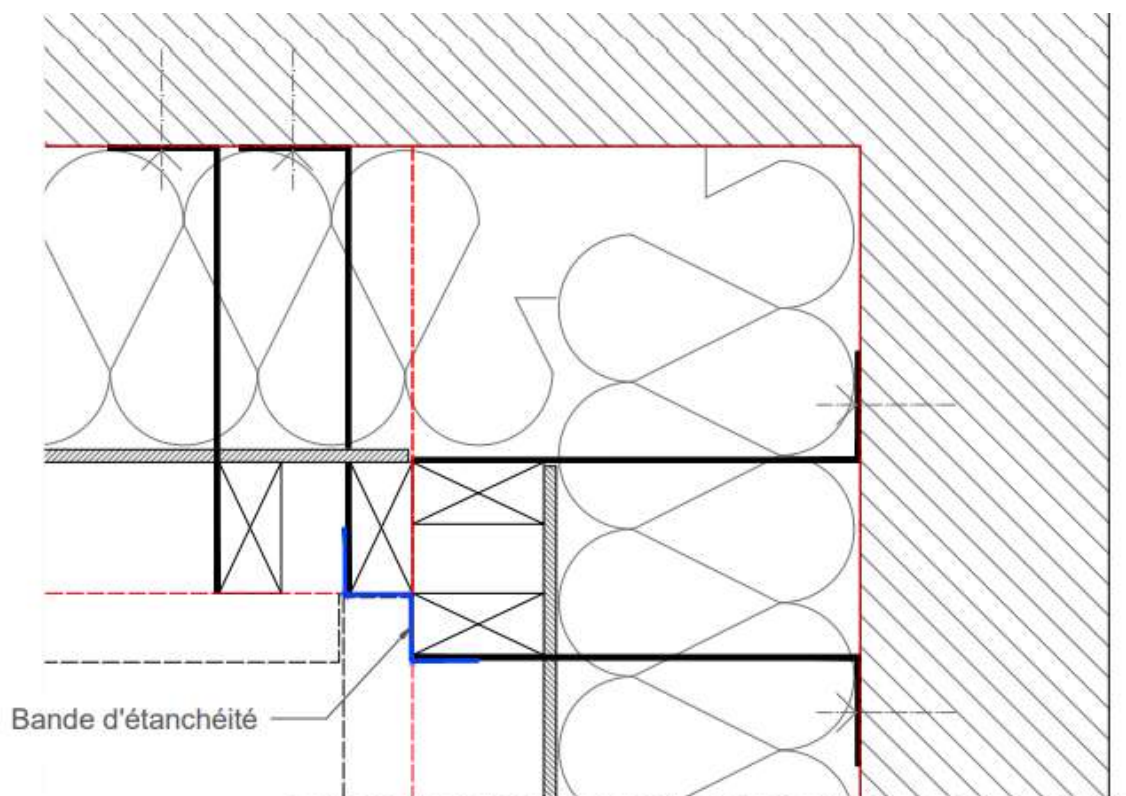


Fig 40. Zoom angle rentrant entre BYWalli

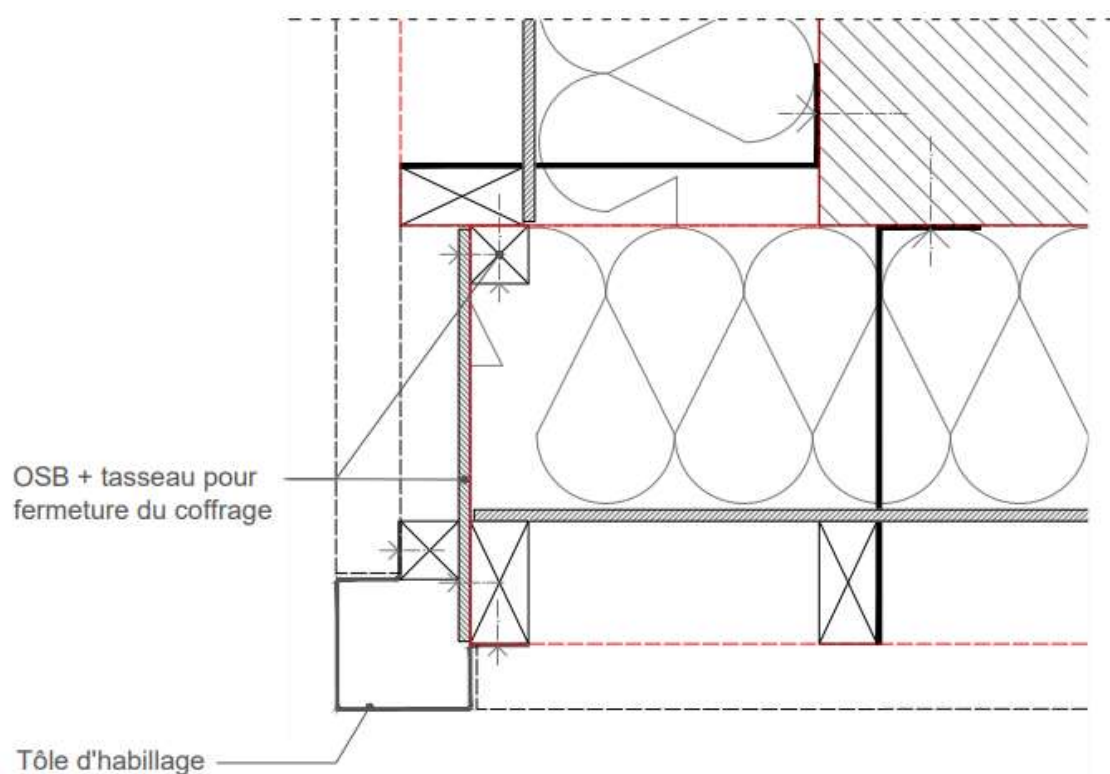


Fig 41. Zoom angle sortant entre BYWalli

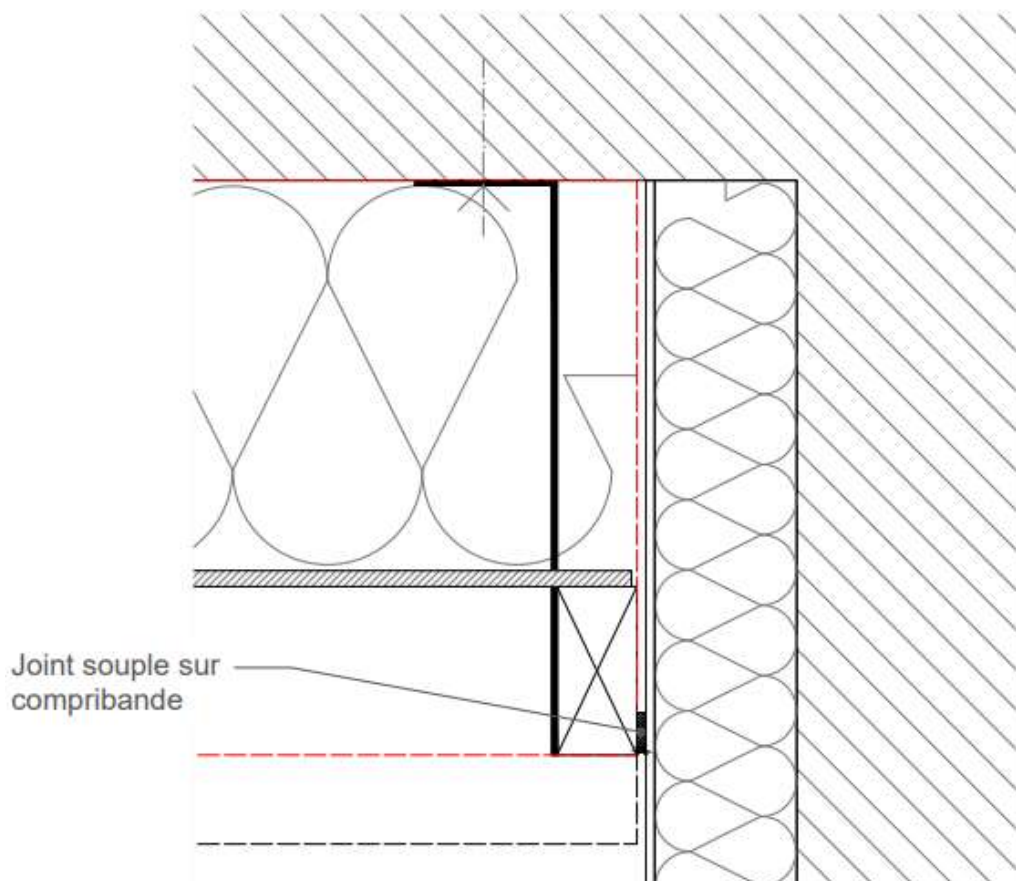


Fig 42. Angle rentrant entre BYWalli et enduit mince sur isolant

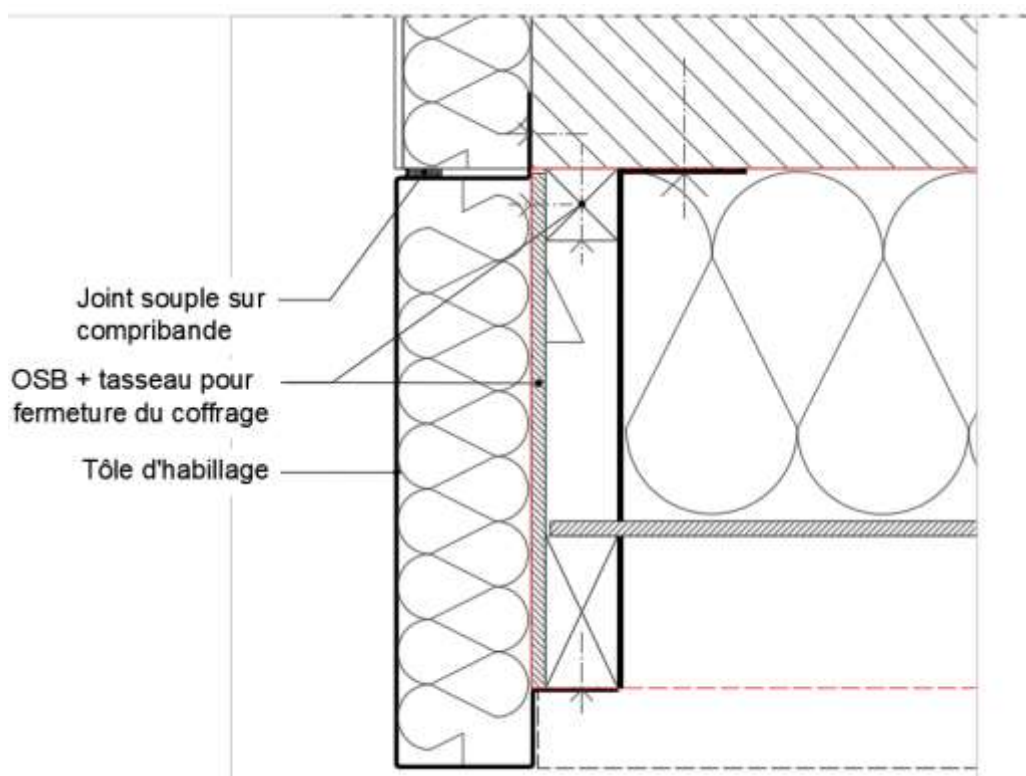


Fig 43. Zoom angle sortant entre BYWalli et enduit mince sur isolant

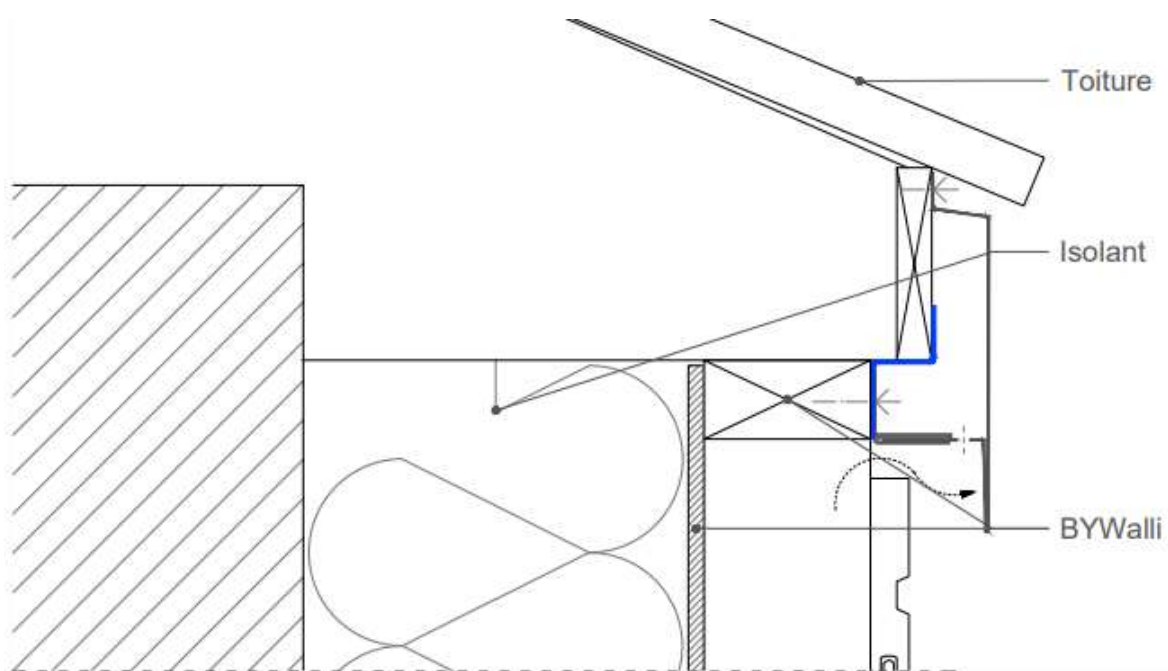


Fig 44. Détail débord de toiture long

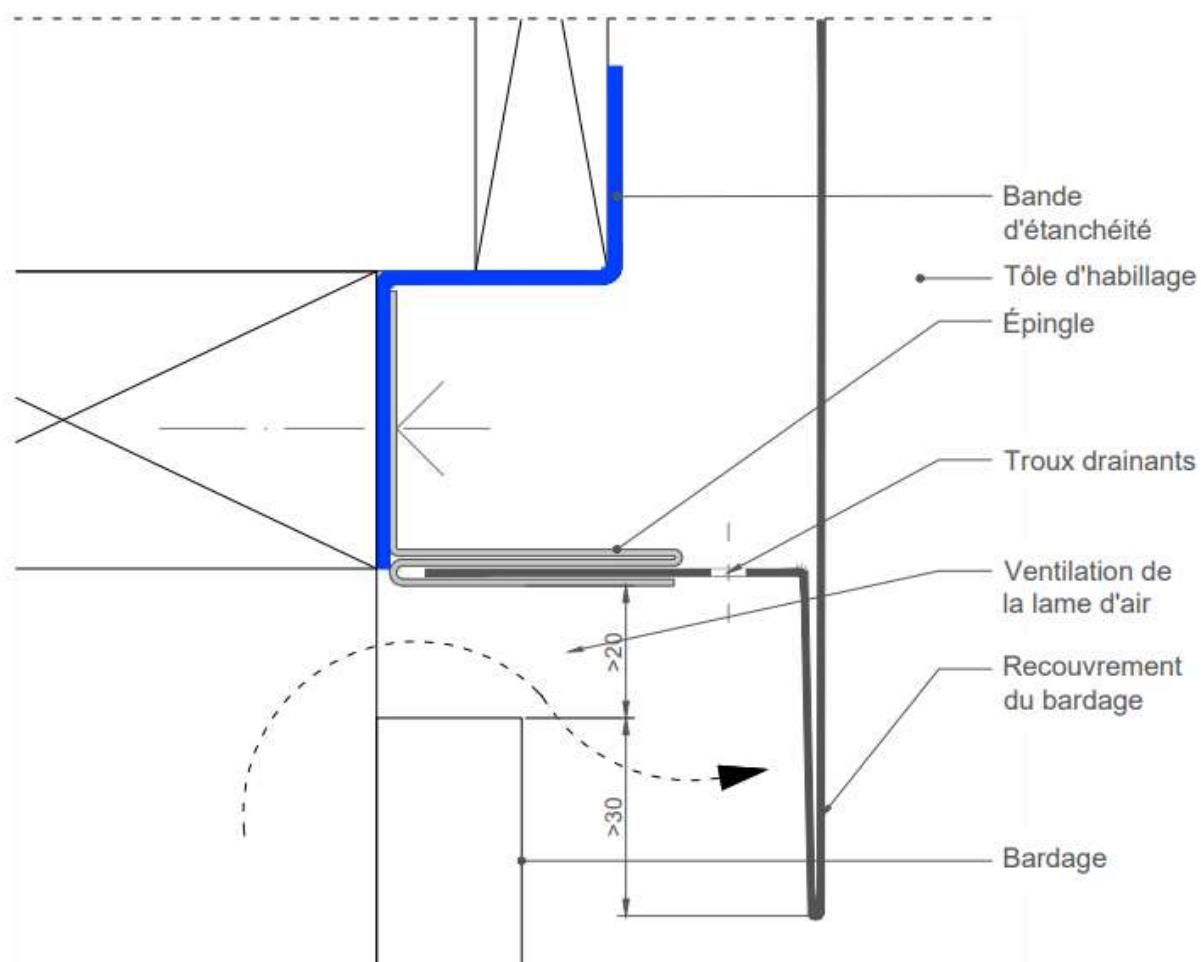


Fig 45. Zoom débord de toiture long

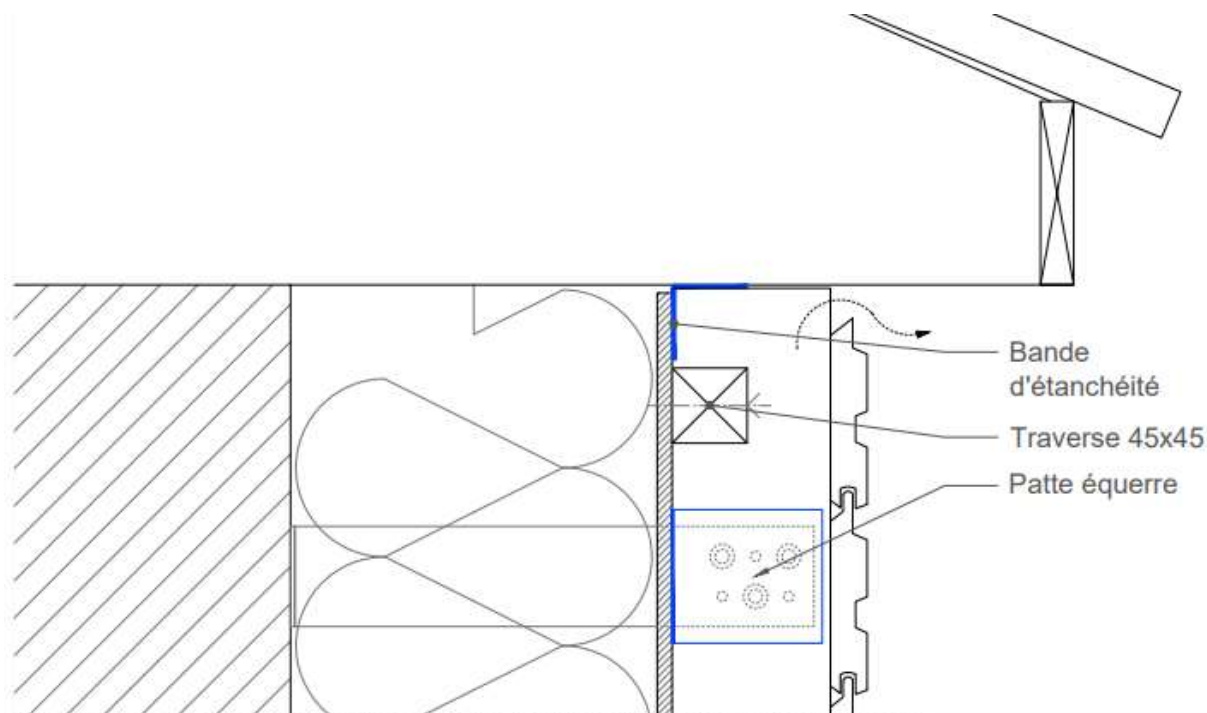


Fig 46. Détail alternatif débord de toiture long

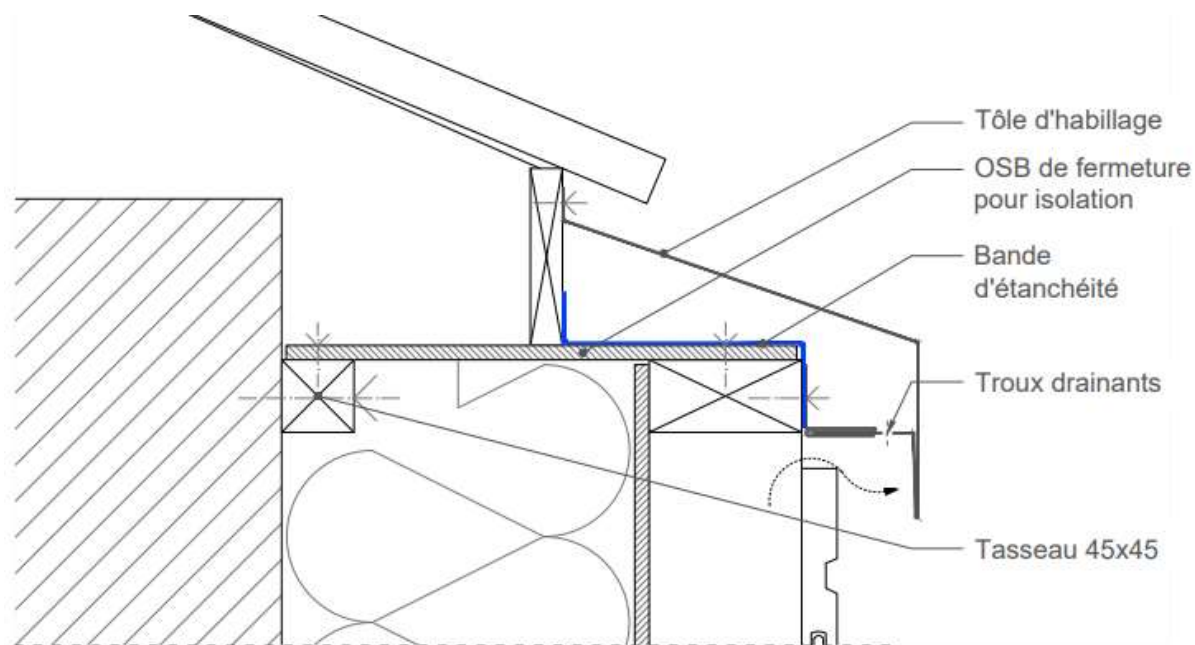


Fig 47. Détail débord de toiture court

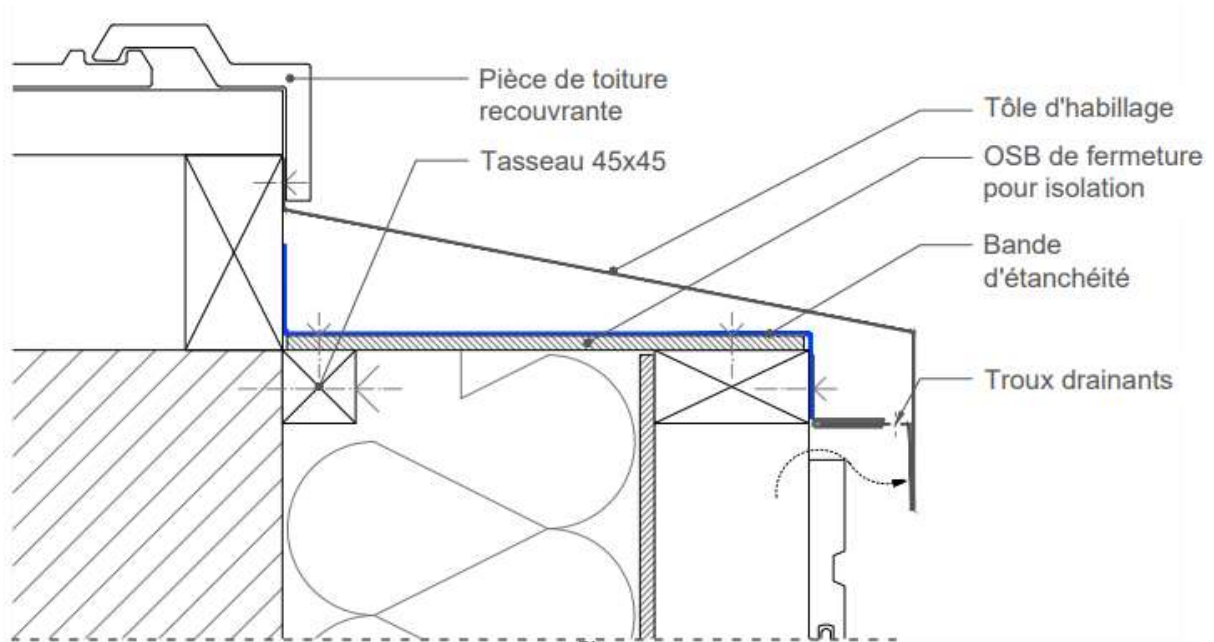


Fig 48. Détail jonction toiture de BYWalli en pignon

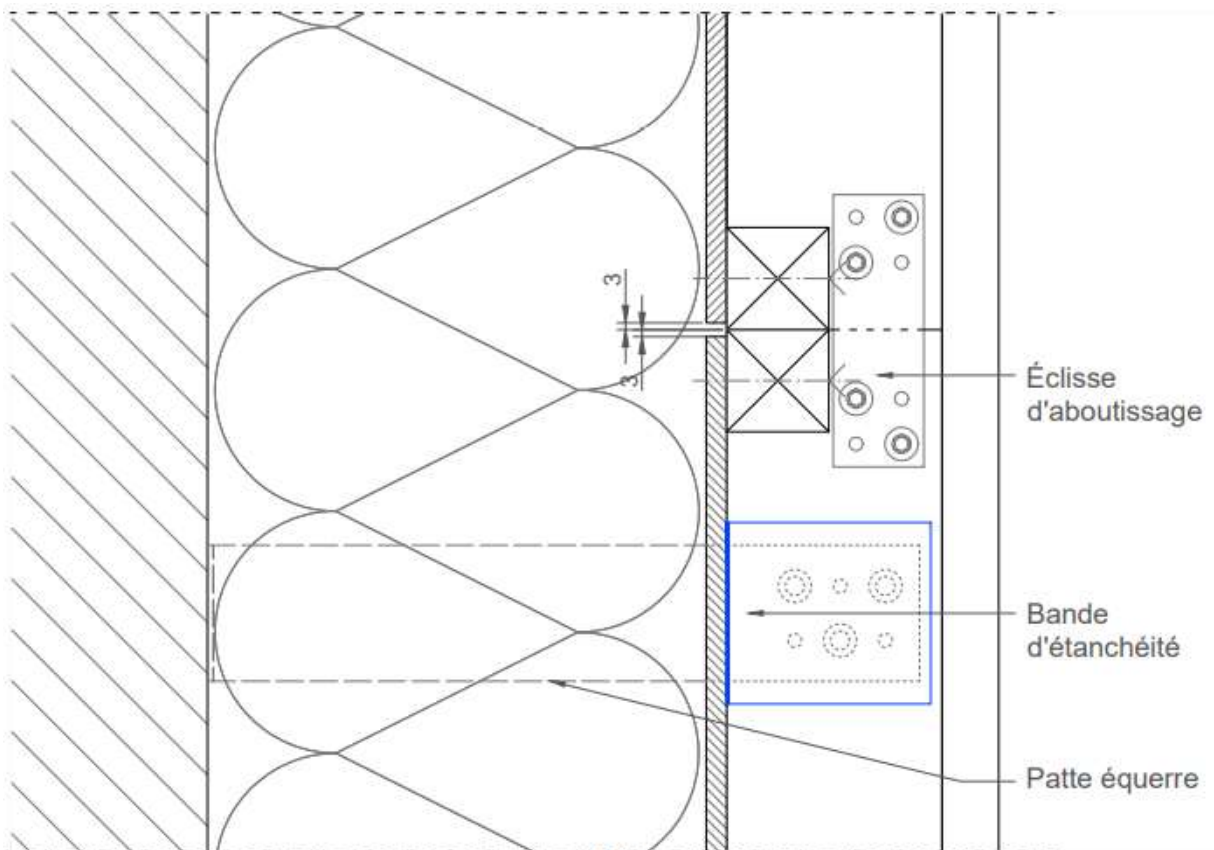


Fig 49. Jonction entre modules et passage de patte équerre

