APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3152_V1

ATEx de cas a

Validité du 07/02/2023 au 31/05/2026

Copyright : Société CCB Greentech

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 CCB GREENTECH
515 Route de Marcollin
38 270 BEAUREPAIRE

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3152_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur la mise en œuvre d'un procédé d'éléments non porteurs de façade en panneaux à base de béton de bois. Les panneaux de façade FP2 permettent une pose en autoportant et les panneaux FP3 permettent une pose en façade indépendante.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 07/02/2023 le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEx ci-dessous définie :

- demandeur : Société CCB GREENTECH
- technique objet de l'expérimentation : mise en œuvre en façade non porteuse de panneaux constitués de béton de bois.

  Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEx 3152_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 **31/05/2026**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées au §4.*

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

Les panneaux de façade en béton de bois ne participent pas à la stabilité du bâtiment, laquelle incombe à la structure porteuse de l'ouvrage. La stabilité propre des panneaux en béton de bois, FP2 et FP3, sous sollicitations climatiques et de poids propre est correctement assurée.

1.2 - Sécurité des intervenants

- Sécurité des ouvriers : La mise en œuvre des panneaux fait appel à des méthodes usuelles d'approvisionnement des matériaux et d'équipement des ouvriers pour des travaux nécessitant des interventions en hauteur.
- Sécurité des usagers : la sécurité vis-à-vis des risques de chute est correctement assurée par les panneaux FP2 et FP3. La sécurité vis-à-vis des chutes de personnes doit être justifiée expérimentalement pour chaque chantier au niveau des menuiseries dans le cas où celles-ci assurent la fonction garde-corps.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Les panneaux FP3 ont fait l'objet d'un PV de classement au feu, REI 120 (PV réf. RS21-011/A du CSTB). La réaction au feu des panneaux TimberRoc fait l'objet d'un PV de classement (classement A2-s1,d0 pour les épaisseurs de 160 mm à 400 mm) (PV n°EFR-21-004492-révision1 d'Efectis).

Les procédés de façade FP2 et FP3 ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire n°EFR-21-004492-révision1 pour la participation à l'indice C avec les limitations suivantes :

- « La tenue au feu des liaisons façade/plancher doit être justifiée pour le degré de stabilité au feu requis pour la structure » - §3.2.2.3 de l'appréciation de laboratoire ;
- « Menuiseries en applique intérieure ou en feuillure intérieure » - §3.2.3 de l'appréciation de laboratoire.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

Les façades sont préfabriquées par la société CCB GREENTECH ou par des sociétés sous licence. Le plan d'assurance qualité, ainsi que les procédures de contrôles réalisés en cours de fabrication, permettent de compter sur une constance de qualité suffisante.

2.2 – Mise en œuvre

Le levage des panneaux de façade doit être réalisé par des personnes qualifiées. Les panneaux sont stabilisés en phase provisoire par des étais tirant/poussant. Les procédures de contrôles réalisés en cours de mise en œuvre permettent de compter sur une constance de qualité suffisante.

3°) Risques de désordres

Les risques de condensation dans la paroi sont limités du fait de la modélisation des transferts hygrothermiques dans les parois. Certaines configurations font apparaitre très ponctuellement, une humidité dépassant 98% mais restant inférieure à 100% dans l'enduit à la chaux. Dans le cas de la mise en œuvre d'un ETICS avec isolant biosourcé, il est recommandé de mettre une membrane pare-vapeur dont la valeur s_d est supérieure à 90m.

4°) Recommandations

Il est recommandé pour chaque chantier de :

- Fournir les plans d'exécution et de détails ;
- Fournir les plans de calepinage des panneaux de façade en béton de bois ;
- Fournir la note d'hypothèse et la note de calcul des façades sous sollicitations climatiques, poids propre et d'exploitation ;
- Fournir les notes de calcul des systèmes de fixations ;
- Justifier la compatibilité des déformations entre les panneaux de façade et l'ossature support ;
- Fournir les rapports d'essais de la sécurité aux chutes des personnes (M50/900Joules) dans le cas où la menuiserie assure la fonction de garde-corps ;
- Fournir le plan d'assurance qualité précisant l'ensemble des contrôles et des procédures assurant une parfaite mise en œuvre.

5°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations 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,

Aurélie BAREILLE

Le présent document comporte 143 pages dont deux annexes ; il ne peut en être fait état qu'in extenso.

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : Société CCB GREENTECH
515 Route de Marcollin
38 270 BEAUREPAIRE

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Il s'agit d'un procédé de panneaux de façade en béton de bois non porteurs, panneaux FP2 et FP3. Ils sont composés d'un béton de bois TimberRoc à base d'un béton à matrice ciment et granulats bois. Les panneaux sont destinés à recevoir un revêtement extérieur de type bardage ventilé, ETICS ou enduit chaux, un doublage intérieur et des menuiseries extérieures.

Les panneaux de façade FP2 permettent de réaliser des façades autoportantes qui reposent en pied et qui sont fixées sur chaque nez de dalle pour reprendre les efforts liés aux vents (chaque niveau repose sur celui du dessous).

Les panneaux de façade FP3 permettent de réaliser des façades indépendantes qui reposent sur les nez de dalle à chaque niveau.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3152_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 138 pages.

Panneaux de façade FP2 et FP3 en béton de bois (TimberRoc)

« Dossier technique établi par le demandeur »

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

Datée du 17 avril 2023

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEx 3152_V1.

Dossier Technique ATEx de cas A n° 3152_V1

Panneaux de façades rideaux FP2 et FP3 en béton de bois (TimberRoc)

Société CCB GREENTECH

515 Route de Marcollin

38270 BEAUREPAIRE

Dossier Technique

Version n°1 en date du 17 avril 2023

A. Description 6

1. Principe et domaine d'emploi des façades rideaux FP2 et FP3 6

1.1. Présentation 6

1.2. Domaine d'emploi 7

2. Identification et marquage 8

3. Matériaux, produits et composants 9

3.1. Béton de granulats de bois et de ciments/chaux 9

3.2. Mortier de semelle 9

3.3. Mortier de pose 9

3.4. Produits d'isolation et de désolidarisation 10

3.5. Produits d'étanchéités à l'eau et à l'air 10

3.5.1. Cas des panneaux recevant un revêtement extérieur ventilé 10

3.5.2. Cas des panneaux recevant un revêtement extérieur de type enduit 11

3.5.3. Complément d'étanchéité à l'eau et à l'air 11

3.6. Produits d'étanchéité intérieure à l'air entre logements mitoyens (superposés ou adjacents) 11

3.7. Dispositifs d'assemblage 12

3.7.1. Systèmes d'ancrages 12

3.7.2. Organes d'assemblage 14

3.8. Eléments rapportés 15

3.8.1. Menuiseries extérieures 15

3.8.2. Revêtements extérieurs 15

3.8.3. Pièces d'appui de menuiserie 15

3.8.4. Précadres d'habillage extérieurs 16

3.8.5. Parements intérieurs 19

4. Description des panneaux TimberRoc 19

4.1. Géométrie et conception 19

4.2. Tolérance de fabrication 20

4.3. Caractéristiques physiques des panneaux TimberRoc 20
4.3.1. Masse surfacique 20
4.3.2. Coefficients de conduction thermique 20
4.3.3. Affaiblissements acoustiques 21
4.3.4. Durabilité 21
5. Sécurité intérieure 21
6. Sécurité incendie 21
6.1. Durées de résistance au feu 21
6.2. Réaction au feu 21
6.3. Dispositions de mise en œuvre dans le cas de l'application de la règle « C+D » 21
6.3.1. Traitement du calfeutrement en nez de dalle et entre panneaux 21
6.3.2. Limitation de la propagation en façade en fonction du revêtement extérieur 22
6.3.3. Traitement des embrasures 24
6.4. Masse combustible mobilisable 26
7. Justification mécanique 26
7.1. Contraintes de conception des panneaux 26
7.2. Propriétés mécaniques du béton de bois TimberRoc 27
7.3. Résistances caractéristiques des équerres d'ancrage 27
7.4. Méthodologie de dimensionnement des panneaux TimberRoc 28
7.4.1. Références normatives 28
7.4.2. Dimensionnement aux états limites 28
7.5. Abaques de prédimensionnement des panneaux TimberRoc 30
7.6. Résistance mécanique du système de levage 33
7.7. Linteaux 34
8. Comportement en zone sismique 36
9. Fabrication et contrôles des panneaux TimberRoc 37
9.1. Etapes de fabrication des panneaux TimberRoc 37
9.2. Contrôles qualité interne 39
9.3. Contrôles qualité externe 39
10. Mise en œuvre des panneaux de façades sur chantier 40

10.1. Consignes générales 41
10.2. Protection en cours de montage des panneaux 41
10.3. Tolérances d'exécution de la structure porteuse 41
10.4. Déformations admissibles de la structure porteuse 42
10.4.1. Cas des panneaux autoportant FP2 42
10.4.2. Cas des panneaux indépendants FP3 42
10.5. Tolérances de mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc 43
10.6. Mise en œuvre des panneaux de façade autoportants (FP2) 43
10.6.1. Principe général de pose 43
10.6.2. Pose des équerres d'ancrage et réglage de l'aplomb 44
10.6.3. Mise en œuvre des bandes isolantes de désolidarisation 44
10.6.4. Assemblage des panneaux en pied de façade (RDC) 44
10.6.5. Assemblage des panneaux de façade des étages supérieurs 44
10.6.6. Traitement des étanchéités au droit des raccords verticaux entre panneaux 45
10.6.7. Traitement des étanchéités au droit des nez de dalle béton (raccords horizontaux entre panneaux) 45
10.7. Mise en œuvre des panneaux de façade indépendants par niveau (FP3) 45
10.7.1. Principe général de pose 45
10.7.2. Assemblage des panneaux en pied de façade (RDC) 46
10.7.3. Pose des fixations supérieures en tête de panneaux 46
10.7.4. Coulage du plancher béton de l'étage N 46
10.7.5. Mise en œuvre des panneaux de façade des étages supérieurs 47
10.7.6. Traitement des étanchéités au droit des raccords verticaux entre panneaux 47
10.7.7. Traitement des étanchéités au droit des nez de dalle béton (raccords horizontaux entre panneaux) 47
10.8. Choix des complexes de murs / revêtements en fonction des expositions à la pluie et au vent 48
10.8.1. Niveau d'exposition à la pluie 48
10.8.2. Types de murs en panneaux FP2/FP3 48
10.8.3. Choix des configurations minimums en panneaux FP2/FP3 51
11. Intégration des menuiseries et traitement des tableaux extérieurs 51

11.1. Prescriptions relatives à la mise en œuvre des menuiseries 51

11.1.1. Cas des revêtements extérieurs non ventilés (enduit ou ETICS)..... 51

11.1.2. Cas des revêtements extérieurs ventilé avec précadre d'habillage à assembler (§3.8.4) 53

11.1.3. Cas des revêtements extérieurs ventilés avec précadre soudé étanche monobloc (§3.8.4) 53

12. Distribution, études et assistance chantier 54

12.1. Distribution 54

12.2. Etudes techniques 55

12.3. Assistance chantier 55

B. Résultats expérimentaux 56

Annexe 1 – Coefficients Uc, Up et Ψ 58

Annexe 2 – Exemples de performances acoustiques 60

Annexe 3 – Sécurité incendie 61

Annexe 4 – Plans équerres d'ancrage 62

Annexe 5 – Règles techniques de conception des panneaux 67

Annexe 6 – Consignes de mise en œuvre d'un pare-pluie souple sur les panneaux TimberRoc 75

Annexe 7 – Fixations par vissage / tirefonds / chevilles dans le béton de bois 83

Figures du Dossier Technique 87

Détails techniques du Dossier Technique 104

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi des façades rideaux FP2 et FP3

1.1. Présentation

Les façades rideaux en béton de bois TimberRoc, destinées à la réalisation de bâtiments neufs ou existants, se composent de panneaux en béton de granulats de bois et de ciments/chaux, préfabriqués en usine et rapportés sur une structure principale autoporteuse en béton.

Les panneaux de façade TimberRoc, d'épaisseurs 160 à 200 mm, sont destinés à recevoir, sur chantier, des parements intérieurs :

- doublage intérieur (tasseaux bois ou rails métalliques et plaques de plâtre),
- contre-cloison désolidarisée (ossature métallique, laine minérale et plaques de plâtre),

et des revêtements extérieurs :

- bardage ventilé sur ossature bois ou métallique, avec ou sans ITE,
- système d'ETICS,
- enduit.

La structure porteuse principale en béton, support des façades rideaux, assure à elle seule la stabilité générale du bâtiment et devra respecter les tolérances d'exécution définies au §10.3.

Les panneaux de façade TimberRoc sont mis en œuvre filants devant la structure porteuse principale, soit dans le cycle du gros œuvre béton ou soit une fois que l'ensemble de la structure principale en béton ait été édifiée. Ils peuvent être rapportés et fixés mécaniquement de deux façons, et ce en fonction de la hauteur du bâtiment :

- cas des panneaux de façades "autoportantes" (façades FP2), mis en œuvre une fois la structure édifiée :
  - ✓ bâtiments dont la hauteur de façade est limitée à R+3,
  - ✓ les panneaux de façade TimberRoc reposent les uns sur les autres, transmettant ainsi l'ensemble des charges verticales aux fondations,
- cas des panneaux de façades indépendantes ancrées par niveaux (façades FP3), mis en œuvre dans le cycle du gros œuvre béton :
  - ✓ tous bâtiments dont le plancher du dernier niveau est à moins de 28 m,
  - ✓ les panneaux de façade TimberRoc transmettent les charges, verticales et horizontales, niveau par niveau aux planchers de la structure principale dont ils dépendent, par l'intermédiaire de fixations spécifiques.

Les panneaux de façade TimberRoc sont fabriqués par la société CCB GREENTECH sur le site de production situé à Beaurepaire (38). La société CCB GREENTECH, à travers l'octroi de licences technologiques d'exploitation, permet à des sociétés partenaires (industriels fabricants licenciés ;

§12.1) de fabriquer les panneaux en béton de bois TimberRoc. Ces derniers s'engagent à respecter les modalités et processus de fabrication établis par la société CCB GREENTECH, ainsi que de se conformer aux contraintes et exigences techniques énoncées dans le présent dossier technique.

1.2. Domaine d'emploi

Le domaine d'emploi revendiqué concerne :

- cas des façades "autoportantes" (façades FP2) :
  - ✓ bâtiments d'habitation de 1ère et 2ème famille,
  - ✓ établissement recevant du public (ERP) de 1ère catégorie dont le plancher du dernier niveau est à moins de 8 m ; et 2ème à 5ème catégorie dont la hauteur est limitée à R+3
  - ✓ bâtiments code du travail,
  - ✓ surélévations et extensions,
  - ✓ France Européenne (métropole + Corse),
  - ✓ zones sismiques en France métropolitaine : 1 et 2 hors bâtiments de catégorie d'importance III et IV,
  - ✓ zones de vent en France métropolitaine de 1 à 4.
- cas des façades indépendantes par niveau (façades FP3) :
  - ✓ bâtiments d'habitation de 1ère à 3ème famille A et B,
  - ✓ établissement recevant du public (ERP) de 1ère catégorie dont le plancher du dernier niveau est à moins de 8 m ; et 2ème à 5ème catégorie dont le plancher bas du dernier niveau est à moins de 28 m,
  - ✓ bâtiments code du travail,
  - ✓ surélévations et extensions,
  - ✓ France Européenne (métropole + Corse),
  - ✓ zones sismiques en France métropolitaine de 1 à 4,
  - ✓ zones de vent en France métropolitaine de 1 à 4.