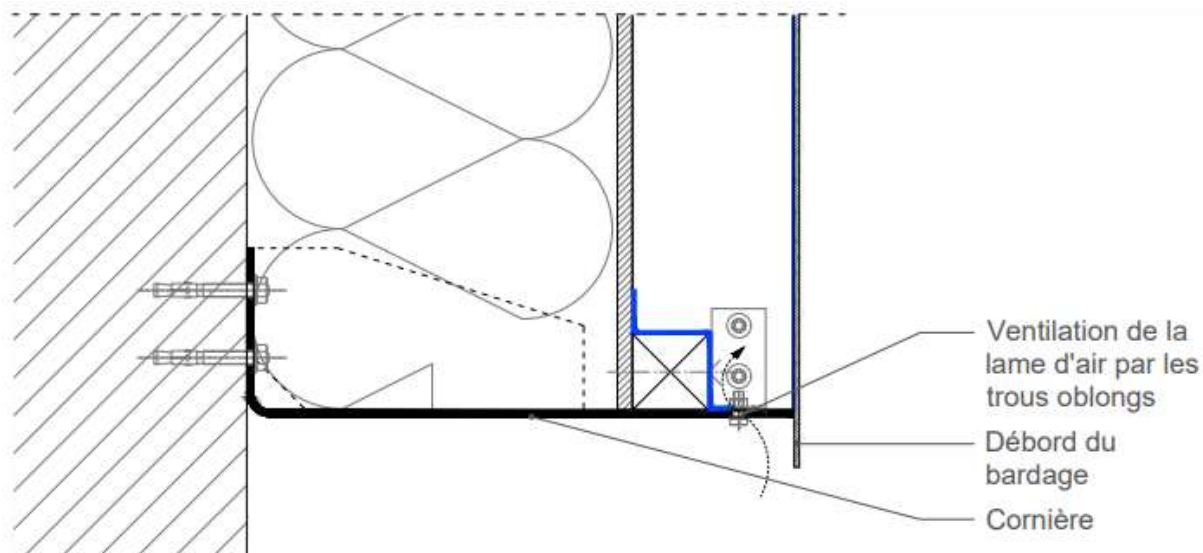


Fig 50. Pied de module – Ventilation par cornière

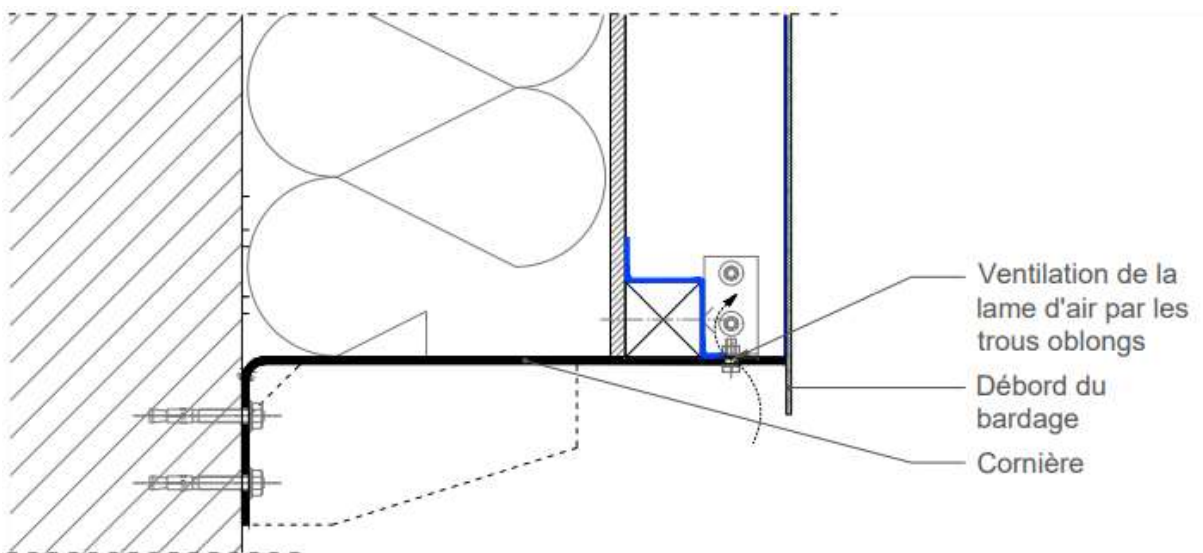


Fig 51. Pied de module – Ventilation par cornière

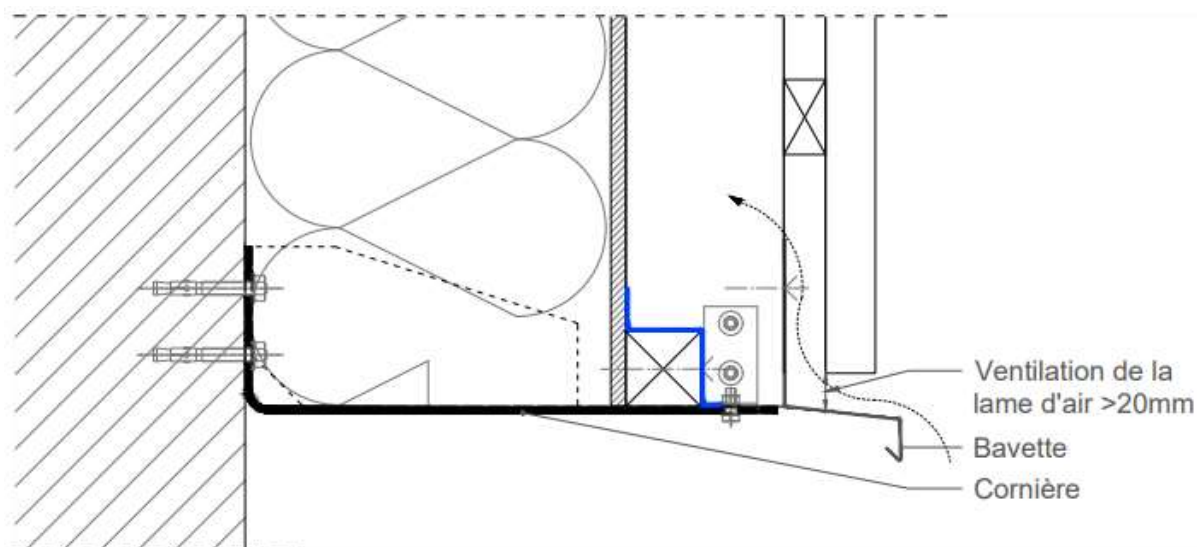


Fig 52. Pied de module – Ventilation pour débord du bardage

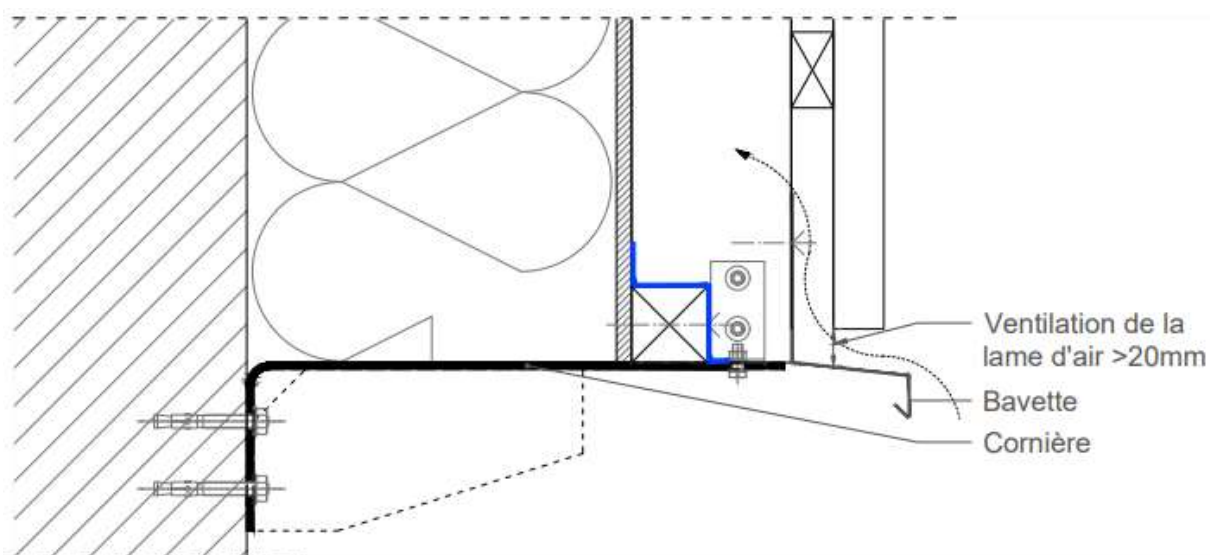


Fig 53. Pied de module – Ventilation pour débord du bardage

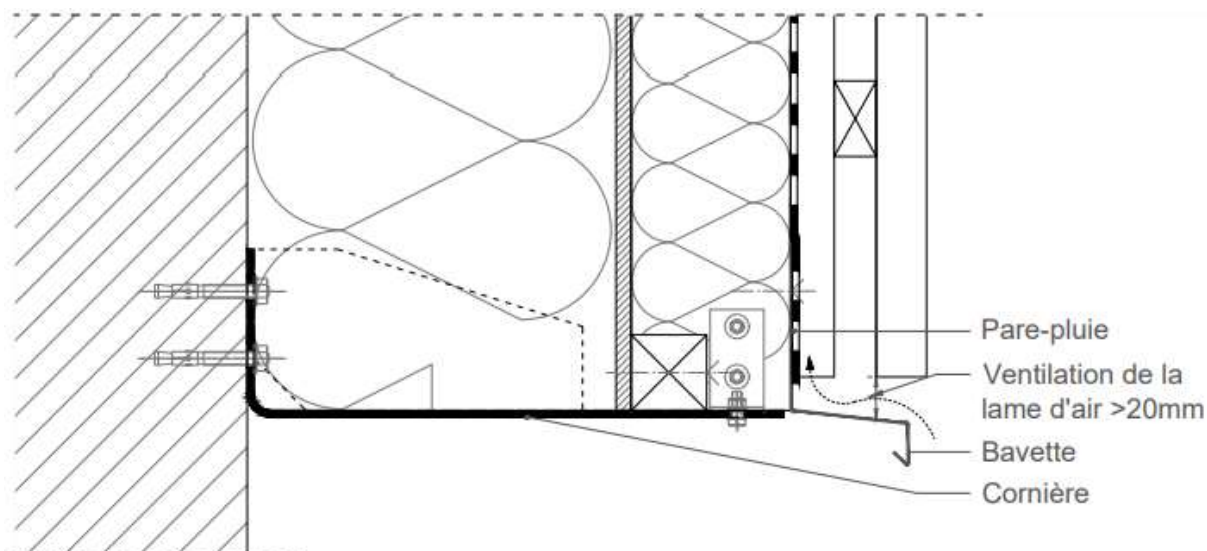


Fig 54. Pied de module – Ventilation par tasseaux de fixation du pare-pluie

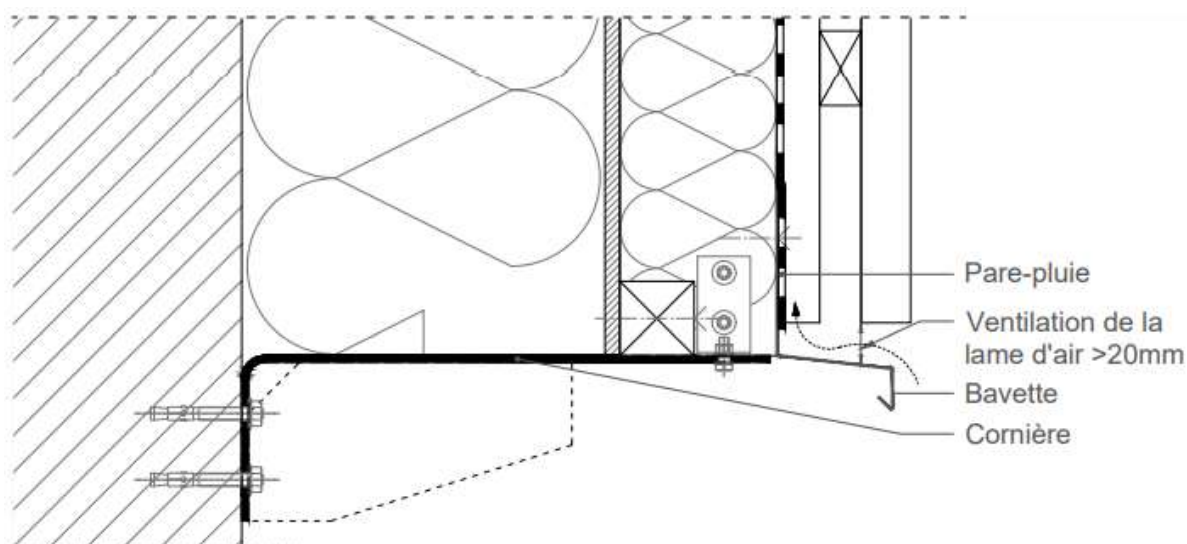


Fig 55. Pied de module – Ventilation par tasseaux de fixation du pare-pluie

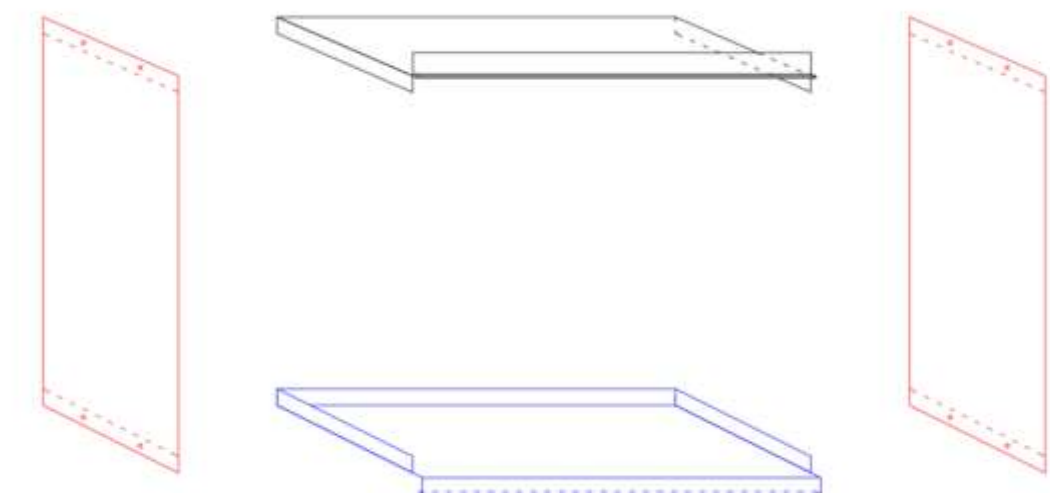


Fig 56. Vue éclatée – Encadrement de baie

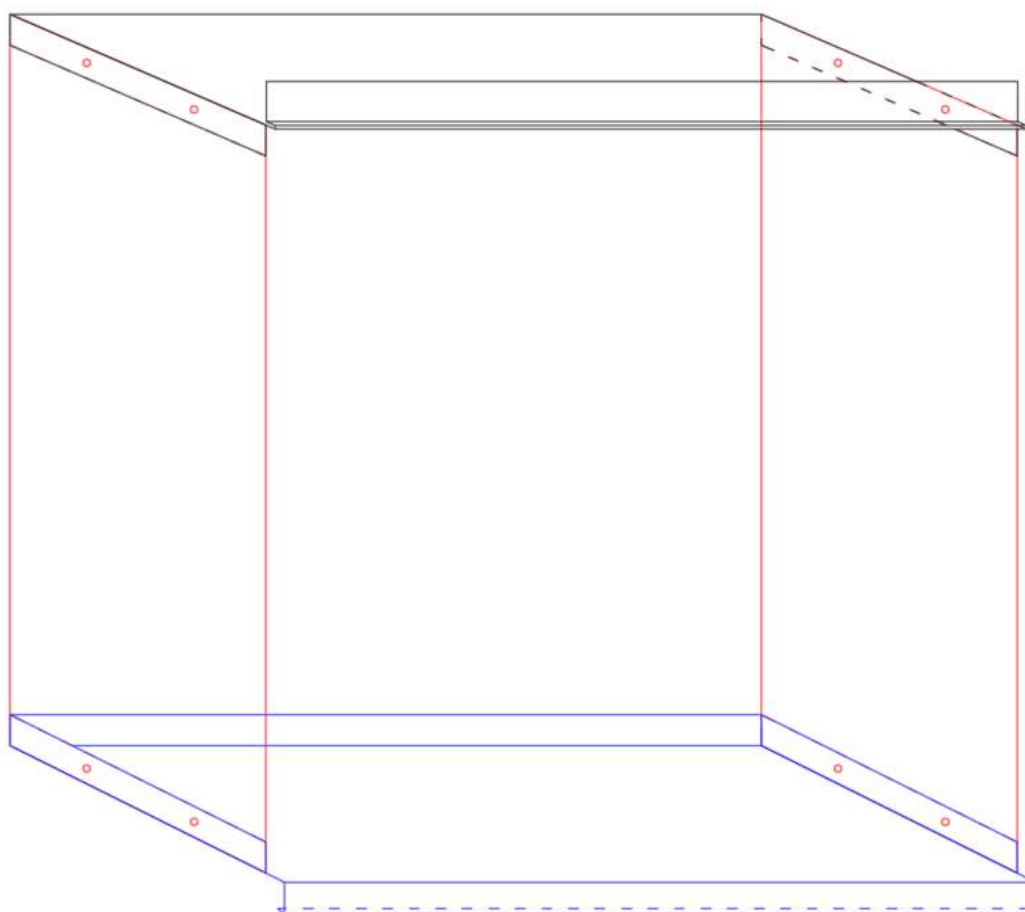


Fig 57. Vue assemblée – Encadrement de baie

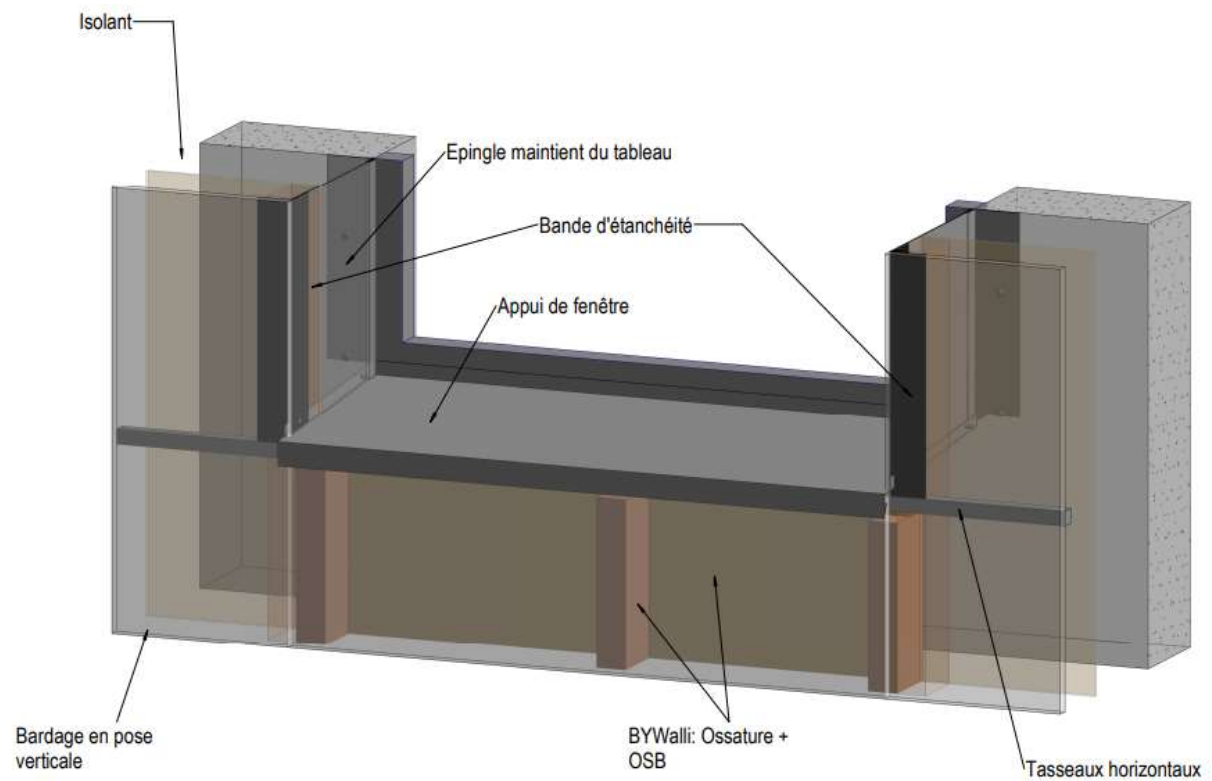


Fig 58. Vue 3D – Appui de fenêtre

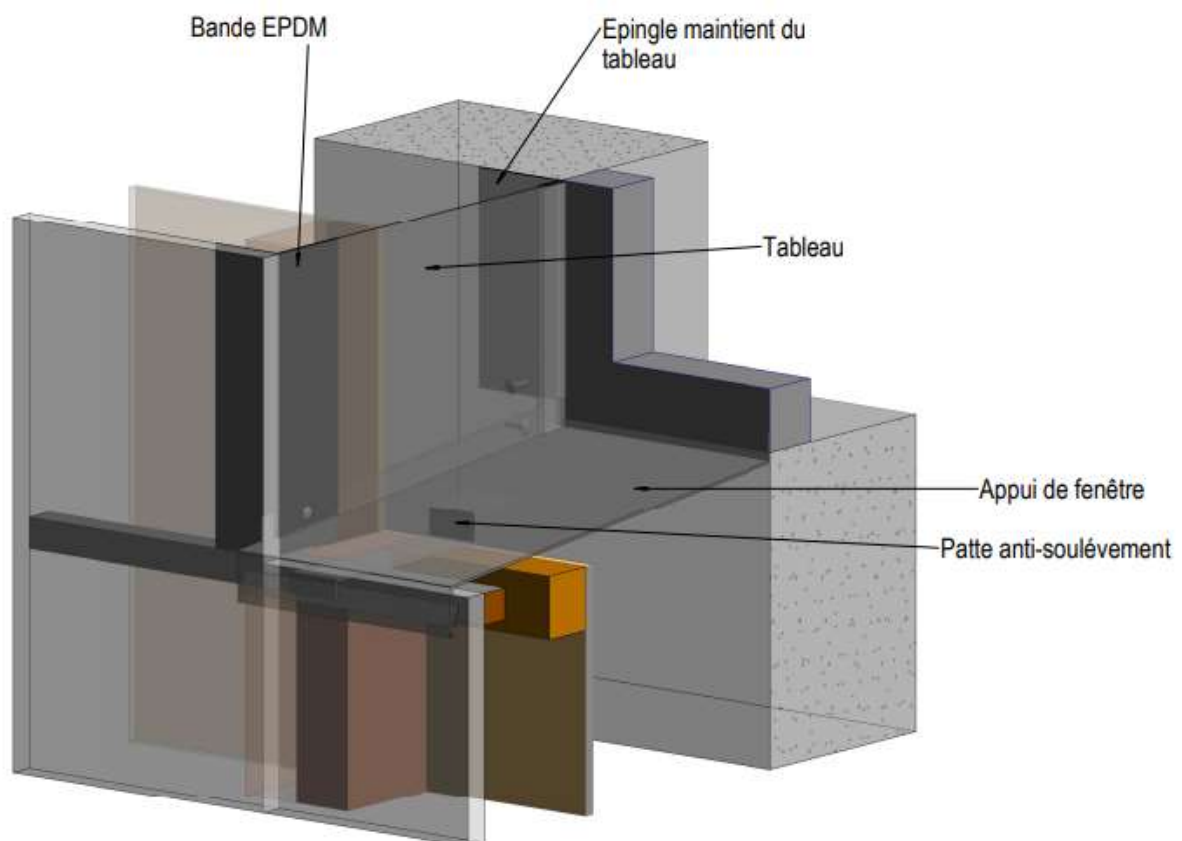


Fig 59. Vue 3D en coupe – Appui de fenêtre