NOTA : le domaine d'emploi des panneaux de façade TimberRoc, et plus particulièrement la hauteur des façades, pourra être limité par celui des revêtements extérieurs mis en œuvre, tel que mentionné dans leur Avis Technique (ou ATEx de cas A) ou DTU dont ils relèvent.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à faible ou moyenne hygrométrie au sens du Cahier du CSTB n°3567, c'est à dire ceux pour lesquels $W/n \leq 5g/m^3$, avec W = quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur du local par heure ; et n = taux horaire de renouvellement d'air. Cela comprend les locaux, normalement ventilés et chauffés, classés EA et EB comme les chambres, les locaux de bureaux, les couloirs, les cuisines, celliers, WC et les locaux classés EB+ Privatifs tels que les salles de bain, hôtels, sanitaires de bureau. Pour les autres locaux à très forte hygrométrie de type EB+ Collectifs et EC, une étude hygrométrique spécifique devra être réalisée au cas par cas par un bureau d'études / laboratoire.

Sont exclus du domaine d'emploi

- la pose des menuiseries en applique extérieure et en tunnel
- la pose des revêtements extérieurs ventilés sur pates équerre
- la mise en œuvre d'un bardage à claire voie conforme au DTU 41.2 avec une étanchéité à l'eau réalisée avec une membrane pare-pluie souple (seule l'étanchéité à l'eau par enduit d'imperméabilisation est acceptée)
- la pose d'ETICS au-delà du niveau R+3

2. Identification et marquage

La codification des panneaux TimberRoc indiquée sur les étiquettes de livraison et les plans de calepinage de chantier se présente de la façon suivante :

- Nom et coordonnées du site de production
- Référence des agréments techniques
- Numéro / référence de dossier ou d'affaire
- Numéro panneau et référence Plan
- Type de panneaux Porteur CS2
- Nom du projet ou chantier
- Date ou numéro lot de granulats additivés
- Formulation béton de bois F800
- Date de fabrication
- Masse du panneau
- Dimensions caractéristiques du panneau

<u>Exemple de codification :</u>
CCB Greentech – site de Beaurepaire
Agrément technique n°XXX
Panneau 98 – Plan 01A

Affaire :	n°210901
Type :	Panneau FP TimberRoc
Chantier :	Cinéma Beaurepaire
Lot Granulat TimberRoc :	06/10/2021
Formulation :	F800
Fabriqué le :	20/10/2021
Masse théorique :	2146 kg
Dimensions :	392,5 * 305 cm, épaisseur 16cm

3. Matériaux, produits et composants

3.1. Béton de granulats de bois et de ciments/chaux

Les panneaux préfabriqués TimberRoc sont réalisés à partir d'un mortier à base de :

- granulat de bois résineux broyés,
- additifs minéraux,
- chaux,
- ciment CE, CEM I, CEM II 42,5R ou CEMII 52,5R,
- eau.

Le béton de bois mis au point par la société CCB GREENTECH appartient à la famille des bétons légers à matrice cimentaire et charges végétales de forme granulaire.

Le granulat de bois est obtenu à partir de billons de bois bruts résineux provenant de France, écorcés et broyés. Le granulat de bois reçoit ensuite un traitement de minéralisation à base de silice et chaux.

Les caractéristiques principales sont les suivantes :

Matériaux	λ (W/m.K)	ρ_{moyen} (kg/m³)	μ_{moyen} (Coefficient de diffusion de la vapeur d'eau)		α (Coefficient de dilatation thermique)	α (Coefficient de dilatation hygrothermique)	
			coupelle sèche	coupelle humide			
Béton de bois	0,16(1)	850 ± 50	40	8,5	18×10^{-6} *(longueur, largeur et épaisseur)*	0,1% *(longueur et largeur)*	1,5% *(épaisseur)*

(1) Valeur issue du §2.2.6.1 du fascicule « Matériaux » des règles TH-Bat de la RT2012

3.2. Mortier de semelle

Une semelle en mortier est mise en œuvre en périphérie de la première dalle béton sur laquelle repose la première rangée de panneaux TimberRoc. Cette semelle joue un rôle de de coupure de capillarité et de nivellement. Elle est réalisée par un mortier de ciment fortement dosé à raison de 500 à 600 kg/m³ de sable sec 0/2 ou 0/4, additionné d'hydrofuge de masse sur une épaisseur d'environ 2 à 3 cm et une largeur correspondant à l'épaisseur des panneaux TimberRoc.

3.3. Mortier de pose

Les jonctions horizontales entre panneaux (cas des façades FP2) sont réalisées par l'application d'un mortier (figure 10), conforme à la norme NF EN 998-2 pour une utilisation en montage de murs en intérieur et en extérieur conformément au DTU 20.1. (Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - parois et murs).

Ce mortier préparé et mis en œuvre sur le chantier, est de type Porocol Block de MAPEI ou de type mortier renforcé 350 WEBER (ou autre mortier avec des caractéristiques et des performances équivalentes), à raison d'environ 0,5kg de mortier pour 1ml de panneau en 16 cm d'épaisseur. Le mortier présente une propriété d'adhérence de 0,3 MPa minimum (selon la norme EN 998-1).

3.4. Produits d'isolation et de désolidarisation

Des bandes d'isolation en laine de roche sont disposées à l'interface entre les panneaux de façade TimberRoc et la structure principale en béton (figure 5). Ces bandes ont pour rôles :

- de créer une désolidarisation « mécanique » entre les panneaux TimberRoc et la structure porteuse,
- de combler les jeux résiduels (reprise des tolérances d'exécution),
- d'assurer une continuité thermique,
- de réduire les ponts phoniques,
- de garantir une étanchéité au feu (flammes, fumées et gaz chaud) entre logements.

Les bandes de laines de roches ont une densité minimale de ρ=40 kg/m^3 et sont comprimées à 75% de leur épaisseur. Elles sont de type Rockcalm de la société Rockwool, ou autre laine de roche avec des caractéristiques et performances équivalentes.

Dans le cas des panneaux FP3, l'isolant disposé en nez de dalle, servant également de fond de coffrage est une laine de roche rigide, de densité ρ=120 kg/m3, de type Rocksol Expert de la société Rockwool, ou autre laine de roche avec des caractéristiques et performances équivalentes.

3.5. Produits d'étanchéités à l'eau et à l'air

Les solutions techniques d'étanchéités à l'eau et à l'air mises en œuvre sur les panneaux de façade TimberRoc, permettent d'atteindre un classement AEV (selon la norme NF EN 13 830) : A4 R7, pour une pression de vent de 1600 Pa. Le classement a été obtenu par essais réalisés en laboratoire.

3.5.1. Cas des panneaux recevant un revêtement extérieur ventilé

Dans le cas des revêtements extérieurs ventilés (avec ou sans ITE), l'étanchéité à l'eau et à l'air des panneaux TimberRoc peut-être assurée soit :

- par une membrane pare-pluie souple (détails MM-1.1 et MM-1.2) mise en œuvre sur la face extérieure (support continu) des panneaux TimberRoc, marquée CE selon la norme NF EN 13859-2, disposant d'un classement W1 (336 heures UV pour une durée d'exposition aux intempéries de 15 jours maximum, 1 000 heures UV pour 3 mois maximum et 5 000 heures UV pour 6 mois maximum) selon la norme NF EN 13859-2 et présentant une valeur Sd ≤ 0,18 m. La mise en œuvre doit être conforme aux recommandations énoncées en annexe 6,
- par un enduit d'imperméabilisation extérieur (détails MM-1.1 et MM-1.2) mis en œuvre sur la face extérieure des panneaux TimberRoc, de type enduit monocouche au liant hydraulique (dit enduit minéral) de catégories OC1 et OC2, ayant un coefficient d'absorption d'eau par capillarité réduit W1, ou faible W2 pour les surfaces très exposées à la pluie. La mise en œuvre est conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 26.1, et les points singuliers (liaisons entre panneaux, arrêtes saillantes au droit des ouvertures, …) seront renforcés par un treillis en fibre de verre bénéficiant d'une certification CSTBat : classification TRAME et classification T≥2, Ra≥1 et E≥1.

NOTA : dans le cas des bardages à claire voie (bardages en lames horizontales ou verticales à joints ouverts) conformes au NF DTU 41.2, seule la réalisation de l'étanchéité à l'eau et à l'air par un enduit d'imperméabilisation extérieur est autorisée.

3.5.2. Cas des panneaux recevant un revêtement extérieur de type enduit

L'étanchéité à l'eau et à l'air des panneaux TimberRoc est assurée directement par l'enduit extérieur d'imperméabilisation (détail MM-2.1) mis en œuvre sur la face extérieure des panneaux TimberRoc, de type enduit monocouche au liant hydraulique (dit enduit minéral) de catégories OC1 et OC2, ayant un coefficient d'absorption d'eau par capillarité réduit W1, ou faible W2 pour les surfaces très exposées à la pluie. La mise en œuvre est conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 26.1, et les points singuliers (liaisons entre panneaux, arrêtes saillantes au droit des ouvertures, …) seront renforcés par un treillis en fibre de verre bénéficiant d'une certification CSTBat : classification TRAME et classification T≥2, Ra≥1 et E≥1.

3.5.3. Complément d'étanchéité à l'eau et à l'air

De plus, pour renforcer la continuité de l'étanchéité à l'eau et à l'air sur la face extérieure des panneaux de façade TimberRoc, une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion, de type « Seal and Flex » de la société Salola Environnement (ou autre mousse flexible avec des caractéristiques et des performances équivalentes), est mise en œuvre au droit des différentes jonctions horizontales et verticales entre panneaux (détails CV-3.1 à CV-3.5, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2 et CH-3.1 à CH-3.2).

3.6. Produits d'étanchéité intérieure à l'air entre logements mitoyens (superposés ou adjacents)

Dans le cas où une performance d'étanchéité intérieure à l'air entre logements mitoyens est attendue, il peut être nécessaire de mettre en œuvre, sur la face intérieure des panneaux TimberRoc, un enduit ou un revêtement technique.

L'enduit peut-être :

- à base de chaux aérienne, de type Mono'Air de la société Parexlanko,
- à base de plâtre, de type R'filter de la société Siniat,
- ou tout autre enduit avec des caractéristiques et des performances équivalentes à l'un des enduits précédents.

Le revêtement technique peut être :

- à base de gypse, de type Aéroblue de la société Placo/Siant-Gobain,
- à base de pâte aqueuse de polymère, de type Aérovap Spray de la société Salola Environnement,
- ou tout autre revêtement technique avec des caractéristiques et des performances équivalentes à l'un des revêtements techniques précédents.

De plus, pour assurer la continuité de l'étanchéité à l'air entre la face intérieure des panneaux de façade TimberRoc et la structure porteuse principale, une mousse flexible d'étanchéité à base de

polyuréthane à faible expansion, de type « Seal and Flex » de la société Salola Environnement (ou autre mousse flexible avec des caractéristiques et des performances équivalentes), est mise en œuvre au droit des différentes jonctions, aussi bien horizontales que verticales (détails CV-2.1 à CV-2.4, CV-3.1 à CV-3.5, CV-4.1 et CV-4.2, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2).

3.7. Dispositifs d'assemblage

3.7.1. Systèmes d'ancrages

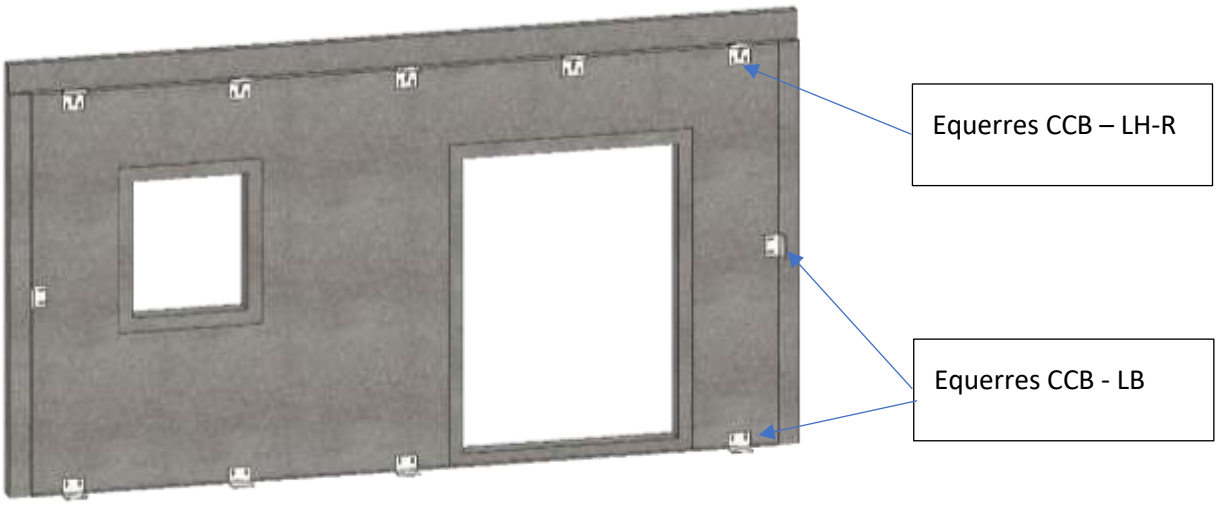
Les panneaux de façade TimberRoc sont fixés mécaniquement à la structure béton par l'intermédiaire d'équerres d'ancrage (plans en Annexe 4) dont la nature varie selon les efforts à reprendre et selon le mode de pose retenu. Seules les équerres spécifiques renforcées (réf : LH-R, LH-R/M et LB-R) peuvent être utilisées comme ancrage dans le cas de bâtiments pour lesquels les règles parasismiques sont applicables.