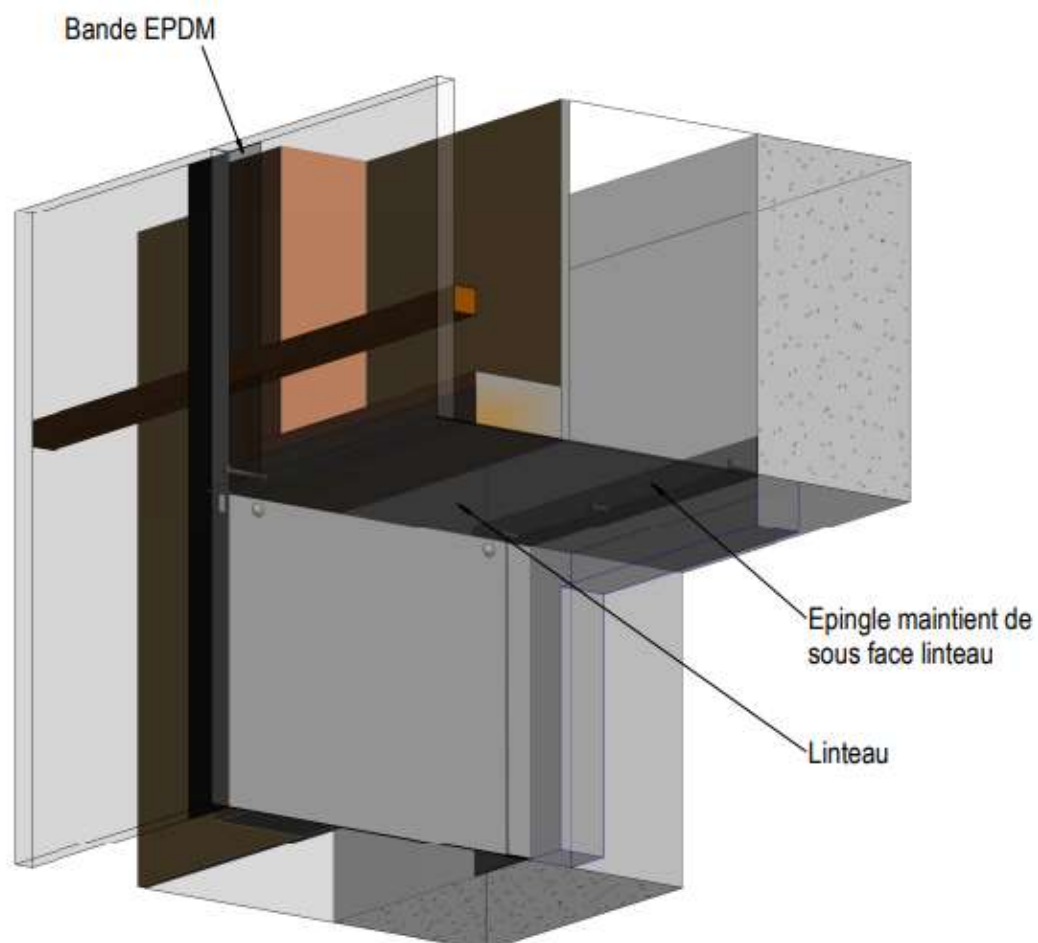


Fig 60. Vue 3D en coupe – Linteau avec chevêtre à plat

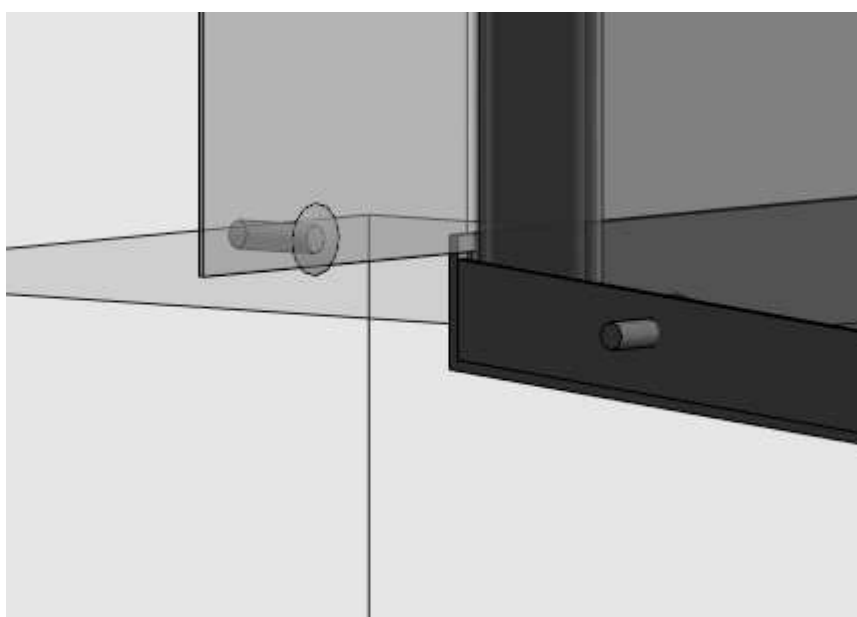


Fig 61. Zoom gestion des angles bas – Encadrement de baie

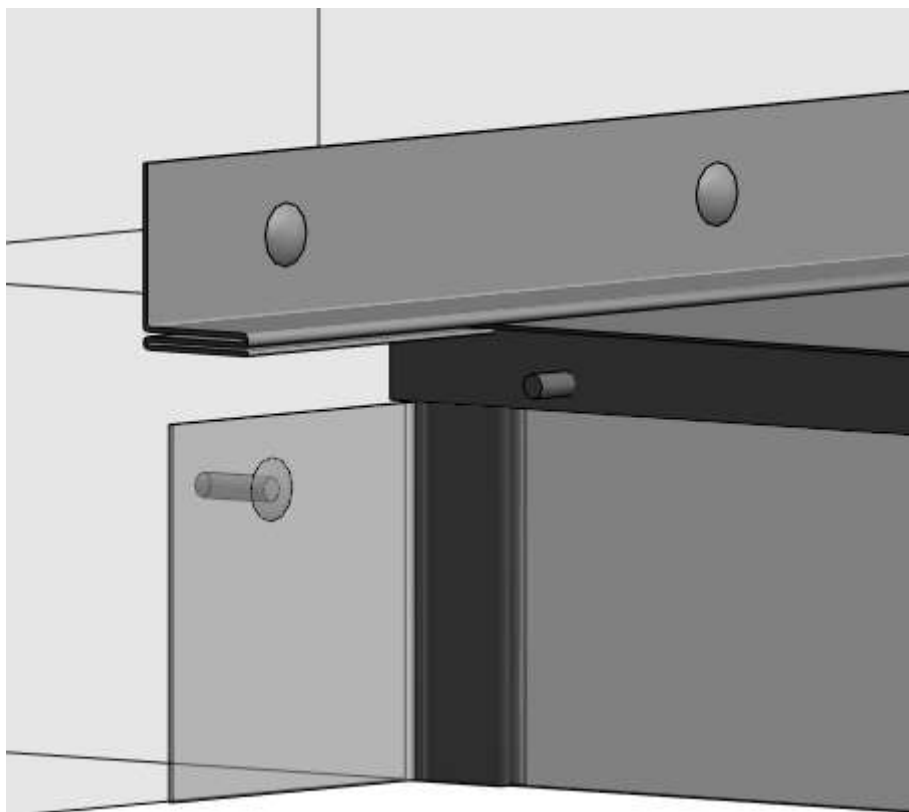


Fig 62. Zoom gestion des angles hauts – Encadrement de baie

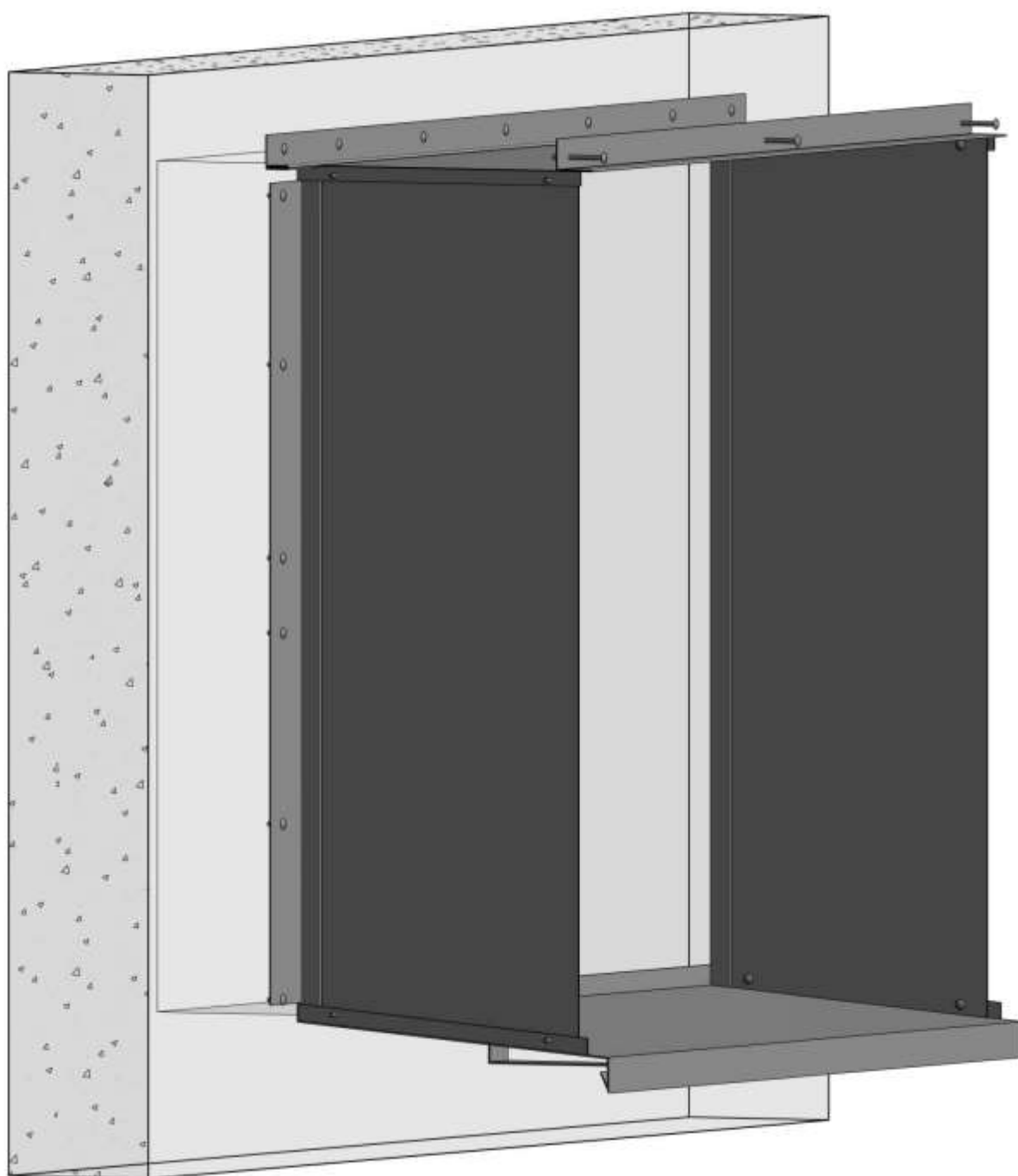


Fig 63. Vue 3D assemblée – Encadrement de baie

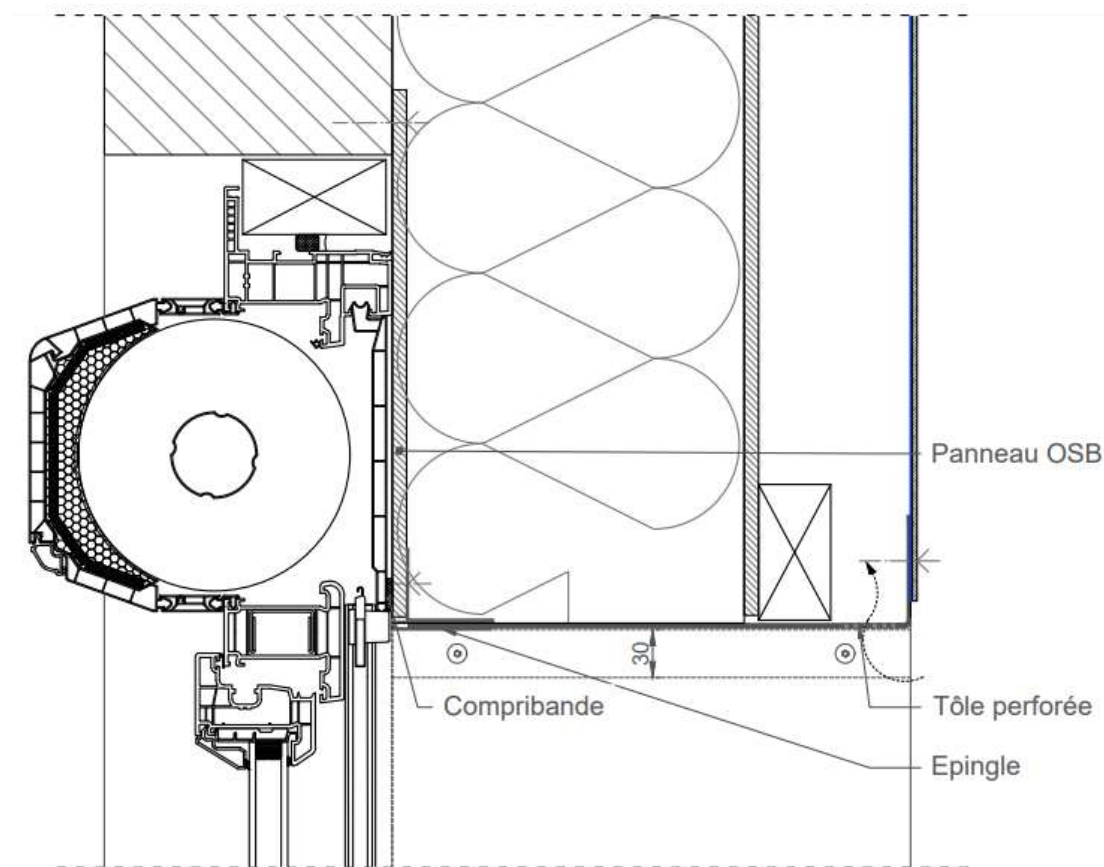


Fig 64. Vue en coupe – Ventilation par chevêtre vertical

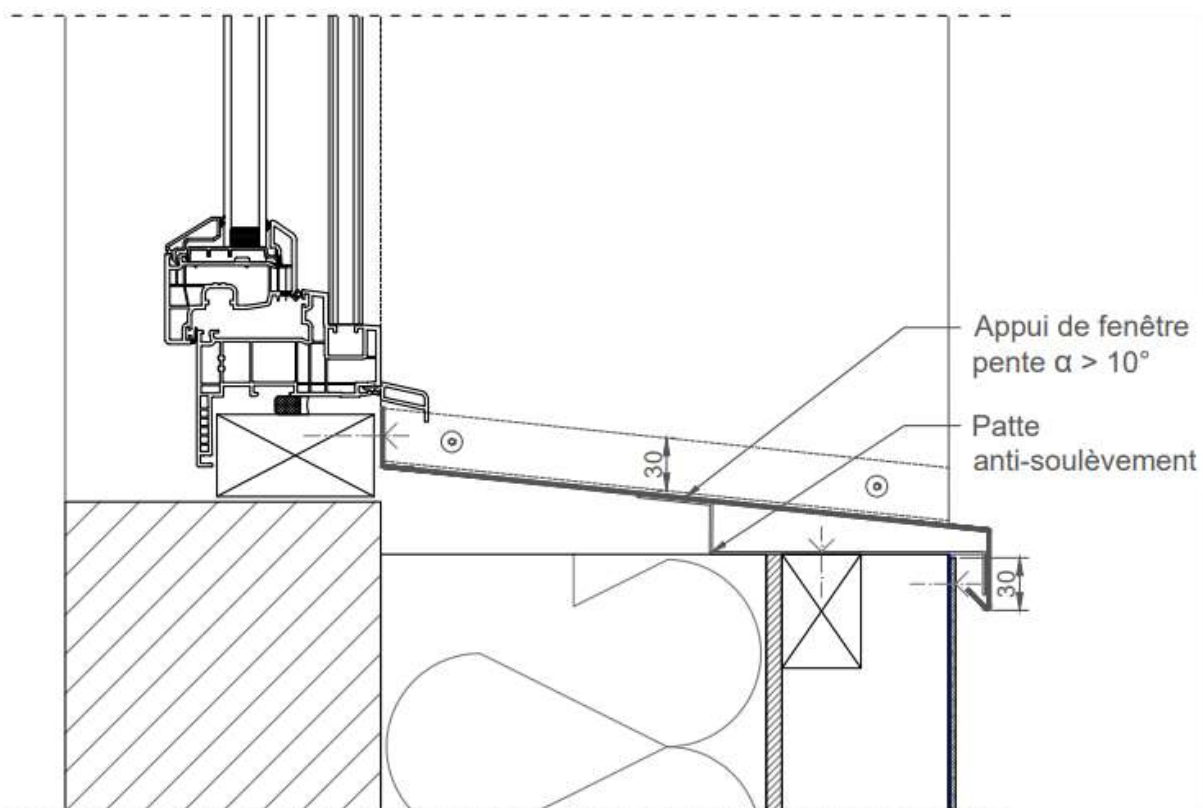


Fig 65. Vue en coupe – Appui de fenêtre sans ossature secondaire



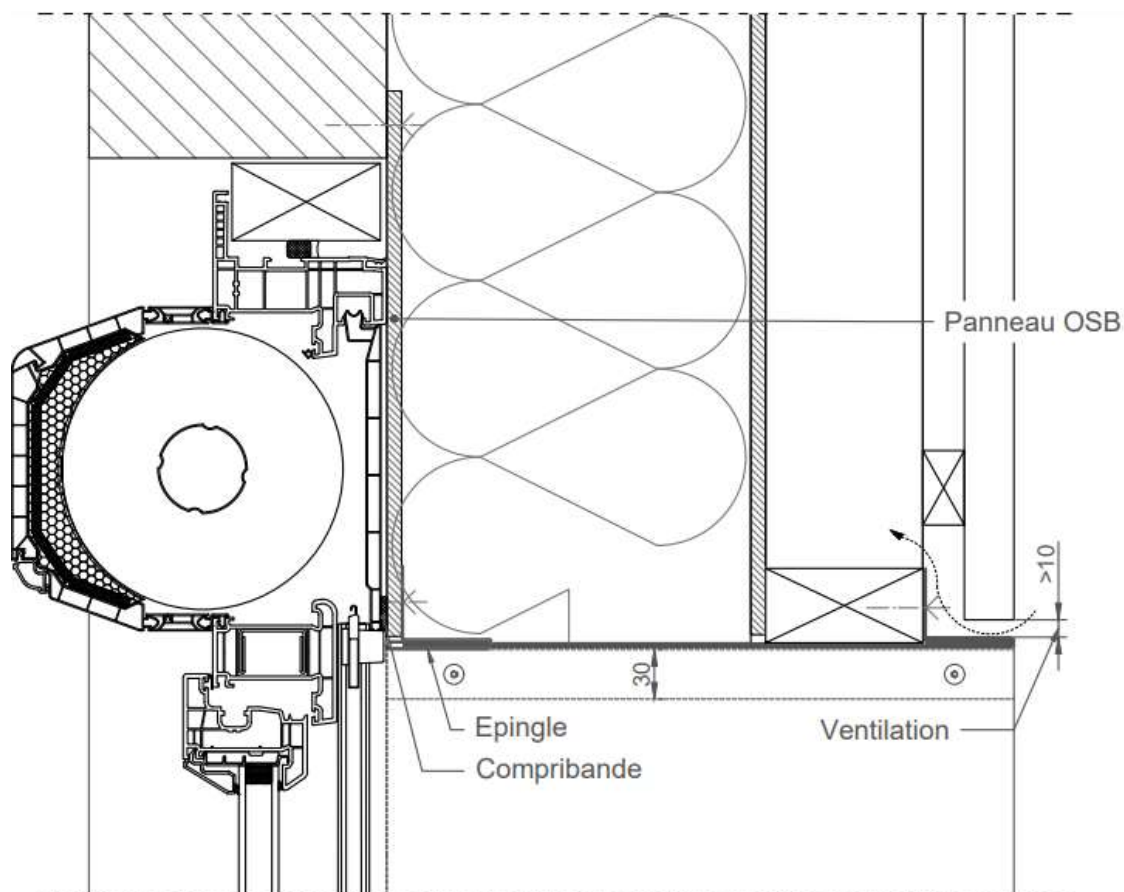


Fig 66. Vue en coupe – Ventilation par ossature secondaire

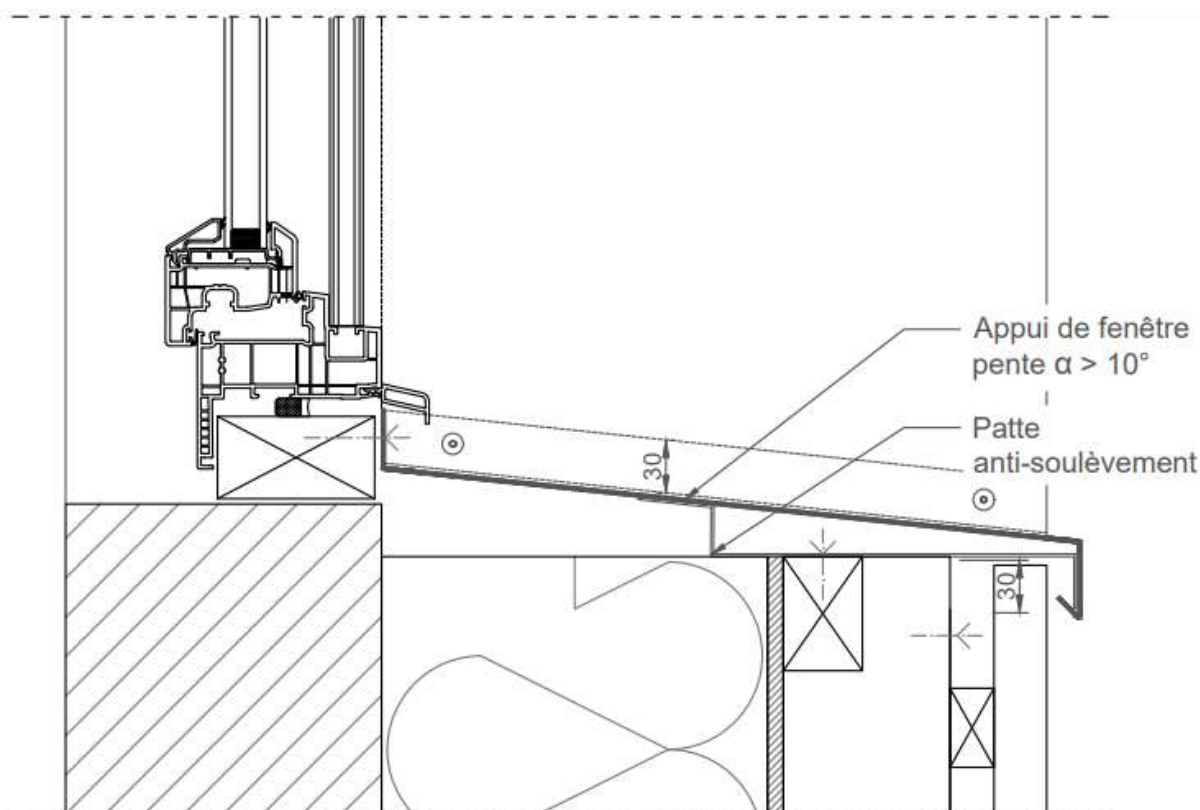


Fig 67. Vue en coupe – Appui de fenêtre avec ossature secondaire



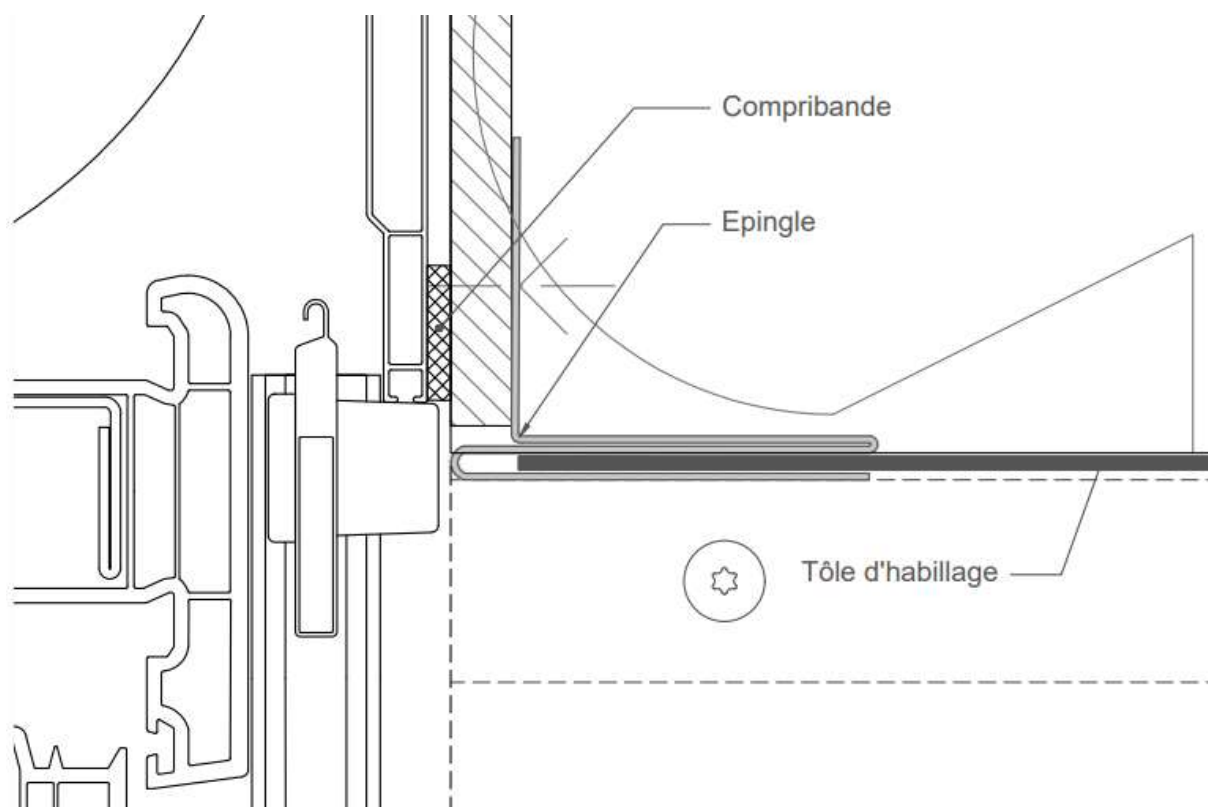


Fig 68. Zoom épingle de linteau

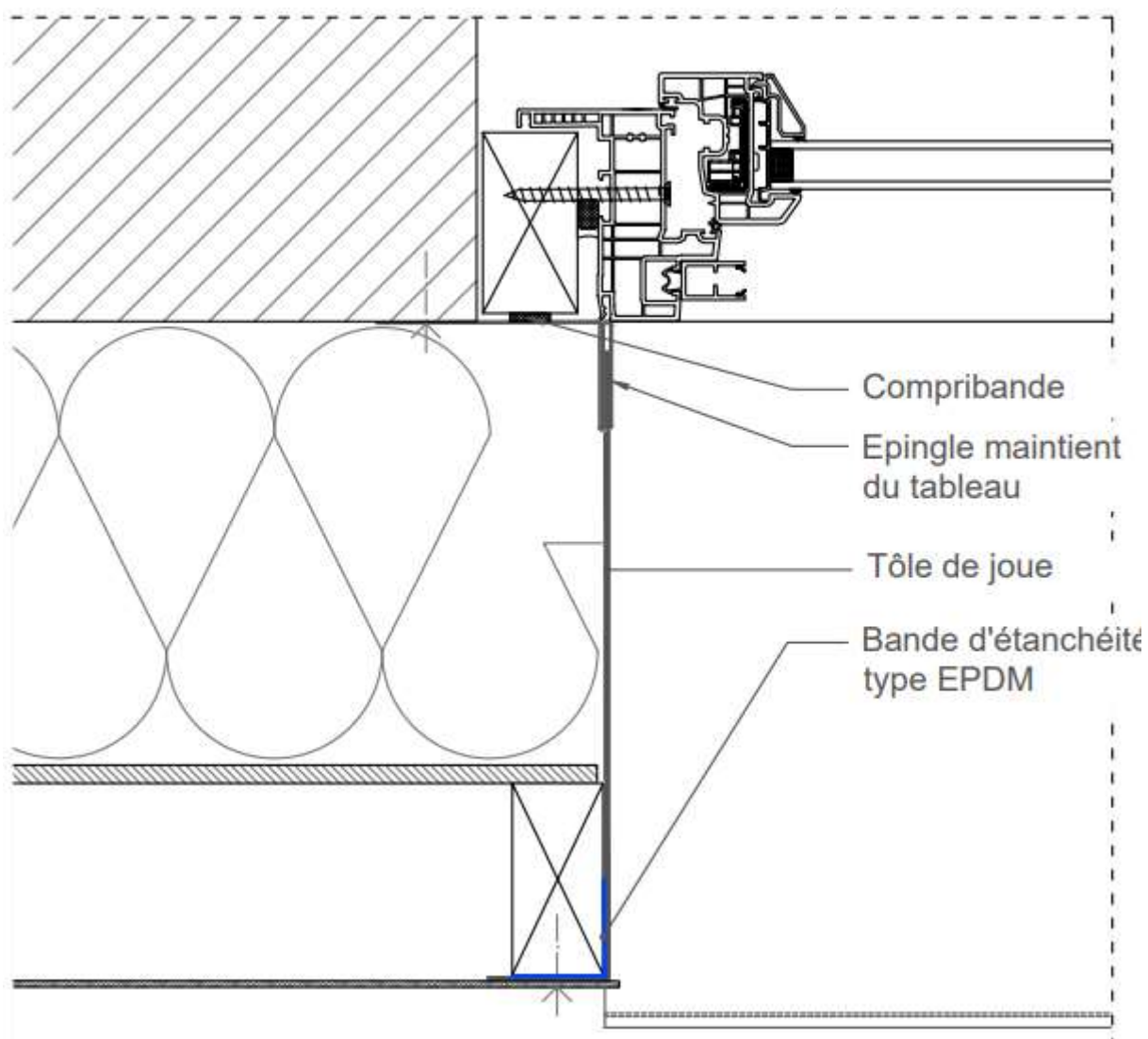