- **Mode de pose : panneaux autoportants FP2**

Type de fixation	**Mode de pose des panneaux :** une fois la structure béton édifiée (neuf ou existant)		
Equerres spécifiques standards CCB	Ancrage en pied de panneau et latéralement	*Equerre LB*	
Equerres spécifiques renforcées CCB	Ancrage en tête de panneau (pour zones de sismicité >2)	*Equerre LH-R*	
	Ancrage en pied de panneau et latéralement (pour zones de sismicité >2)	*Equerre LB-R*	
Autres équerres	Ancrage en tête et en pied de panneau et latéralement *<u>Exemple de référence :</u>* *- ACW 155 de la société Simpson Strong-Tie,* *- ou autre équerre avec des caractéristiques et des performances équivalentes.*	*© Simpson Strong-Tie*	
		© Simpson Strong-Tie	

Tableau des ancrages pour panneau FP2

Visuel d'implantation pour les panneaux FP2 :

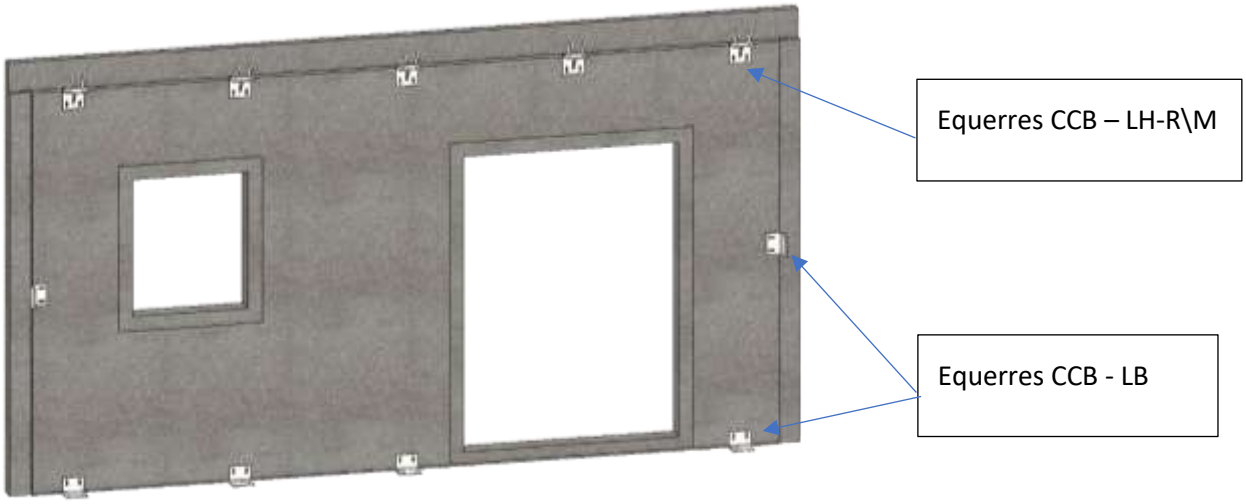


- **Mode de pose : panneaux indépendants par niveaux FP3**

Type de fixation	**Mode de pose des panneaux :** dans le cycle du gros œuvre béton		
Equerres spécifiques standards CCB	Ancrage en pied de panneau et latéralement	*Equerre LB*	
Equerres spécifiques renforcées CCB	Ancrage en tête de panneau	*Equerre LH-R\M*	
	Ancrage en pied de panneau et latéralement	*Equerre LB-R*	

Tableau des ancrages pour panneau FP3

Visuel d'implantation pour les panneaux FP3 :



Les différents éléments d'ancrages listées ci-avant reprennent uniquement les efforts horizontaux (pression/dépression liées au vent et les sollicitations sismiques le cas échéant) et devront être obligatoirement fixés à un élément porteur et structurel de la structure porteuse principale.

De plus, ces éléments d'ancrage autorisent un degré de liberté vertical, par l'intermédiaire d'un trou oblong vertical d'une longueur de 15 mm minimum dans le cas du mode de pose FP2, et de 30 mm minimum dans le cas du mode de pose FP3, afin que la déformation de la dalle béton d'un étage N n'engendre pas d'efforts sur le panneau TimberRoc de l'étage N-1.

Les résistances caractéristiques des différents éléments d'ancrage sont données au §7.3, utilisables pour réaliser un calcul selon les règles Eurocodes (selon la méthode présentée au paragraphe §7.4)

Sur la base des recommandations des normes NF EN 1995-1-1 et NF DTU 31.1, les équerres spécifiques CCB (standards ou renforcées) recevront a minima un traitement de surface de type peinture primaire inhibitrice de corrosion, ou un traitement par galvanisation à chaud Z275 selon la norme NF P 24-351.

3.7.2. Organes d'assemblage

Les organes d'assemblages utilisés :

- pour fixer les équerres d'ancrage à la structure principale en béton (chevilles métalliques), devront être adaptés et compatibles avec la nature des dalles béton rencontrées (dalle béton pleine, dalle préfa, dalle alvéolaire, …). De plus, ils devront être dimensionnés afin de reprendre les charges et surcharges et leurs implantations et entraxes devront être précisées sur les plans de pose,
- pour fixer les équerres d'ancrage aux panneaux TimberRoc, sont de type tirefond, en acier électrozingué, conformes à la norme DIN 571, de dimension Ø12x160 mm ou Ø14x160 mm.

3.8. Eléments rapportés

3.8.1. Menuiseries extérieures

Les menuiseries peuvent être en bois, PVC, aluminium ou mixte bois/aluminium ou acier. Leur mise en œuvre sur les panneaux de façade TimberRoc devra respecter les préconisations énoncées au §11. Les types de menuiseries utilisables sont les ouvertures à la française, simple et/ou double vantaux, oscillo-battant, tombant intérieur, à l'anglaise et coulissant.

Les menuiseries peuvent être mises en œuvre en applique intérieure uniquement (poses en applique extérieure et en tunnel exclues).

Les réservations dans les panneaux sont réalisées au moment de leur fabrication. L'intégration des menuiseries peut se faire soit en atelier de préfabrication ou soit sur le site du chantier.

3.8.2. Revêtements extérieurs

Les panneaux TimberRoc peuvent recevoir sur chantier différents revêtements extérieurs rapportés :

- revêtements extérieurs ventilés avec ou sans ITE, de type bardages rapportés conformes au NF DTU 41.2 ou sous Avis Technique visant une pose sur une structure en béton ou en maçonnerie, (détails MM-1.1 et MM-1.2). Dans le cas de la mise en œuvre d'un système ITE, ce dernier devra être conforme au cahier technique du CSTB 3316 V2 en particulier sur le classement minimum ISOLE. L'ossature support (tasseaux bois ou rails métalliques) est fixée directement sur les panneaux TimberRoc, la mise en œuvre sur pattes équerre est exclue.
- revêtements extérieurs de type ETICS avec enduit, en pose « calés/chevillés » ou « collés », sous Avis Technique visant une pose sur structure en béton ou en maçonnerie. Les isolants mis en œuvre seront de type laine de roche conforme à la norme NF EN 13162, polystyrène expansé conforme à la norme NF EN 13163, ou fibres de bois conformes à la norme NF EN 13171 (détail MM-2.2). La pose du système d'ETICS est possible sur les panneaux de façade FP2 et FP3, limitée aux bâtiments R+3.
- revêtements extérieurs de type enduit hydraulique (à base minérale uniquement) mis en œuvre directement sur les panneaux de façades TimberRoc (détail MM-2.1).

Pour les bâtiments dont la règle du « C+D » est exigée, la nature et la mise en œuvre des matériaux constituant le revêtement extérieur (ventilé ou non) sont décrites aux §6.3.2.

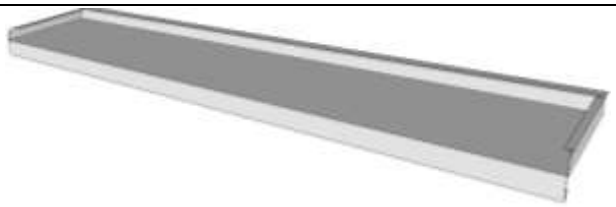
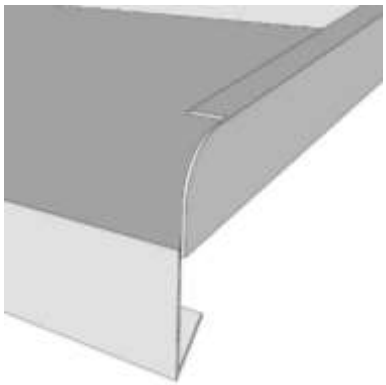
3.8.3. Pièces d'appui de menuiserie

Dans le cas des panneaux TimberRoc recevant un revêtement extérieur non ventilé (enduit ou ETICS), la partie basse des ouvertures de menuiserie reçoit une pièce d'appui de protection.

Les appuis sont réalisés soit avec un appui béton préfabriqué, soit avec un appui béton coulé en place, soit avec un appui isolé de type ARKTIC ou avec une pièce d'appui métallique (en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème) avec une pente mini de 10%.

Cas de la bavette d'appui métallique :

La bavette d'appui métallique est en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème. Les relevés verticaux latéraux de la pièce d'appui présentent un pliage horizontal dont la dimension dépend de l'épaisseur de l'enduit ou du système d'ETICS mis en œuvre (en retour tableau de l'ouverture).

Bavette d'appui métallique : - pente : 10%, - pièce d'appui présentant un relevé vertical de 25 mm formant le rejingot et retourné horizontalement par un pliage afin de fixer la pièce d'appui sur la traverse d'appui (cornière métallique), - joues latérales verticales de 25 mm de hauteur (oreilles), présentant un pliage horizontal pour recevoir l'enduit ou l'ETICS (dimension à ajuster en fonction de l'épaisseur de l'enduit ou l'ETICS), - collage étanche des joues latérales à la pièce d'appui au moyen d'un mastic-colle de type CC 25 HM (25 E Haut Module). Les surfaces à encoller sont nettoyées avec un tampon abrasif fin puis dégraissées avant application du mastic.	 

3.8.4. Précadres d'habillage extérieurs

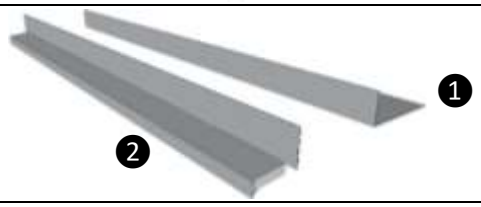
Dans le cas des panneaux TimberRoc recevant un revêtement extérieur ventilé, les embrasures extérieures d'ouvertures (réservations) sont habillées par un précadre métallique en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème.

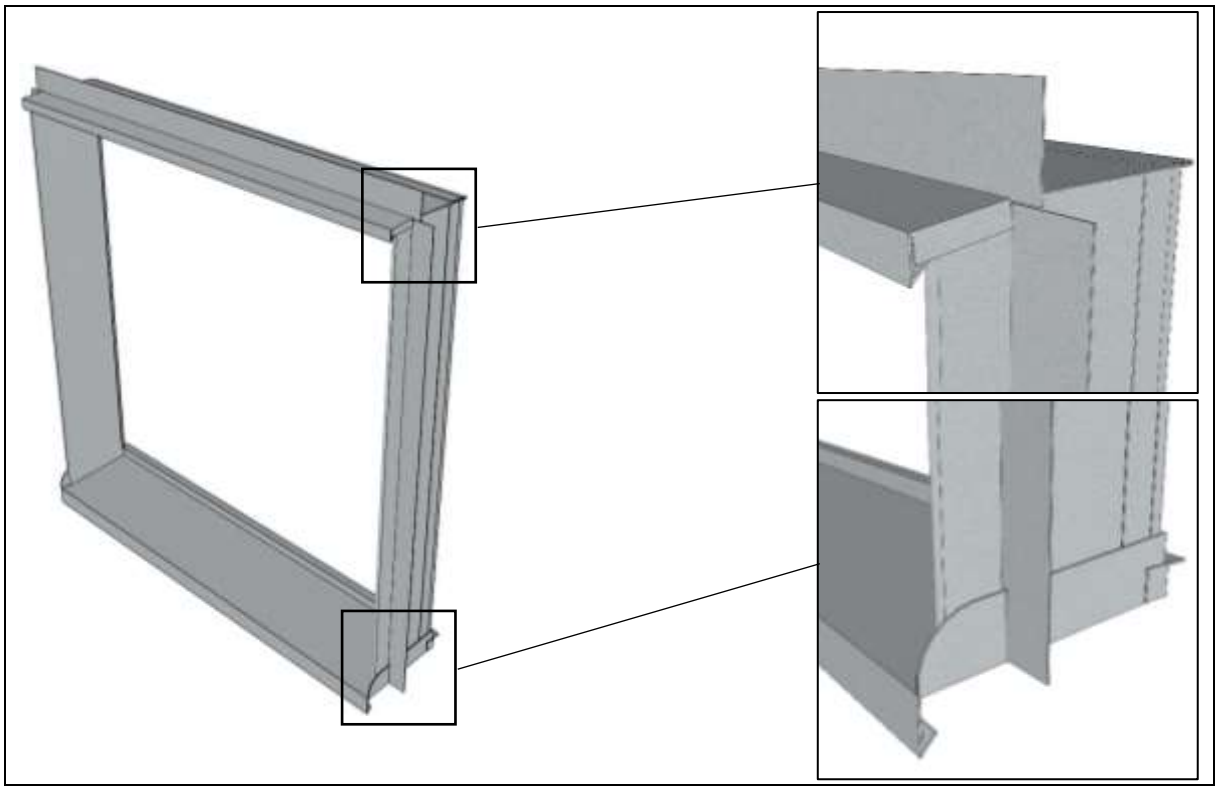
En fonction de la situation d'exposition de la façade et du niveau d'étanchéité à l'eau requis, Ee1 ou Ee2 selon la norme NF DTU 31.4, il existe deux solutions techniques pour réaliser le traitement des habillages d'embrasure extérieur :

- **Précadre à assembler – Niveau d'étanchéité Ee1**

Le précadre est composé de différentes pièces métalliques en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème, à assembler entre-elles lors de leur mise en œuvre, et présentées dans le tableau ci-après.

Dans le cas où les façades doivent satisfaire aux exigences de sécurité incendie afin de limiter la propagation au feu extérieur par les façades (IT249), le précadre assemblé sera obligatoirement en acier (§6.3.3).

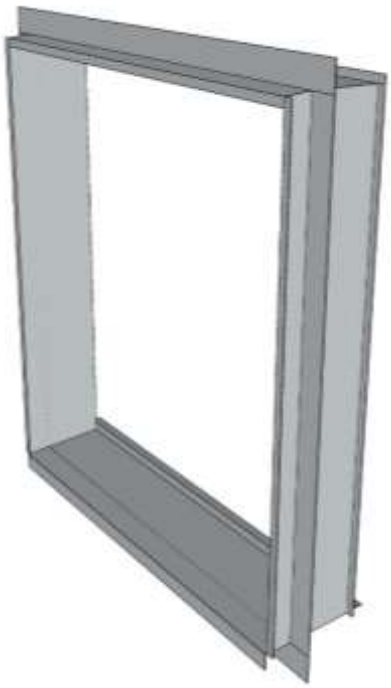
Bavette métallique (pente : 10%) : - pièce d'appui présentant un relevé vertical de 25 mm formant le rejingot et retourné horizontalement par un pliage afin de fixer la pièce d'appui sur la cornière d'appui métallique, - joues latérales verticales de 50 mm de hauteur, - collage étanche des joues latérales à la pièce d'appui au moyen d'un mastic-colle de type CC 25 HM (25 E Haut Module). Les surfaces à encoller sont nettoyées avec un tampon abrasif fin puis dégraissées avant application du mastic.	
Jambages métalliques verticaux : - jambages symétriques droit et gauche, - ailettes latérales verticales pour fixation au panneau TimbeRoc, - partie basse des jambages profilée avec une pente de 10%, - fente verticale en partie basse des jambages (au niveau des ailettes latérales verticales).	
Linteaux métalliques (en 2 pièces ❶ et ❷) : - ailettes verticales pour fixation au panneau TimbeRoc, - pliage à 90° en extrémité du linteau ❷ afin de recouvrir la partie haute du jambage lors de la pose.	
Epingle : - permet de bloquer l'extrémité des jambages et du linteau ❶, par emboitement.	