Fig 69. Vue en coupe – Tôle de joue

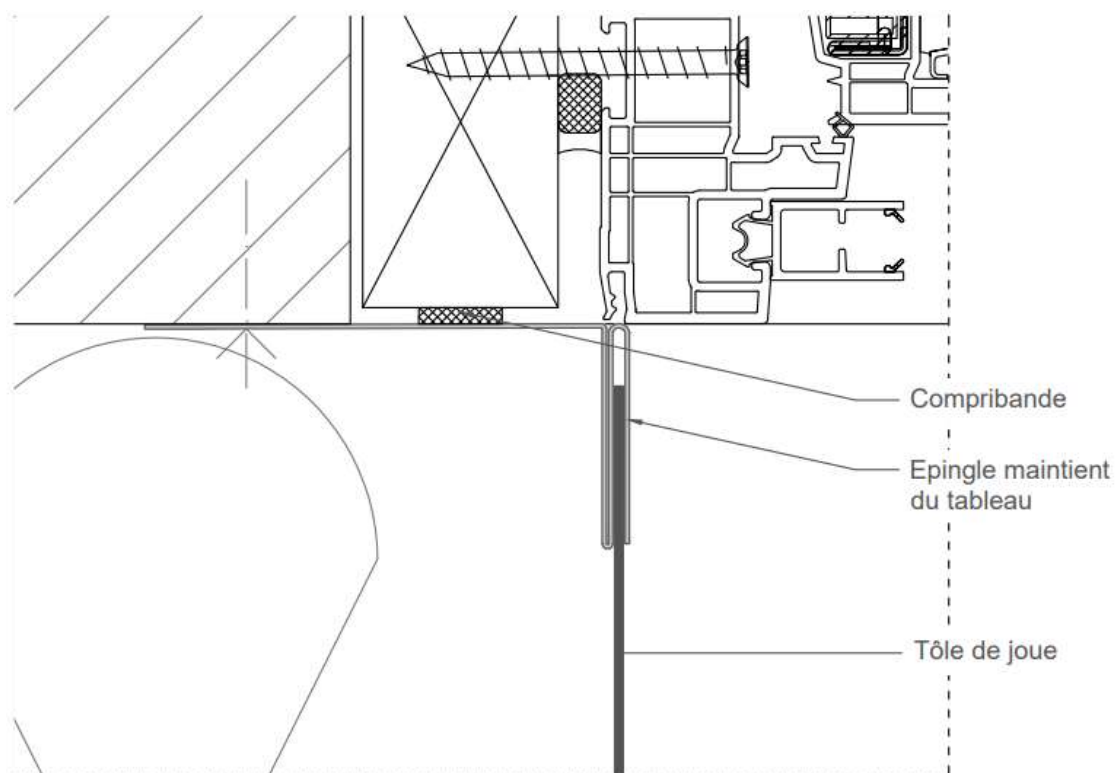


Fig 70. Zoom épingle – Tôle de joue

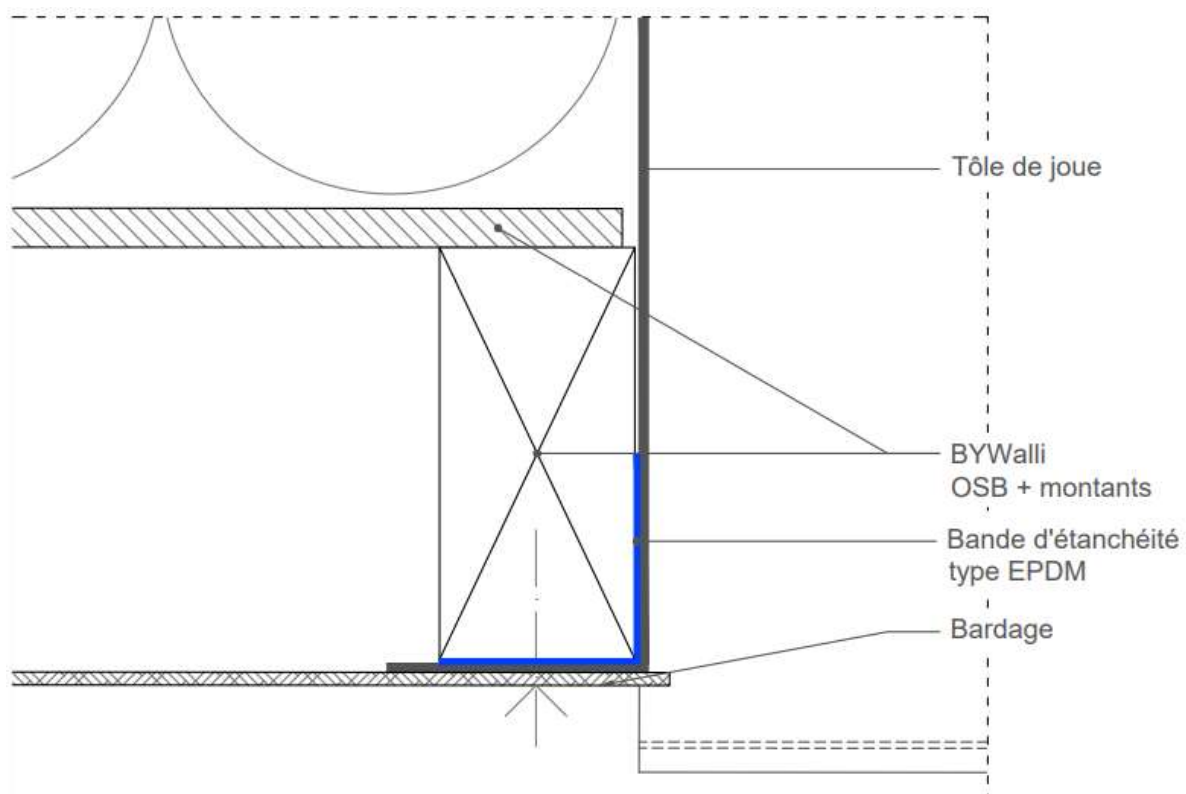


Fig 71. Zoom étanchéité – Tôle de joue

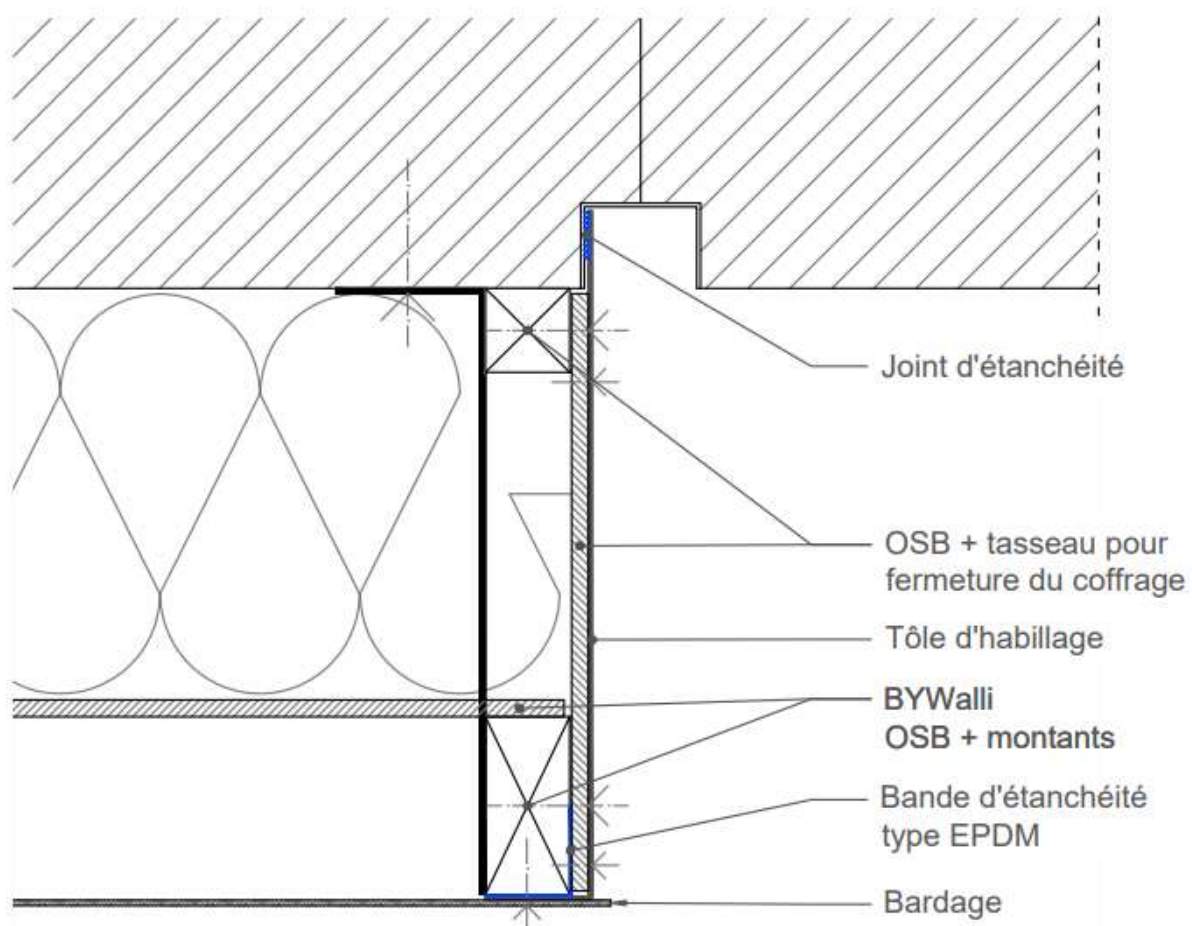


Fig 72. Arrêt de BYWalli

7. Entretien

L'entretien, le nettoyage et le remplacement des panneaux de bardage se fera dans les conditions prescrites par le référentiel associé à ce bardage.

8. Assistances techniques

Lors d'une fabrication des modules de BYWalli par une entreprise spécialisée dans la fabrication d'ossatures bois, Bouygues Construction pourra apporter, sur demande, son assistance technique. Si l'entreprise n'est pas formée, alors une formation est prévue au démarrage du chantier et formalisée par une attestation nominative.

De même, concernant la pose, si celle-ci n'est pas réalisée par l'entreprise Bouygues Construction, cette dernière pourra apporter son assistance technique.

Afin d'assurer la bonne insufflation du système, celle-ci devra être faite par une entreprise spécialisée dans ce type d'ouvrage.

9. Principes et contrôles des modules BYWalli

9.1. Fabrication

- Contrôle qualité et quantité des bois et modules à la réception
- Contrôle taille, qualité, quantité et étiquetage des modules fabriqués
- Contrôle des gabarits
- Contrôle des équipes de contrôles, de mesures et d'essais

Le détail et suivi de ces contrôles est détaillé dans le PAQ en Annexe 2.1, audité par le CSTB.

Les unités de fabrication font l'objet d'un suivi externe par le CSTB.

9.2. Réception et pose des modules

- Contrôle de l'adéquation entre le panneau, sa fiche de pose et le logement réhabilité
- Contrôle du taux d'humidité des modules à la réception
- Contrôle des dimensions des modules
- Contrôle de la position et l'horizontalité de la cornière à la suite de la pose
- Conformité des fixations utilisées avec le calcul réalisé par le Bureau d'Etude
- Contrôle des modules Bywalli (cintrage, coups...)
- Contrôle de l'aplomb de la structure posée
- Contrôle du nombre et de la position des pattes équerre et éclisse

La fiche de suivi de ces contrôles se trouve en Annexe 2.2.



10. Résultats expérimentaux

- Insufflation d'un démonstrateur 6mx3mx0.36m en présence du CSTB

Laine de coton :

- Rapport d'essai fongique THOR (Annexe 4.2.5)
- Euroclasse E (Annexe 4.2.7)
- Rapport d'essai de tassement par variation hygrothermique (Annexe 4.2.6)
- Rapport d'essai d'absorption d'eau à court terme (Annexe 4.2.9)
- Rapport d'essai d'absorption d'eau à long terme (Annexe 4.2.10)
- Rapport d'essai étanchéité BYWalli (Annexe 4.2.8)



11. Annexes

Annexe 1.1.1 – Règles de conception

Annexe 1.1.2 – Abaque montants

Annexe 1.1.3 – Abaque linteau

Annexe 1.1.4 – Abaque de dimensionnement de la cornière à l'endroit

Annexe 1.1.5 – Abaque de dimensionnement de la cornière à l'envers