- **Précadre soudé étanche monobloc – Niveau d'étanchéité Ee2**

Le précadre est composé de différentes pièces en acier, d'épaisseur 10/10ème et soudées entre-elles afin d'obtenir un précadre monobloc.

Le précadre pourra être de type « PRECWOOD 1400 » de la société Louineau en acier 10/10ème, ou autre précadre acier avec des caractéristiques et des performances équivalentes.



© *Louineau*

3.8.5. Parements intérieurs

Les panneaux TimberRoc peuvent recevoir sur chantier différents parements intérieurs, de type plaques de plâtre rapportées :

- sur une ossature secondaire bois ou métallique fixée directement sur les panneaux TimberRoc. Leur mise en œuvre devra être conforme aux prescriptions des NF DTU 25.41 et 36.1,
- ou sur une ossature secondaire dissociée et indépendante du panneau TimberRoc de type contrecloison désolidarisée. Sa mise en œuvre devra être conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 25.41.

Le doublage intérieur rapporté devant les panneaux TimberRoc peut être isolé ou non.

4. Description des panneaux TimberRoc

4.1. Géométrie et conception

Les dimensions courantes de fabrication des panneaux de façade TimberRoc sont :

- Longueur minimale : 40 cm
- Longueur maximale : de 560 cm à 700 cm selon l'épaisseur du panneau (le rapport longueur / épaisseur ne doit pas être supérieur à 35)
- Hauteur utile : de 80 à 3 30 cm,
- Hauteur totale (avec planelle) : de 80 à 360 cm
- Epaisseurs : 16 et 20 cm.

Les règles techniques de conception des panneaux sont présentées en annexe 5.

La face intérieure des panneaux présente différentes réservations/feuillures, réalisées directement lors du coulage du béton de bois (figure 1 et annexe 5) :

- en tête de panneau : planelle continue d'épaisseur minimale 80 mm et de hauteur variable (en fonction de l'épaisseur du plancher de la structure porteuse,
- sur les bords droit et gauche du panneau : feuillure continue de largeur variable (en fonction de la largeur des poteaux ou refends de la structure porteuse). La partie pleine de la feuillure ne devra pas avoir une épaisseur inférieure à 80 mm.
- en pied de panneau :
  - ✓ pour les panneaux autoportants FP2 : feuillure continue pour mousse d'étanchéité élastique – Dimensions préconisées : 20x40 mm,
  - ✓ pour les panneaux indépendants FP3 : feuillure continue pour mousse d'étanchéité élastique – Dimensions préconisées : 20x10 mm,
- en périphérie d'ouverture : feuillure périphérique de 5x120 mm.

Pour faciliter le repérage de la position des équerres d'ancrage disposées en tête de panneaux indépendants FP3 (montage dans le cycle du gros œuvre), des réservations ponctuelles de forme

rectangulaire de 10x150x200 mm peuvent être réalisées sur demande lors de la réalisation du panneau.

La dimension maximale des ouvertures dans les panneaux TimberRoc est de 2,10 x 2,35 m (hauteur x longueur) pour les panneaux d'épaisseur 16 cm et de 2,40 x 2,35 m pour les panneaux d'épaisseur 20 cm.

4.2. Tolérance de fabrication

Les tolérances de fabrication sont celles définies dans la classe B au sens de la norme NF EN 14992 « Produits préfabriqués en béton – Eléments de mur ». Ces tolérances sont mentionnées dans les tableaux suivants pour information :

Dimensions de base	0 à 0,5m	0,5 à 3,0m	3,0 à 6,0m	6,0 à 10,0m
Ecarts admis	+/-8mm	+/-14mm	+/-16mm	+/-18mm

Les tolérances relatives à l'orthogonalité, la rectitude des arêtes, les valeurs cibles sont définies dans le tableau suivant :

Orthogonalité - limite de la différence entre diagonales <6m	3mm/m
Orthogonalité - limite de la différence entre diagonales >6m	1,5mm/m
Orthogonalité - tolérance maxi	24mm
Rectitude des arêtes des éléments et des ouvertures	≤4mm
Position des baies d'ouverture	+/-5mm
Défaut d'aplomb des baies d'ouverture	<2mm/m

4.3. Caractéristiques physiques des panneaux TimberRoc

4.3.1. Masse surfacique

Epaisseur des panneaux PLEINS (cm)	**Poids moyen (Kg/m²)** (Masse volumique de 850kg/m³)
16	136 ± 8
20	170 ± 10

Pour le transport et le levage il est conseillé de majorer le poids propre des panneaux de 20%.

4.3.2. Coefficients de conduction thermique

Les coefficients surfaciques de transmission thermique Uc des panneaux TimberRoc et Up des façades rideaux comportant les panneaux TimberRoc sont résumés dans les tableaux A1.1 et A1.2 en Annexe 1. Les différentes valeurs de ponts thermiques sont résumées dans le tableau A1.3 en Annexe 1.

4.3.3. Affaiblissements acoustiques

En fonction de la nature des parements intérieurs ou revêtements extérieurs, l'indice d'affaiblissement acoustique des façades rideaux intégrant les panneaux TimberRoc peut varier. Des exemples d'indice d'affaiblissement acoustique sont résumés dans le tableau A2.1 en Annexe 2.

4.3.4. Durabilité

Les panneaux de façade TimberRoc sont intrinsèquement résistants aux termites et peuvent donc être mis en œuvre dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris par l'application de l'article L. 133- 5. De même, les panneaux TimberRoc ne présentent aucun risque vis-à-vis du développement de moisissures en cas de réhumidification importante.

5. Sécurité intérieure

La sécurité intérieure vis-à-vis des chutes des personnes est assurée par le panneau de façade TimberRoc seul.

6. Sécurité incendie

6.1. Durées de résistance au feu

La tenue au feu des façades rideaux intégrant les panneaux TimberRoc est justifiée par les propriétés intrinsèques au feu des panneaux TimberRoc. Les durées de résistance au feu des panneaux TimberRoc, sont données dans les tableaux A3.1 et A3.2 en Annexe 3.

6.2. Réaction au feu

Les panneaux en béton de bois TimberRoc ont une réaction au feu de classe A2-s1, d0.

6.3. Dispositions de mise en œuvre dans le cas de l'application de la règle « C+D »

6.3.1. Traitement du calfeutrement en nez de dalle et entre panneaux

La mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc devra respecter les dispositions suivantes, afin d'assurer l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds :

- **Cas des façades autoportantes FP2 (détails CV-2.1 à CV-2.4, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2) :**
  - ✓ mise en place de bandes de laine de roche (ρ=40 kg/m^3), disposées en nez de dalle béton sur une hauteur supérieure ou égale à l'épaisseur de la dalle avec un minimum de 100 mm, ainsi

que sur la hauteur des murs de refend ou poteaux béton. Elle devra être comprimées à 75% de son épaisseur lors de la pose des panneaux de façade TimberRoc,

- ✓ mise en œuvre d'un mortier, disposé horizontalement entre les panneaux des différents niveaux.

- **Cas des façades indépendantes FP3 (détails CV-3.1 à CV-3.4, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2) :**
  - ✓ mise en place de bandes de laine de roche rigide (ρ=120 kg/m3) faisant également office de fond de coffrage, disposées en nez de dalle béton sur une hauteur supérieure ou égale à l'épaisseur de la dalle,
  - ✓ mise en place de bandes de laine de roche disposées sur la hauteur des éléments de structure verticaux (murs de refend ou poteaux béton) avec ρ=120 kg/m^3 si les éléments de structure verticaux sont coulés contre les panneaux déjà posés ou avec ρ=40 kg/m^3 si les éléments de structure verticaux sont coulés avant la pose des panneaux. La laine de roche de densité ρ=40 kg/m^3 doit être comprimée à 75% de son épaisseur lors de la pose des panneaux de façade TimberRoc,
  - ✓ mise en place d'une couche de laine de roche (ρ=40 kg/m3), disposée sur toute l'épaisseur des panneaux (planelles) et comprimée à 75% de son épaisseur entre les panneaux des façades superposés.

6.3.2. Limitation de la propagation en façade en fonction du revêtement extérieur

- **Cas des revêtements extérieurs non ventilés :**

- Enduit mis en œuvre directement sur les panneaux de façade TimberRoc (valable pour les façades FP2 et FP3) :

Les enduits devront répondre aux caractéristiques minimales figurant dans le guide de préconisations « Protection contre l'incendie des façades béton ou maçonnerie revêtues de systèmes d'isolation thermique extérieur par enduit sur polystyrène expansé (ETICS-PSE » de septembre 2020).

- Système d'ETICS en pose « calé/chevillé » (valable uniquement pour les bâtiment R+3 maximum en façades FP2 ou FP3)

Le système d'ETICS en pose « calé/chevillé », sera composé d'un enduit sur isolant en laine de roche présentant une masse volumique minimale de 70 kg/m^3 et une épaisseur minimale de 20 mm. Les enduits devront répondre aux caractéristiques minimales figurant dans le guide de préconisations « Protection contre l'incendie des façades béton ou maçonnerie revêtues de systèmes d'isolation thermique extérieur par enduit sur polystyrène expansé (ETICS-PSE » de septembre 2020).

- **Cas des revêtements extérieurs ventilés (valable pour les façades FP2 et FP3)**

Les revêtements extérieurs ventilés devront répondre aux prescriptions des §2.1.1 à 2.1.3 de l'appréciation de laboratoire « Bois construction et propagation du feu par les façades – En application de l'Instruction Technique 249 version 2010 de décembre 2020 (CSTB) ».

Plus précisément, les dispositifs suivants devront être respecter :

- ✓ mise en œuvre d'un déflecteur de flamme, en acier 15/10ème, disposé à chaque niveau, avec débord variable (fonction de la réaction au feu du revêtement extérieur ventilé) (détails CV-2.1, CV-2.3, CV-3.1 et CV-3.3),
- ✓ mise en œuvre ou non d'un dispositif d'obturation de lame d'air.

Valeurs de débord du déflecteur en acier 15/10ème par rapport au nu extérieur du revêtement :

Performances de réaction au feu des revêtements extérieurs ventilés	**Nature du revêtement extérieur**		
	Panneaux à joints fermés ou à joints creux supportés de 8 mm maximum	*Bardage bois à lames horizontales d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 26mm*	*Bardage bois à lames verticales ou obliques d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 26mm*
D-s2, d0	≥ 150 mm	≥ 150 mm	≥ 200 mm
C-s2, d0	≥ 100 mm	≥ 100 mm	≥ 200 mm
B-s3, d0	≥ 50 mm	≥ 50 mm	≥ 50 mm
A2-s3, d0	≥ 20 mm	Sans objet	Sans objet

Valeurs du déflecteur renforcé en acier 15/10ème par rapport au nu extérieur du revêtement :

Performances de réaction au feu des revêtements extérieurs ventilés	**Nature du revêtement extérieur**	
	Panneaux à joints fermés ou à joints creux supportés de 8 mm maximum, d'épaisseur nominale égale entre 18 et 22 mm	*Bardage bois à lames horizontales, verticales ou obliques d'épaisseur nominale égale à 20 mm et inférieure ou égale à 22 mm*
D-s2, d0	≥ 200 mm	≥ 200 mm
C-s2, d0	≥ 200 mm	≥ 200 mm
B-s3, d0	≥ 50 mm	Pas de solution

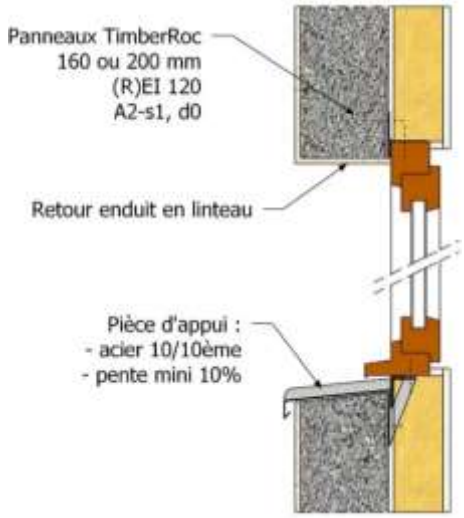
Dans le cas où les panneaux reçoivent une isolation thermique extérieure (ITE) derrière le revêtement ventilé, l'isolant retenu devra être en laine de roche de masse volumique minimale de 70 kg/m^3, disposé entre chevrons bois ou rails métalliques fixés aux panneaux TimberRoc.

6.3.3. Traitement des embrasures

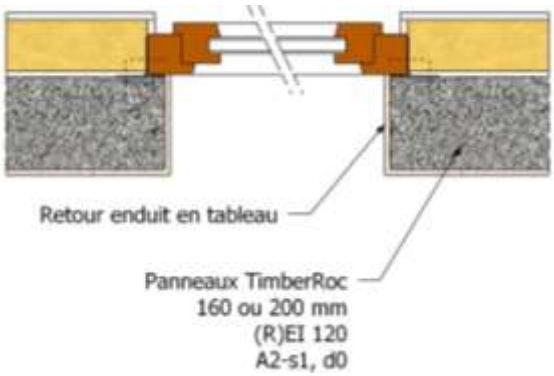
- **Cas des revêtements extérieurs non ventilés (valable pour les façades FP2 et FP3) :**

- enduit mis en œuvre directement sur les panneaux de façade TimberRoc :

- ✓ les tableaux et linteaux sont enduits directement,
- ✓ les appuis sont réalisés avec une pièce d'appui en acier 10/10ème.



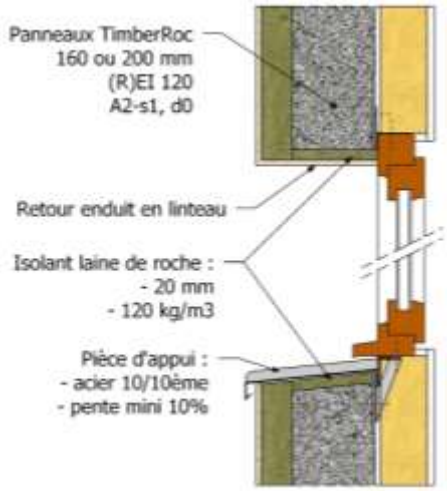
Coupe verticale



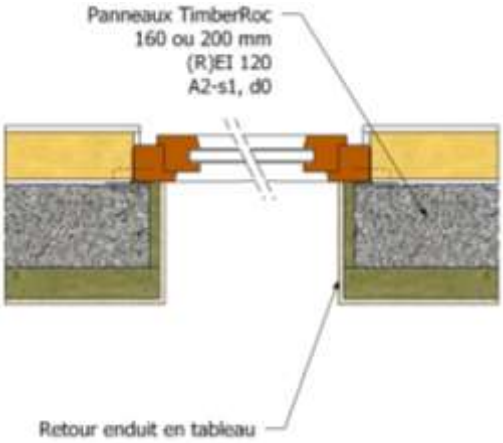
Coupe horizontale

- système d'ETICS en laine de roche (70 kg/m3 minimum) en pose « calé/chevillé » sur les panneaux de façade TimberRoc :

- ✓ retour du système d'ETICS en tableaux et en linteaux (épaisseur de la laine de roche 20 mm et 120 kg/m3 minimum),
- ✓ les appuis sont réalisés avec une pièce d'appui en acier 10/10ème, disposée sur un isolant laine de roche 20 mm et 120 kg/m3 minimum.



Coupe verticale

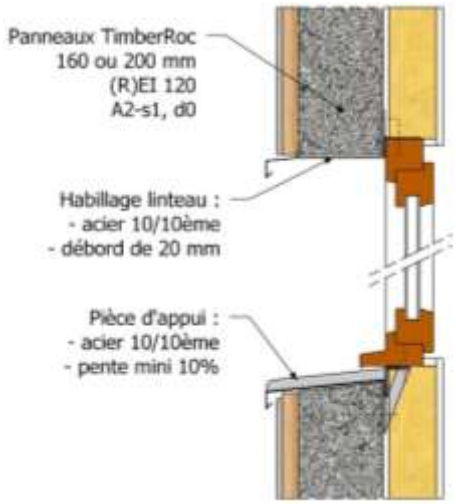


Coupe horizontale

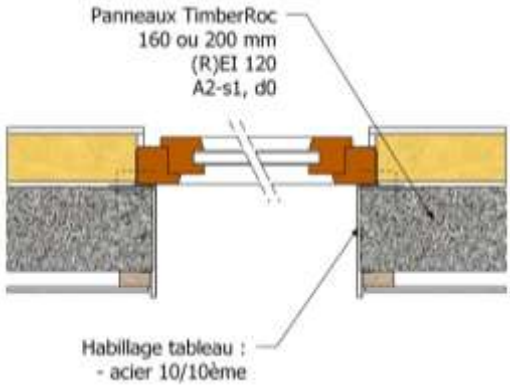
- **Cas des revêtements extérieurs ventilés (valable pour les façades FP2 et FP3) :**

- sans ITE :

- ✓ les tableaux et linteaux sont traités avec un habillage en acier 10/10ème,
- ✓ le profil d'habillage du linteau présente une saillie minimum de 20 mm par rapport au nu extérieur du revêtement extérieur ventilé,
- ✓ les appuis sont réalisés avec une pièce d'appui en acier 10/10ème.



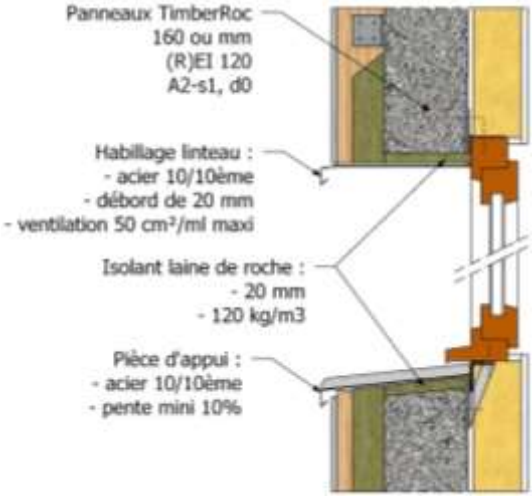
Coupe verticale



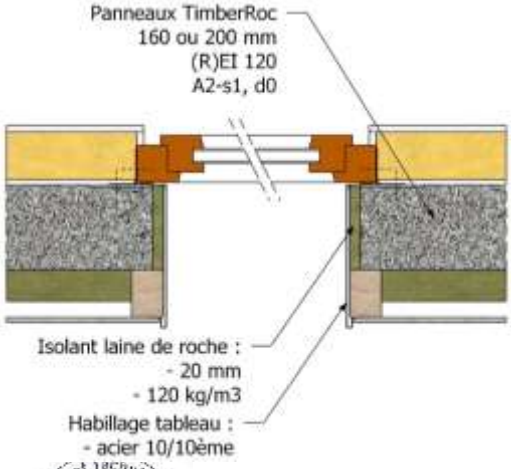
Coupe horizontale

- avec ITE en laine de roche 70 kg/m3 mini entre chevrons bois fixés aux panneaux de façade TimberRoc :

- ✓ les tableaux et linteaux sont traités avec un habillage en acier 10/10ème, disposé sur un isolant laine de roche 20 mm et 120 kg/m3 minimum,
- ✓ le profil d'habillage du linteau présente une saillie minimum de 20 mm par rapport au nu extérieur du revêtement extérieur ventilé, et une surface d'amenée d'air de 50 cm²/ml maximum,
- ✓ les appuis sont réalisés avec une pièce d'appui en acier 10/10ème, disposée sur un isolant laine de roche 20 mm et 120 kg/m3 minimum.



Coupe verticale



Coupe horizontale

6.4. Masse combustible mobilisable

Pour les bâtiments dont la règle du « C+D » est exigée, la masse combustible mobilisable de la façade sera déterminée selon la méthode de calcul définie au §4.1 de l'Instruction Technique n°249.

La masse combustible mobilisable à considérer dans le calcul du C+D correspondra exclusivement aux parties d'ouvrages disposées à l'extérieur du panneau TimberRoc et incluant ce dernier. Les couches combustibles situées derrière le panneau, et donc protégées du feu extérieur, ne sont pas comptées dans le calcul de la masse combustible mobilisable.

La Chaleur de Combustion Mobilisable (CCM) des panneaux en béton de bois à prendre en compte dans le calcul de la masse combustible mobilisable de la façade est de 0,188 MJ/kg pour un panneau de 160 mm d'épaisseur.

7. Justification mécanique

La justification mécanique des panneaux TimberRoc et des dispositifs d'assemblage à la structure porteuse béton se fait en prenant en compte :

- Les caractéristiques du projet :
  - les caractéristiques dimensionnelles des panneaux sélectionnés pour le projet considéré : épaisseur, hauteur, largeur… Ainsi que les dimensions des ouvrants ou réservations,
  - les caractéristiques des ancrages équerres sélectionnés ainsi que des tirefonds prévus,
- Les sollicitations extérieures :
  - la charge permanente (poids propres des panneaux, revêtements extérieurs et parements intérieurs rapportés),
  - les actions climatiques de vent, perpendiculaire à la façade,
  - les actions accidentelles de séisme appliquées sur la façade. Le comportement en situation accidentelle de séisme est présenté au §8.

7.1. Contraintes de conception des panneaux

La conception et le dimensionnement des panneaux TimberRoc devront respecter les contraintes géométriques énoncées au paragraphe §4.1 et dans l'annexe 5.

En particulier, les panneaux d'épaisseur 16cm ne peuvent être sélectionnés pour des projets dans lesquels les longueurs de panneaux sont supérieures à 560cm.

En complément, on s'assurera que le poids maximal du revêtement extérieur (enduit, ETICS ou ventilé) rapporté sur les panneaux TimberRoc soit inférieur à 50 kg/m².

7.2. Propriétés mécaniques du béton de bois TimberRoc

Les propriétés mécaniques du béton de bois utilisées pour le dimensionnement des panneaux aux éléments finis sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Valeurs	Unités	Définitions
f_m	4,0	MPa	Résistance moyenne à la compression
f_k	3,0	MPa	Résistance caractéristique à la compression
f_d	1,36	MPa	Valeur de calcul ELU pour la résistance à la compression ($\gamma_{M_ELU} = 2{,}2$)
$f_{d_sésime}$	2	MPa	Valeur de calcul de la résistance à la compression pour les actions sismiques ($\gamma_{M_ELU_séisme} = 1{,}5$)
f_{xk}	1,4	MPa	Résistance caractéristique à la flexion
f_{xd}	0,63	MPa	Résistance de calcul ELU à la flexion
f_{vk0_m}	0,38	MPa	Résistance initiale au cisaillement de l'interface béton de bois / mortier
f_{vk0_b}	0,53	MPa	Résistance initiale au cisaillement de l'interface béton de bois / béton
E_{cp}	2000	MPa	Module d'élasticité en compression
E_{fl}	1850	MPa	Module d'élasticité en flexion
α_t	18×10^{-6}		Coefficient de dilatation thermique
ρ	850	kg/m3	Masse volumique

7.3. Résistances caractéristiques des équerres d'ancrage

Les panneaux sont maintenus à la structure porteuse par l'intermédiaire d'équerre d'ancrage (§3.7.1) reprenant uniquement les efforts de pression/dépression dus au vent. Les équerres sont positionnées sur la face intérieure des panneaux. Elles sont localisées sur les 4 côtés des panneaux (en pied, en tête et latéralement) comme précisé dans les figures du §3.7.1.

Les résistances de calcul à la traction des équerres d'ancrage sont données dans le tableau ci-dessous :

Type d'ancrage Equerre	Mode de fixation au panneau TimberRoc	Résistance à la traction sur panneaux TimberRoc R_d [daN]
CCB LH-R et CCB LH-R \M (avec raidisseur)	2 tirefonds 14x160	820
	2 tirefonds 12x160	710
CCB LB-R (avec raidisseur)	2 tirefonds 14x160	820
	2 tirefonds 12x160	720
CCB LB (sans raidisseur)	2 tirefonds 12x160	660
Equerre Simpson ACW 155	2 tirefonds 12x160	410

Tableau des résistances à la traction des ancrages équerres sur panneaux TimberRoc

Les équerres d'ancrage CCB n'ont été évaluées que pour le montage des panneaux de béton de bois TimberRoc et ne peuvent servir qu'à cet usage.

7.4. Méthodologie de dimensionnement des panneaux TimberRoc

7.4.1. Références normatives

- NF EN 1990 Eurocode 0 Bases de calcul des structures (mars 2003)
- NF EN 1991-1-4/NA Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 :2005 – Actions générales – Actions du vent
- NF EN 13830 Façades rideaux – Norme de produit

7.4.2. Dimensionnement aux états limites

Afin d'assurer la stabilité mécanique des panneaux et de leurs appuis, les vérifications ELU sont effectuées sur les efforts internes (moment de flexion en partie centrale, cisaillement au niveau des appuis) et sur les efforts transmis aux appuis. Les vérifications ELS, quant à elles, permettent de s'assurer du bon fonctionnement des panneaux et de leurs équipements/revêtements (menuiseries, bardage, enduits) tout au long de la vie de l'ouvrage. Cette exigence se traduit par des limites en déformation et en contrainte (pour assurer le non-endommagement des matériaux).
Les combinaisons de charges ELU et ELS sont à calculer avec des outils numériques spécialisés tel que la modélisation aux éléments finis, elles sont déterminées conformément à la norme NF EN 1990-1.

Les critères de vérification sont listés ci-dessous :

Critères de vérification	Etat limite	
Résistance en flexion du panneau	ELU	$f_{t,Ed} \leq f_{xd} = 0{,}63\ MPa$ $f_{c,Ed} \leq f_d = 1{,}36\ MPa$
Résistance à la traction sur les ancrages équerre	ELU	Limitée selon le type d'ancrages équerre – voir §7.3
Résistance à la compression en pied de panneau	ELU	FP2 : Appui continu, FP3 : Appui aux extrémités « talonnettes » sur 50cm de part et d'autre $f_{c,Ed} \leq f_d = 1{,}36\ MPa$
Flambement du panneau	ELU	Vérifié en l'état pour toutes les configurations
Valeur de flèche en flexion hors plan	ELS	Limitée à H/500
Résistance en compression	ELS	$f_{c,ELS\ QP} \leq 0{,}8\ MPa$
Résistance en flexion	ELS	$f_{t,ELS\ QP} \leq 0{,}38\ MPa$

ELU – Vérification de la résistance en flexion

Le moment de flexion maximal s'observe en général au centre du panneau : membrure comprimée sur la face où s'exerce la pression du vent et membrure tendue sur la face opposée. Les valeurs extrêmes sont extraites du modèle et comparées aux valeurs admissibles :

$$f_{t,Ed} \leq f_{xd}$$

$$f_{c,Ed} \leq f_d$$

Avec :

- $f_{t,Ed}$, $f_{c,Ed}$: contrainte (respectivement traction et compression) agissante sous combinaison ELU, ces valeurs peuvent être calculées à l'aide d'un outil d'analyse numérique
- f_{xd}, f_d : valeurs de calcul des résistances en flexion et compression

ELU – Vérification de la traction dans les ancrages

L'effort de traction dans les ancrages ne doit pas être supérieur à la valeur donnée au §7.3 en fonction des caractéristiques des assemblages.

ELU – Vérification de la compression en pied de mur

L'objectif de cette vérification est de s'assurer que la surface de contact en pied de panneau est suffisante, dans tous les cas de charge, pour assurer la stabilité des panneaux et l'intégrité du béton de bois. Dans le cas des panneaux FP3, la surface d'appui des panneaux peut varier en fonction de la déformation des plancher, les hypothèses retenues ici se fondent sur une analyse de la compatibilité des déformations menée dans le cadre du développement du système constructif FP3. Le poids des panneaux est réparti sur deux zones d'appui aux, il faut donc vérifier :

$$f_{c,Ed} \leq f_d$$

Avec :

- $f_{c,Ed}$: contrainte de compression agissante en pied de panneau sous combinaison ELU

ELU – Vérification du flambement du mur

Dans le cas du système FP2, le panneau du rez-de-chaussée supporte le poids des panneaux supérieurs : c'est donc un élément élancé soumis à un effort de compression. La vérification de la stabilité mécanique au flambement de cet élément a été conduite pour le cas le plus défavorable (bâtiment R+3) selon la méthode générale de l'EN 1992-1 §5.8.6 : méthode des courbures. Ce calcul a montré qu'il n'y pas de risque de flambement des panneaux de façade TimberRoc.

ELS – Vérification de la flèche

Afin d'assurer la bonne tenue des équipements et revêtements des panneaux (menuiseries, bardage, enduits), la flèche perpendiculaire au plan du panneau est limitée à H/500 sous combinaison ELS.

ELS- Limitation des contraintes de flexion et de compression

Ces deux critères de limitation de la contrainte ELS visent à s'assurer que le matériau ne subit pas d'endommagement pendant son fonctionnement normal.

$$f_{t,ELS\ QP} \leq 0{,}38\ MPa$$

$$f_{c,ELS\ QP} \leq 0{,}8\ MPa$$

Avec :

- $f_{t,ELS\ QP}$, $f_{c,ELS\ QP}$: valeurs de calcul sous combinaison ELS quasi permanent de la contrainte agissante (traction et compression)

7.5. Abaques de prédimensionnement des panneaux TimberRoc

La méthode de dimensionnement faisant appel à des outils numériques spécialisés, la société CCB GREENTECH a développé des abaques de prédimensionnement des panneaux TimberRoc.