Annexe 1.1.6 – Compte rendu d'essai sur la cornière à l'endroit

Annexe 1.1.7 – Compte rendu d'essai sur la cornière à l'envers

Annexe 1.1.8 – Récapitulatif des exigences réglementaires

Annexe 1.2.1 – Rapport d'essai Baraco

Annexe 1.2.2 – ETA 01-0014 - Baraco

Annexe 1.2.3 – Rapport d'essai MP3

Annexe 1.2.4 – ETA 09-0067 MP3

Annexe 1.2.5 – Rapport d'essai Hilti

Annexe 1.2.6 – ETA 14-0009 HAS U A4 Hilti

Annexe 2.1 – PAQ

Annexe 2.2 – Fiche de suivi du contrôle qualité d'exécution et traçabilité de la pose des BYWalli

Annexe 2.3 – Fiche de suivi du contrôle qualité d'exécution et traçabilité de l'insufflation

Annexe 3.1.1 – Accord Piveteau

Annexe 3.1.2 – Accord Arcelor

Annexe 3.1.3 – Accord Sanselmo

Annexe 3.1.4 – Accord Etex Equitone

Annexe 3.1.5 – Accord Cembrit

Annexe 3.2.1 – Accord KNAUF

Annexe 4.1.1 – Fiche Technique Tremolo Piveteau

Annexe 4.1.2 – Fiche Technique Frequence Arcelor

Annexe 4.1.3 – Fiche Technique Isis Creneo Arcelor