Les tableaux ci-dessous présentent des configurations (dimensions des panneaux et ouvertures, type et nombre de fixations) pour lesquelles toutes les vérifications aux états limites ont été validées. Ces tableaux permettent de réaliser un chiffrage d'avant-projet.

Les études complètes sont réalisées soit par la société CCB GREENTECH soit par une société partenaire (industriel fabricant licencié) (§12.2 Etudes techniques). Dans certains cas, les études techniques peuvent être réalisées par des bureaux d'études techniques (BET) externes ayant été formés et agréés au préalable par la société CCB GREENTECH.

Ces tableaux sont établis avec l'hypothèse de mise en œuvre des panneaux avec :

- En partie haute : des équerres CCB LH-R (FP2) ou CCB LH-R\M (FP3) fixées avec deux tirefonds 12 x 160.
- En partie basse et sur les côtés (latéral) : des équerres CCB LB fixées avec deux tirefonds 12 x 160.

Abaques de prédimensionnement

Panneaux FP2 pleins						
Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*					
	50		*100*		*150*	
2,50	0,16	35	0,16	35	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1,5	1
2,80	0,16	35	0,16	35	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1,2	1
3,10	0,16	35	0,16	35	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1,2	1
3,50	0,16	35	0,16	35	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1	1

Panneaux FP2 – ouverture 2,10 x 2,10 m						
Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*					
	50		*100*		*150*	
2,50	0,16	L	0,16	L	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	0,9	1
2,80	0,16	L	0,16	L	0,20	L
	1,5	1	1,5	1	1,0	1
3,10	0,16	L	0,16	L	0,20	L
	1,5	1	1,5	1	1,0	1
3,50	0,16	L	0,20	L		
	1,5	1	1,5	1		

Légende des tableaux :	
Epaisseur mini des panneaux en m	*L = Longueur max* *Ep16cm : L = 560cm* *Ep20cm : L = 700cm*
Entraxe des fixations haute et basse en m	*Nombre de fixations latérales*

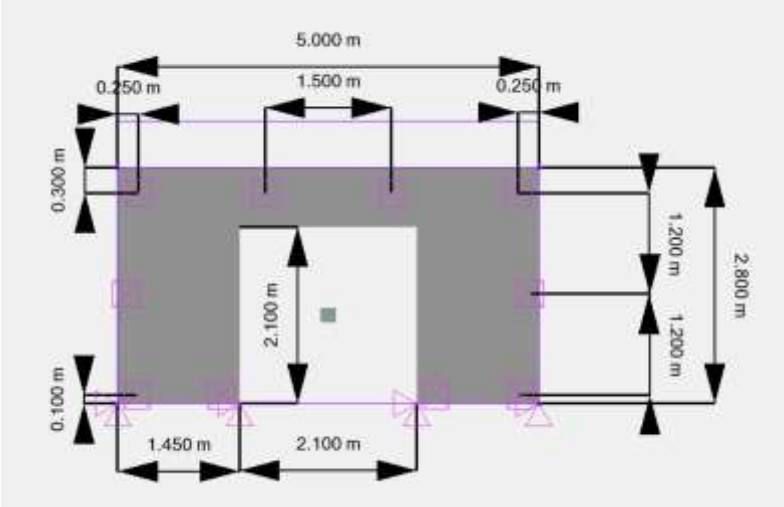
Panneaux FP3 pleins						
Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*					
	50		*100*		*150*	
2,50	0,16	L	0,16	L	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1,5	1
2,80	0,16	L	0,16	L	0,16	L
	1.5	1	1,5	1	1,5	1
3,10	0,16	L	0,16	L	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1,2	1
3,50	0,16	L	0,16	L	0,16	L
	1,5	1	1,5	1	1	2

Panneaux FP3 – ouverture 2,10 x 2,10 m						
Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*					
	50		*100*		*150*	
2,50	0,16	L	0,16	L	0,20	L
	1,5	1	1,5	1	1,0	1
2,80	0,16	L	0,16	L	0,20	L
	1,5	1	1,5	1	1,0	1
3,10	0,16	L	0,16	L		
	1,5	1	1,5	1		
3,50	0,20	L	0,20	L		
	1,5	1	1,0	1		

Attention : la longueur maximum des panneaux d'épaisseur 16cm est de 5,60m.

- <u>Schéma principe 1 :</u>

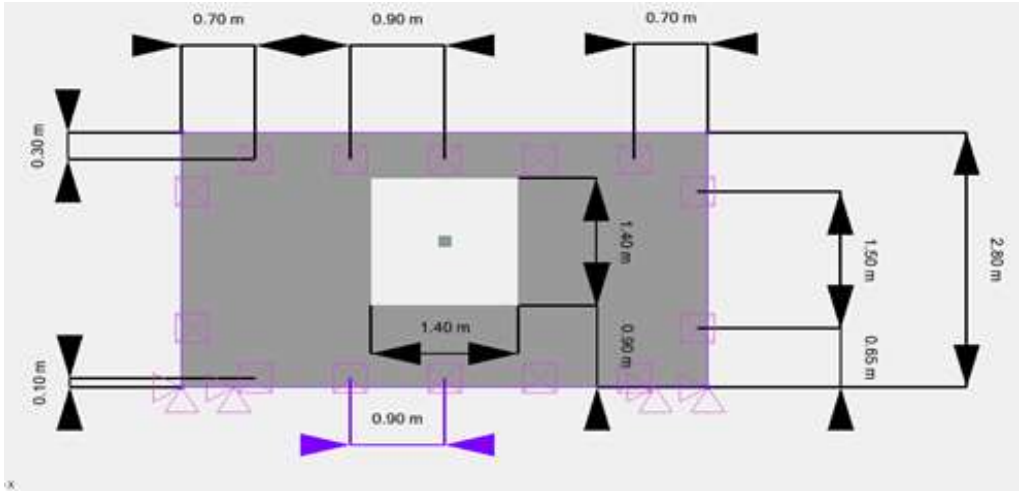
Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*	
	50	
3,50	0,16	L
	1,5	1



Entraxe des ancrages équerres Hautes	Min 90 cm Max 150 cm
Entraxes des ancrages équerres Basses	Min 90 cm Max 150 cm sauf si ouverture
Distance minimum d'un ancrage au bord du panneau	50 cm

- <u>Schéma principe 2 :</u>

Hauteur d'étage (m)	*Effort de vent : w (daN/m²)*	
	200	
3,50	0,16	L
	1,5	2



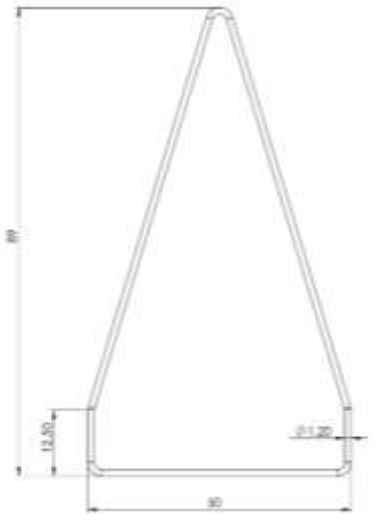
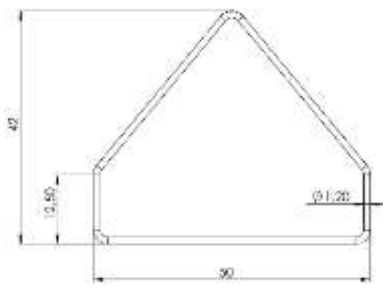
7.6. Résistance mécanique du système de levage

Des ancrages de levage sont disposés à mi-épaisseur du panneau lors de la phase de coulage du béton de bois, en dessous du niveau de l'arase haute du panneau.

Ces ancrages sont fournis par la société CCB Greentech ou fabriqués par les partenaires licenciés en conformité avec le présent Document Technique. Le nombre d'ancrages de levage est déterminé par la dimension et le poids des panneaux.

Après assemblage des panneaux sur chantier ces dispositifs sont masqués et ne sont plus accessibles.

Les ancrages sont forgés et soudés en acier doux de nuance Re 235 de diamètre 12 mm. Il existe différents types d'ancrage en fonction de la géométrie du panneau préfabriqué.

Références		
L25 GH	L50 GH	L01 50 PH
		

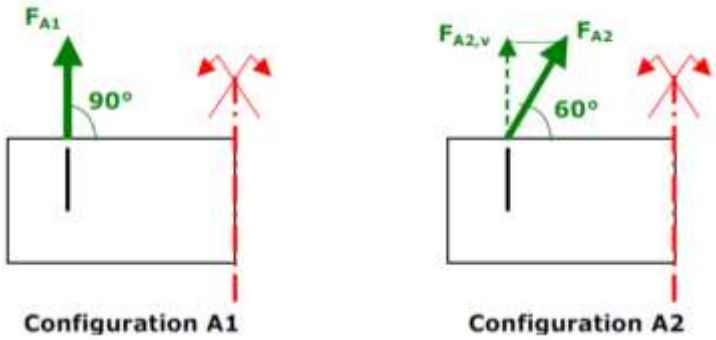
La largeur et la position de la partie saillante des ancrages sont telles que le crochet de l'élingue ne porte pas sur les parois en tête du panneau.

Les résistances CMU (Charge Maximale d'Utilisation) des différents ancrages utilisés sont listées ci-dessous :

Référence type d'ancrage	**Diamètre armature de l'ancrage**	**Epaisseur nominale de paroi [mm]**	**Enrobages nominaux [mm]**	**Levage en position verticale CMU [kN]**
L01 25 GH	12	≥ 160	≥ 75	**10**
L01 25 GH	12	≥ 240	≥ 110	**12**
L01 50 PH	12	≥ 240	≥ 110	**10**
L01 50 GH	12	≥ 240	≥ 110	**20**
L01 50 GH	12	≥ 160	≥ 75	**15**

Ces valeurs de CMU sont valables pour un levage vertical en configuration A, tel que défini dans le protocole de la CCFAT « Protocole d'essai pour les éléments de levage incorporés dans les MCI/MCII ».

- Configuration A1 – angle de 90° ;
- Configuration A2 – angle de 60°.



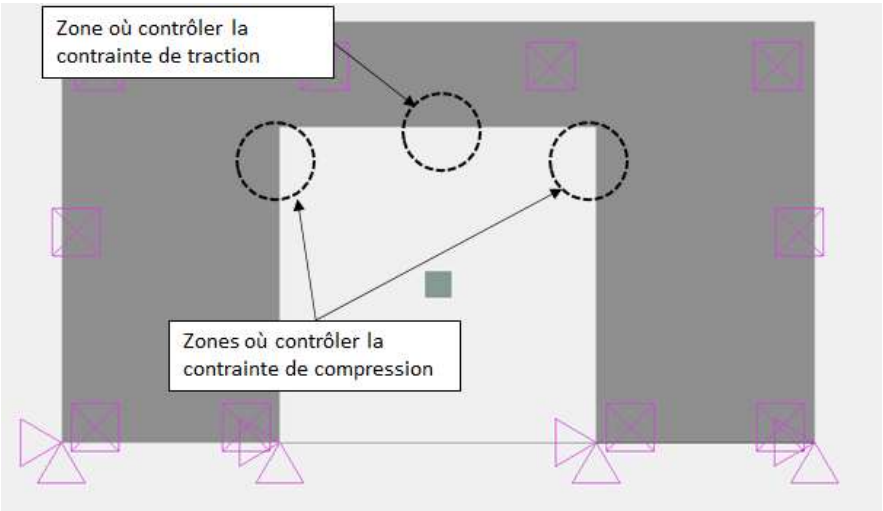
<u>Les caractéristiques du béton de bois pour atteindre ces résultats ont été obtenues :</u>

- Avec une formulation suivant l'abaque « Procédure 1 : Licence- CCB / P1 »,
- Avec une résistance minimum à la compression de 1,5 MPa lors du levage,
- Aucune cure du béton de bois – aucun étuvage.

7.7. Linteaux

La présence d'ouvertures dans les panneaux de façade « autoportante » FP2 peut nécessiter la mise en œuvre de linteaux en béton armé pour assurer le report de charges de part et d'autre de l'ouverture. Un linteau est nécessaire si au moins l'un des deux critères ci-dessous n'est pas respecté, sous combinaison ELS ou ELU :

- La contrainte de traction dans la partie supérieure de l'encadrement d'ouverture est inférieure à contrainte admissible (ELS : 0,38 MPa ; ELU : 0,63 MPa)
- La contrainte de compression au droit des appuis est inférieure à la contrainte admissible (ELS : 0,8 MPa ; ELU : 1,36 MPa)



Au stade d'un prédimensionnement, la contrainte de traction peut être évaluée en considérant le linteau comme étant une barre pseudo bi-encastré soumise à de la flexion pure. La contrainte de traction s'exprime alors :

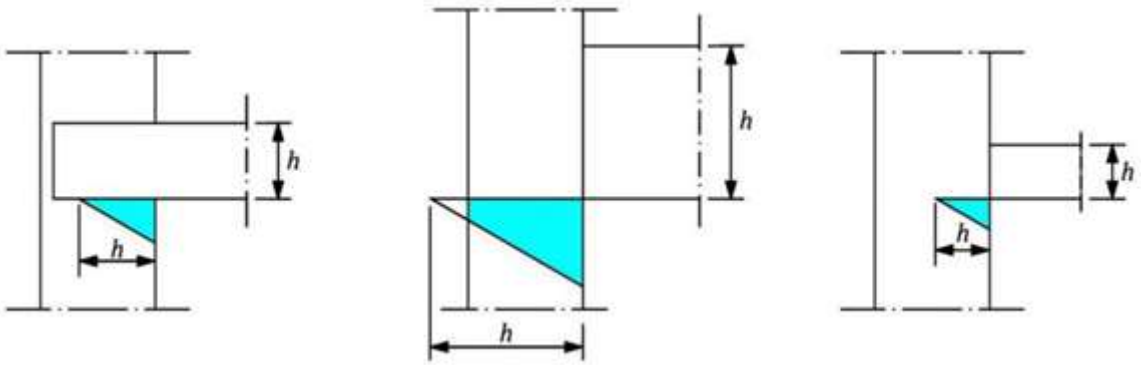
$$\sigma = \frac{M}{I} \times \frac{h_{linteau}}{2}$$

Avec :

- σ = la contrainte de traction à mi-portée en MPa,
- M = le moment à mi-portée en MN.m,
- I = moment quadratique en m^4,
- $h_{linteau}$ = hauteur du linteau en m.

Au stade d'un prédimensionnement, la contrainte de compression peut être évaluée à l'aide du §9.6.2 – Voiles porteurs – (III) de la FP P18-717 – Guide d'application de l'Eurocode 2. On considère que la contrainte est triangulaire et que la répartition de l'effort se fait sur la plus petite dimension entre la hauteur du linteau ou la largeur entre le bord du panneau et le bord de l'ouverture.

La mise en œuvre du linteau peut être réalisée en usine ou sur chantier. Dans le premier cas, une réservation est aménagée dans le panneau selon les dimensions précisées par le bureau d'étude. Dans le second cas, le panneau est livré en plusieurs pièces qui sont assemblés sur chantier. La liaison entre le linteau et les trumeaux est assurée par le biais d'une couche de mortier au niveau de l'interface entre les éléments du panneau et de platines métal de type CCB P300 (figures annexe 4 et du §3 de l'annexe 5).



8. Comportement en zone sismique

Dans le cas des bâtiments soumis aux règles parasismiques, seule la mise en œuvre des façades selon le mode « panneaux indépendants par niveau (FP3) » est autorisée. Les seules équerres admises dans cette configuration sont les modèles CCB LH-R\M et CCB LB-R. La démarche à suivre pour déterminer l'action sismique à prendre en compte sur les panneaux de façade est explicitée au §4.3.5 de l'Eurocode 8 dédié aux éléments non structuraux. La résistance des panneaux et leur système d'ancrage sous action sismique ont été validés par essais (dans les laboratoires mécaniques du CSTB). Le tableau ci-dessous précise les dispositions à respecter en fonction de la zone sismique et de la classe de sol. La masse supportée par un ancrage s'entend comme la masse totale du panneau (y compris les revêtements) divisé par le nombre d'ancrage haut et bas supportant le panneau.

masse supportée par ancrage ≤ 400 kg
masse supportée par ancrage ≤ 325 kg
masse supportée par ancrage ≤ 250 kg
Non valide dans cette configuration

Accélération m/s²		Diamètre des tirefonds			
		12 mm	14 mm		
ZONES SISMIQUES	2	1,93	1,93	A	CLASSES DE SOL
		2,6	2,6	B	
		2,89	2,89	C	
		3,08	3,08	D	
		3,47	3,47	E	
	3	3,03	3,03	A	
		4,08	4,08	B	
		4,54	4,54	C	
		4,84	4,84	D	
		5,45	5,45	E	
	4	4,4	4,4	A	
		5,94	5,94	B	
		6,6	6,6	C	
		7,04	7,04	D	
		7,92	7,92	E	

9. Fabrication et contrôles des panneaux TimberRoc

La mise en œuvre industrielle se décline sur deux axes :
- La fabrication du granulat additivé
- La préfabrication des panneaux TimberRoc.

9.1. Etapes de fabrication des panneaux TimberRoc

La fabrication du granulat de bois additivé est réalisée uniquement au sein de l'usine de CCB Greentech à Beaurepaire (38). Le granulat additivé est livré en vrac en remorques aux sites de production des panneaux. La fabrication du granulat additivé par CCB Greentech fait l'objet d'un CPU – Contrôle Production Usine – visé et contrôlé régulièrement par un organisme indépendant mandaté par CCB Greentech : CERIBOIS.

Préparation du granulat bois additivé

Le "granulat bois additivé", entrant dans la composition du béton de bois TimberRoc, est exclusivement réalisée par l'usine de production de la société CCB Greentech située à Beaurepaire (38).
Le granulat est obtenu à partir de billons de bois écorcés ou de chutes de scieries, d'essences de bois résineux provenant de forêts françaises gérées durablement. Des opérations spécifiques sont réalisées pour obtenir un granulat de bois d'une granulométrie définie ; lequel reçoit ensuite un traitement de minéralisation avec une alimentation régulée.
Cette fabrication fait l'objet d'un CPU avec des contrôles spécifiques tels que mentionné dans le document « CPU - PRODUCTION GRANULATS ADDITIVES ».
Une attention particulière est portée sur les points suivants :
- Caractéristiques du bois
- Densité apparente
- Granulométrie

Le granulat bois additivité est ensuite distribué en vrac, protégé des intempéries, aux sociétés de préfabrication licenciées, productrices des panneaux en béton de bois TimberRoc :
- usine de production CCB Greentech située à Beaurepaire (Isère 38),
- sites de production des industriels fabricants licenciés (§ 12.1).

Stockage du granulat bois

- les granulats de bois sont stockés sur une aire dédiée, confinée et abritée de la pluie, du ruissellement de l'eau de pluie et du vent,
- un contrôle des qualités du granulat de bois additivé stocké est réalisé selon les préconisations du document « Plan Assurance Qualité : Production des panneaux TimberRoc » en veillant aux délais de vérification,
- transfert du granulat bois dans des silos ou trémies connectés à l'installation et la centrale à béton de l'usine.

Préparation des coffrages

- mise en place des joues de coffrages sur les tables de coffrages métalliques rigides grâce à des systèmes à aimantation puissants,

- projection d'un décoffrant par pulvérisation,
- une table de coffrage peut accueillir plusieurs coffrages de panneaux en fonction de leur dimension.

Préparation du mortier béton de bois

Le granulat additivé est contrôlé à réception par rapport exigences définies dans le document « LT1-PAQ PROCESS PRODUCTION PREFABRICATION - TimberRoc ».
Le granulat de bois additivé est introduit dans une centrale à béton de bois automatisée et paramétrée avec les composants supplémentaires.

Le document « LT1-PAQ PROCESS PRODUCTION PREFABRICATION - TimberRoc » précise :

- Les quantités des composants supplémentaires à doser selon l'abaque fournie aux sites de préfabrication licenciés : poids pour le granulat additivé, volume pour l'eau, poids pour le ciment, volume pour l'additif.
- Les temps de malaxage.

Coulage des panneaux TimberRoc

- après malaxage, le mortier de béton de bois est coulé en 3 étapes grâce à un distributeur, automatique ou manuel, dans les coffrages :
  - ✓ 1er : coulage d'une première couche à mi-épaisseur,
  - ✓ 2ème : intégration des crochets de levages et appareillages techniques si besoin (boîtes électriques, gaines électriques ou fixations),
  - ✓ 3ème : coulage d'une seconde couche en débord du haut du coffrage.

Nivelage et compactage

- nivelage et compactage du béton de bois par une machine brevetée et spécifique, permettant d'automatiser la régulation de la surface supérieure du panneau, le compactage et de maîtriser le taux de compression du produit et ses propriétés,
- retrait des joues de coffrages.

Séchage ou étuvage

- séchage du panneau à l'air libre de l'atelier,
- ou envoi du panneau en étuve pour accélérer le processus de séchage : 10h minimum entre 30 et 45°C et 50% humidité.

Relevage des panneaux

- relevage des panneaux en béton de bois TimberRoc par le biais d'une table de relevage afin de réduire les efforts au sein du panneau,
- calage des panneaux sur le bas de la table de relevage avant l'opération,
- transfert des panneaux sur les racks de transport qui serviront au stockage et à la livraison sur le chantier.

9.2. Contrôles qualité interne

La fabrication des panneaux de façade TimberRoc est soumise à une procédure de contrôles internes, sur les bases et modalités d'un Contrôle Production Usine (CPU) défini, allant de l'approvisionnement des matières premières jusqu'à la fin du process de fabrication des panneaux.

Une attention particulière est portée sur les points suivants :

- dimensions et taux d'humidité des granulats de bois additivé,
- dosage du béton de bois,
- coulage du béton de bois,
- nivelage et compactage,
- panneaux FP2 et FP3 finis.

Pour suivre la qualité du béton de bois, un panneau de référence est coulé chaque semaine (ou chaque lot de granulats additivés) afin de garder une traçabilité. Un contrôle sur des échantillons prélevés sur ce panneau est réalisé par fréquence de 1000 m^2 de panneaux réalisés incluant des mesures de :

- densité,
- résistance en compression.

Ces mesures sont réalisées sur au minimum 3 éprouvettes à deux périodes :

- période de levage : 5 jours si séchage naturel,
- 28 jours +/-2jours.

En fin de chaîne de production, un contrôleur vérifie les dimensions, la rectitude des parois, la localisation et le dimensionnement des réservations sur la base des plans établis par le bureau d'études et dans la limite des tolérances de fabrication définies ci-dessus.

9.3. Contrôles qualité externe

Un contrôle portant sur le système de Contrôles de Production en Usine (CPU) est réalisé 2 fois par an, par un organisme de contrôle externe. Les contrôles et audits portent sur :

- l'examen des procédures de contrôles décrites dans le CPU,
- l'audit de l'usine pour vérification de la bonne application des procédures de contrôles.

10. Mise en œuvre des panneaux de façades sur chantier

La mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc est réalisée selon les préconisations et la procédure de mise en œuvre décrites dans le Plans Assurance Qualité Chantier établit par la société CCB GREENTECH. La pose des panneaux s'effectue de bas en haut, en commençant par le rez-de-chaussée. Deux modes de pose sont possibles :

- façades autoportantes (FP2) : les panneaux de façade TimberRoc sont rapportés devant la structure principale en béton existante ou une fois que celle-ci ait été édifiée et stabilisée définitivement dans toutes les directions. Les panneaux reposent les uns sur les autres et transmettent l'ensemble des charges verticales aux fondations,
- façades indépendantes par niveau (FP3) : les panneaux de façade TimberRoc sont mis en œuvre dans le cycle du gros œuvre béton, au fur et à mesure de son avancement. Les panneaux sont ancrés par niveaux et transmettent les charges (verticale et horizontale) au plancher du niveau dont ils dépendent, par l'intermédiaire de fixations spécifiques.

  En FP3, les dalles ou poutres horizontales de rive sont coulées contre les panneaux TimberRoc à l'avancement. Les éléments de structures verticaux en rive, de types poteaux ou refends, sont possiblement coulés contre les panneaux après vérification de la capacité des panneaux TimberRoc à retenir les efforts de poussée du coulage.

En résumé :

Mode de pose des panneaux	Une fois la structure béton édifiée (neuf ou existant)	Dans le cycle du gros œuvre béton
Panneaux autoportants (FP2)	X	
Panneaux indépendants par niveau (FP3)		X

Dans tous les cas, la structure porteuse principale doit être conçue et dimensionnée pour reprendre l'ensemble des efforts appliqués à l'ouvrage. Les panneaux TimberRoc ne peuvent et ne doivent en aucun cas participer, même de façon provisoire, à la stabilité locale ou générale de l'ouvrage. De plus, la structure porteuse devra être dimensionnée, et/ou protégée, pour répondre au degré de résistance au feu exigé par la réglementation incendie.

Les étapes principales de pose sont résumées dans les paragraphes suivants avec un renvoi aux figures et détails techniques en fin de dossier. Le dispositif de sécurité présenté sur les différentes figures (protections collectives de type garde-corps) est donné à titre d'exemple et peut être remplacé par un autre dispositif apportant un niveau de sécurité équivalent pour les opérateurs intervenant sur le chantier.

10.1. Consignes générales

Lors du transport, du levage et de la pose des panneaux, il est important de respecter les recommandations ci-après, afin de garantir la sécurité du chantier :

- majorer le poids propre des panneaux TimberRoc de 20%,
- vérifier les points d'élingage et la capacité de la grue en fonction du poids total des panneaux à lever,
- prévoir l'étaiement provisoire des panneaux TimberRoc en attendant leur fixation définitive, par l'intermédiaire d'étais "tirant-poussant".

10.2. Protection en cours de montage des panneaux

En phase de chantier et dans certaines conditions climatiques ou risques climatiques, il est nécessaire d'adopter des dispositions spécifiques basées sur le NF DTU 20.1 P1.1 paragraphe 5.1.2. Ainsi, lorsque la température est inférieure à 5°C, des précautions doivent être prises avec les mortier et béton coulés en place pour se prémunir contre le gel. Lors de fortes pluies / neige et de périodes de gel, les murs en béton de bois TimberRoc doivent être protégés par des bâches ou des auvents par exemple.

Pour les chantiers d'altitude ≥ 500m, les murs en béton de bois TimberRoc devront être protégés en période d'hivernage.

10.3. Tolérances d'exécution de la structure porteuse

La structure porteuse en béton, réalisée avant la pose des panneaux autoportants FP2 ou en même temps que la pose des panneaux indépendants FP3, devra respecter les tolérances d'exécution définies par les normes NF DTU 20.1 et 23.1. En outre, la structure devra respecter les tolérances ci-après, conformément à la norme NF DTU 31.4 :

- pour les surfaces horizontales (de type dalle) :
  - ✓ planéité horizontale au droit de la future façade : 7 mm rapportée à la règle de 2 m et 2 mm rapportée à un réglet de 200 mm,
  - ✓ horizontalité générale au droit du support de la façade de ± 1 % avec pour maximum 30 mm,
  - ✓ dimension de la dalle (longueur, largeur) comprise entre ± 10 mm,
  - ✓ équerrage en plan compris entre ± 10 mm sur une distance de 10 m,
  - ✓ planéité de la joue latérale de la dalle : 5 mm rapportée à la règle de 2 m et 2 mm rapportée à un réglet de 200 mm,
  - ✓ écart de l'alignement des nez de dalle inférieur ou égal au maximum de 7 mm ou h/400 (avec h : hauteur entre deux étages successifs).
- pour les surfaces verticales (de type mur) :
  - ✓ planéité verticale :
    - sous réglet de 200 mm, inférieure ou égale à 2 mm,
    - sous règle de 2 m, inférieure ou égale à 5 mm.
  - ✓ dimension (hauteur, longueur, épaisseur) comprise entre ± 10 mm,
  - ✓ équerrage dans le plan du mur compris entre ± 10 mm par étage.

De plus, les tolérances de hauteurs verticales de l'ouvrage à respecter sont définies par la norme NF EN 13670 :

- distance verticale entre deux niveaux consécutifs : ± 20 mm,
- hauteur totale du bâtiment : ± 20 mm si H ≤ 20 m ; ± 0,5 (H+20) mm si H>20 m et limité à 50 mm.

Lors de la pose des panneaux, et particulièrement lors de la pose des panneaux FP2, la reprise des tolérances verticales entre deux niveaux consécutifs (± 20 mm) est assurée par un calage (cales PVC) disposé sur et/ou sous les panneaux, puis noyé dans un mortier. Le calage permet de réaliser un réglage aussi bien en pied qu'en tête de panneau, de 0 à 20 mm.

10.4. Déformations admissibles de la structure porteuse

10.4.1. Cas des panneaux autoportant FP2

Les panneaux autoportants FP2 sont mis en œuvre après que la structure porteuse ait été édifiée. Ainsi, les planchers des différents étages de la structure porteuse auront déjà subi une déformation verticale sous poids propre, avant la pose des panneaux. Seule la déformation verticale sous flèche nuisible subsistera après la pose des panneaux. Les déformations horizontales (mise en parallélogramme de la structure sous charge de vent) et verticales (flexion maximale en milieu de plancher sous charge d'exploitation) devront être conformes aux limitations des flèches définies par la norme NF EN 1992 (Eurocode 2), et devront plus particulièrement respecter les déformations ci-après :

- déformation horizontale : H/500,
- déformation verticale : L/500.

Les équerres d'ancrage (§3.7.1) disposent d'un trou oblong vertical présentant une course ≥ 15 mm afin d'absorber les déformations verticales des planchers. Des limites de déformation de la structure porteuse plus faibles de celles de la norme NF EN 1992 peuvent être prescrites pour se conformer aux plages fonctionnelles des produits de calfeutrement intérieur.