Annexe 4.1.4 – Fiche Technique ST300Arcelor

Annexe 4.1.5 – Fiche Technique ST500 Arcelor

Annexe 4.1.6 – Fiche Technique Skin Sanselmo



Annexe 4.1.7 – Fiche Technique Equitone Etex

Annexe 4.1.8 – Fiche Technique Patina Cembrit

Annexe 4.2.1 – DTA Supafil Cavity Wall

Annexe 4.2.2 – ACERMI Supafil Cavity Wall

Annexe 4.2.3 – DoP Cavity Wall

Annexe 4.2.4 – Rapport d’essai étanchéité BYWalli

Annexe 4.3.1 – Fiche Technique Bois

Annexe 4.3.2 – Fiches Techniques OSB

Annexe 4.3.3 – Certificat OSB3 SWISSKRONO

Annexe 4.4.1 – Dossier technique DOERKEN DELTA FASSADE

Annexe 4.4.2 – Fiche_technique_DELTA-SB_60

Annexe 4.4.3 – Fiche-technique-DELTA-FASSADE-20-PLUS

Annexe 4.4.4 – Fiche-technique-DELTA-FLEXX-BAND-F100

Annexe 4.5 – Fiche technique Etanco Isolco 3000 P2

Annexe 4.6.1 – Fiche Technique bande EPDM SIGA

Annexe 4.6.2 – Fiche Technique bande EPDM SALOLA

Annexe 5 – Compte rendu de l’étude WUFI

Fin du rapport