10.4.2. Cas des panneaux indépendants FP3

Les panneaux indépendants FP3 sont mis en œuvre dans le cycle du béton (c'est-à-dire posés à l'avancement du coulage de la structure porteuse). La déformation du plancher sous flèche totale (incluant la flexion du plancher sous poids propre, notamment lors du désétaiement du plancher) devra être gérée par les systèmes de fixation, afin de ne pas engendrer d'effort dans les panneaux.

Les déformations horizontales (mise en parallélogramme de la structure sous charge de vent) et verticales (flèche totale maximale en milieu de plancher) devront être conformes aux limitations des flèches définies par la norme NF EN 1992 (Eurocode 2), et devront plus particulièrement respecter les déformations ci-après :

- déformation horizontale : H/500,
- déformation verticale : L/250.

Les équerres d'ancrage (§3.7.1) disposent d'un trou oblong vertical présentant une course de 30 mm afin d'absorber les déformations verticales des planchers.

10.5. Tolérances de mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc

La mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc (FP2 ou FP3) doit être conforme aux tolérances de mises en œuvre définies par la norme NF DTU 31.4 :

- pour la tolérance de verticalité, le faux-aplomb doit être inférieur ou égal au maximum des deux valeurs suivantes :
  - ✓ 5 mm sur une hauteur d'étage,
  - ✓ ou h/600 (avec h la hauteur d'un étage).
- pour la tolérance de raccordement, le désaffleurement entre éléments de structure de façades adjacentes ou superposées (y compris de part et d'autre d'un plancher) doit être inférieur ou égal à 3 mm.
- pour la tolérance de planéité, la mise en œuvre des éléments de paroi ne doit pas conduire à les déformer. La planéité mesurée à la règle de 2 m entre deux éléments de structure de façade superposés (y compris de part et d'autre d'un plancher) ne doit pas révéler une flèche supérieure à 5 mm, sauf si ces éléments sont décalés pour former un larmier.
- les tolérances dimensionnelles des façades du bâtiment doivent être comprises entre ± 10 mm pour une longueur / hauteur de 10 m avec une tolérance cumulée inférieure à 30 mm.

10.6. Mise en œuvre des panneaux de façade autoportants (FP2)

10.6.1. Principe général de pose

Le premier rang de panneaux (rez-de-chaussée) repose directement sur les fondations ou la première dalle béton. Les rangs de panneaux suivants (étages supérieurs) reposent et appuient directement sur le rang précédent. Les panneaux sont mis en œuvre devant la structure béton (nu extérieur des poteaux, refends et planchers béton en retrait par rapport à la première dalle béton).

Un matériau de désolidarisation, sous forme de bande de laine de roche, est interposées aux points de contact entre les panneaux de façade et les éléments de la structure porteuse (poteaux, refends, nez de plancher) (détails CV-2.1 à CV-2.4, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2).

Les charges verticales de la façade sont transmises directement aux fondations, par l'appui des panneaux sur la première dalle béton. Les efforts de basculement (pression/dépression du vent) des panneaux de façade sont repris à chaque étage par les ancrages ponctuels positionnés au niveau des planchers béton (§3.7.1). Ces ancrages présentent des trous oblongs verticaux, d'une course ≥ 15 mm, afin de permettre aux planchers béton de se déformer (sous charge d'exploitation, fluage, …) sans transmettre d'efforts verticaux dans les panneaux de façade TimberRoc.

Les panneaux sont positionnés horizontalement devant la structure porteuse béton, la hauteur des panneaux est égale à une hauteur d'étage, épaisseur de plancher comprise. Dans certains cas, les panneaux peuvent être disposés verticalement pour jouer le rôle d'acrotère (détails CV-4.1 et CV-4.2).

Les raccords verticaux toute hauteur entre panneaux de façade se trouvent au droit d'un poteau ou refend béton de la structure principale.

10.6.2. Pose des équerres d'ancrage et réglage de l'aplomb

Les équerres d'ancrage sont préalablement fixées à la structure béton, et permettent de régler l'aplomb général de la façade (figure 4). Les équerres sont fixées sur et en sous-face des différents planchers béton de chaque étage (et si nécessaire au droit des poteaux et refends de la structure principale) par l'intermédiaire de chevilles métalliques ou de vis à béton.

10.6.3. Mise en œuvre des bandes isolantes de désolidarisation

Au droit des interfaces "panneaux de façade/structure béton" (poteaux, refends et nez de dalle béton) des bandes d'isolation en laine de roche, de densité minimale de 40 kg/m3, comprimées à 75% de leur épaisseur, sont mises en œuvre par collage (figure 5). Ces bandes garantissent la désolidarisation mécanique des panneaux de façade avec la structure principale en béton, tout en assurant une continuité thermique et une rupture des ponts phoniques. De plus, elles permettent de satisfaire aux exigences de sécurité incendie afin de limiter la propagation au feu extérieur par les façades (IT249) (§6.3.1).

10.6.4. Assemblage des panneaux en pied de façade (RDC)

Le premier rang de panneaux repose sur une semelle de mortier d'imperméabilisation parfaitement plane, permettant de réaliser le réglage du niveau et de créer une barrière d'étanchéité contre les remontées capillaires (figure 2). Après séchage, un mortier est appliqué sur la semelle, assurant la liaison horizontale avec les panneaux (figure 6). Le pied des panneaux est posé sur le mortier et en butée contre les équerres d'ancrage en pied ; et la tête des panneaux est plaquée contre les ailettes verticales des équerres d'ancrage (figures 7 et 8). Les panneaux sont maintenus verticalement par des étais "tirant-poussant" (figure 9), le temps de les fixer définitivement par des tirefonds au droit des trous oblongs des équerres d'ancrage.

10.6.5. Assemblage des panneaux de façade des étages supérieurs

Sur le chant supérieur des panneaux de façade de l'étage précédemment mis en œuvre, un mortier est appliqué sur toute l'épaisseur du panneau (figure 10). Ce mortier assure la liaison horizontale entre les panneaux des différents étages. Ensuite les panneaux de façades sont directement posés sur ceux de l'étage inférieur (figure 11). Les panneaux sont maintenus verticalement par des étais "tirant-poussant", le temps de les fixer définitivement par des tirefonds au droit des trous oblongs verticaux des équerres d'ancrage.

Dans certain cas, il peut s'avérer nécessaire de réaliser un calage ponctuel entre les panneaux, avant l'application du mortier, afin de régler l'altimétrie des panneaux d'un étage avant la pose des suivants.

10.6.6. Traitement des étanchéités au droit des raccords verticaux entre panneaux

La jonction verticale entre panneaux de façade se fait au droit d'un poteau ou d'un refend béton (détails CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2).

La continuité thermique verticale entre panneaux est assurée par la mise en œuvre d'un isolant en laine de roche, de densité minimale de 40 kg/m3 et comprimée à 75% de son épaisseur.

Les étanchéités à l'eau et à l'air sont traitées par la mise en œuvre d'une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion (§3.5.3), au droit de la jonction verticale au nu extérieur des panneaux.

Dans le cas où, une performance d'étanchéité à l'air intérieure est requise (entre deux logements mitoyens) une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion (§3.6) est mise en œuvre au niveau des cavités verticales formées entre les poteaux (ou refend) béton et les feuillures périphériques réalisées sur la face intérieure des panneaux de façade TimberRoc.

10.6.7. Traitement des étanchéités au droit des nez de dalle béton (raccords horizontaux entre panneaux)

La jonction horizontale entre panneaux de façade se fait au droit d'un nez de dalle béton (détails CV-2.1 à CV-2.4).

La continuité thermique horizontale entre panneaux et l'étanchéité à l'eau et à l'air sont obtenues par le mortier mis en œuvre sur toute l'épaisseur du panneau lors du montage de la façade.

Dans le cas où, une performance d'étanchéité à l'air intérieure est requise, particulièrement entre deux logements mitoyens, une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion (§3.6) est mise en œuvre au niveau des cavités horizontales formées entre la dalle béton et les feuillures périphériques réalisées sur la face intérieure des panneaux de façade TimberRoc.

10.7. Mise en œuvre des panneaux de façade indépendants par niveau (FP3)

10.7.1. Principe général de pose

Les panneaux de façade sont mis en œuvre dans le cycle du gros œuvre béton, c'est-à-dire que les panneaux de façade sont montés et assemblés en même temps et au fur et à mesure de l'avancement de la structure principale en béton. Lorsque que le plancher béton (voire les poteaux et refends) d'un étage N est achevé, les panneaux de façade de cet étage sont mis en œuvre directement sur le bord du plancher de l'étage N. La partie supérieure des panneaux de façade de l'étage N sert de coffrage de rive pour la dalle de l'étage N+1.

Le premier rang de panneaux (rez-de-chaussée) repose directement sur les fondations ou la première dalle béton. Les panneaux des étages supérieurs reposent et appuient sur le plancher béton du niveau auquel ils appartiennent. Aussi, les charges verticales sont transmises directement niveau par niveau aux planchers béton. Les efforts de basculement (pression/dépression du vent) des panneaux sont

repris à chaque étage par des ancrages ponctuels positionnés au niveau des planchers béton (dessus et en sous-face) (§3.7.1). Ces ancrages présentent des tous oblongs verticaux, d'une longueur de 30 mm, afin de permettre aux planchers béton de se déformer (sous poids propre, sous charge d'exploitation, fluage, …) sans engendrer d'efforts verticaux dans les panneaux de façade TimberRoc. Un matériau de désolidarisation, sous forme de bande de laine de roche, est interposé aux points de contact entre les panneaux de façade et les éléments de la structure porteuse (poteaux, refends, nez de plancher) (détails CV-3.1 à CV-3.4, CH-1.1 à CH-1.2, CH-2.1 à CH-2.2, CH-3.1 à CH-3.2 et CH-4.1 à CH-4.2).

Les panneaux sont positionnés horizontalement devant la structure porteuse béton, la hauteur des panneaux est égale à une hauteur d'étage, épaisseur de plancher comprise. Dans certains cas, les panneaux peuvent être disposés verticalement pour jouer le rôle d'acrotère (détails CV-4.1 et CV-4.2).

10.7.2. Assemblage des panneaux en pied de façade (RDC)

Le premier rang de panneaux repose sur une semelle de mortier d'imperméabilisation parfaitement plane, permettant de réaliser le réglage du niveau et de créer une barrière d'étanchéité contre les remontées capillaires (figure 13). La semelle présente une épaisseur moyenne de 30 mm et une largeur correspondant à l'épaisseur des panneaux. TimberRoc. Après séchage, un mortier de pose est appliqué sur la semelle, assurant la liaison horizontale avec les panneaux (figure 14). Des équerres d'ancrage (modèles définis selon les efforts horizontaux à reprendre, §3.7.1) sont fixées sur le dessus de la dalle assurant le réglage de la profondeur de la façade. Ensuite les panneaux sont posés et maintenus verticalement par des étais "tirant-poussant", permettant également le réglage de l'aplomb des panneaux et sont fixés aux équerres d'ancrage à l'aide de tirefonds (figures 14 à 16).

10.7.3. Pose des fixations supérieures en tête de panneaux

En tête de panneaux, et selon les efforts horizontaux à reprendre, des équerres d'ancrage (LH-R\M ; §3.7.1) sont fixées aux panneaux à l'aide de tirefonds (figure 16). Les équerres d'ancrage sont pourvues de fers à béton courbés qui seront ligaturés aux armatures métalliques de la dalle avant coulage du béton.

10.7.4. Coulage du plancher béton de l'étage N

Une fois les panneaux de l'étage N-1 posés et étayés, une bande de laine de roche est disposée en tête de panneau au droit de la feuillure prévue à cet effet, sur une hauteur correspondant à l'épaisseur de la dalle béton à couler. Cette bande de laine de roche, de 20 mm d'épaisseur et de densité minimale 120 kg/m^3, sert de fond de coffrage à la rive de la dalle béton et garantit la désolidarisation mécanique des panneaux de façade avec la structure principale en béton (figures 17 et 18). De plus, elle permet de satisfaire aux exigences de sécurité incendie afin de limiter la propagation au feu extérieur par les façades (IT249) (§6.3.1).

Les éléments constituant le fond de coffrage de la dalle béton ne doivent pas reposer sur le haut des panneaux. Un jeu résiduel de 20 mm doit subsister sous le coffrage (figure 17).

Une fois le coffrage de la dalle de l'étage N mis en œuvre et la pose des armatures métalliques réalisées, la dalle béton est coulée et nivelée (figures 18 et 19). Les équerres d'ancrage (LH-R/M ; §3.7.1) se retrouvent scellées dans la dalle béton, assurant la fixation définitive des panneaux de façade à la structure béton.

Il est envisageable de couler également les poteaux en béton armé en se servant des panneaux TimberRoc FP2/FP3 comme d'arrêt de coffrage sur l'extérieur des poteaux. Dans ce mode de mise en œuvre, on procédera au coulage des poteaux à minimum en 2 temps sur toute la hauteur d'un étage. Si l'épaisseur de planelle extérieure résiduelle est inférieure à 100mm, on vérifiera par un calcul de poussée du béton au coulage, le nombre de reprise de coulage afin que les panneaux puissent supporter la pression lors du coulage.

10.7.5. Mise en œuvre des panneaux de façade des étages supérieurs

Des équerres d'ancrage (modèles définis selon les efforts horizontaux à reprendre, §3.7.1) sont fixées sur le dessus de la dalle assurant le réglage de la profondeur de la façade. Ensuite les panneaux de façade de l'étage supérieur sont posés sur le bord de la dalle béton (figures 20 et 21). Les panneaux sont maintenus verticalement par des étais "tirant-poussant", permettant également le réglage de l'aplomb des panneaux.

Un jeu de fractionnement horizontal moyen de 30 mm est aménagé au droit de la jonction horizontale entre le haut des panneaux de l'étage N-1 et le bas des ceux de l'étage N. Un isolant en laine de roche, de densité minimale de 40 kg/m3 et comprimé à 75% de son épaisseur, est mis en œuvre au droit de ce fractionnement (détails CV-3.1 à CV-3.4).

10.7.6. Traitement des étanchéités au droit des raccords verticaux entre panneaux

Traitement des étanchéités identique à celui du mode de pose des façades autoportantes FP2 (§10.6.6).

10.7.7. Traitement des étanchéités au droit des nez de dalle béton (raccords horizontaux entre panneaux)

La jonction horizontale entre panneaux de façade se fait au droit d'un nez de dalle béton (détails CV-3.1 à CV-3.4).

La continuité thermique horizontale entre panneaux est obtenue par une bande de laine de roche de densité minimale de 40 kg/m3 et comprimé à 75% de son épaisseur, permettant également de satisfaire aux exigences de sécurité incendie afin de limiter la propagation au feu extérieur par les façades (IT249) (§6.3.1).

L'étanchéité à l'eau et à l'air de la façade est traitée par la mise en œuvre d'une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion (§3.5.3), au droit de la jonction horizontale au

nu extérieur des panneaux. Dans le cas où, une performance d'étanchéité à l'air intérieure est requise, particulièrement entre deux logements mitoyens, une mousse flexible d'étanchéité à base de polyuréthane à faible expansion (§3.6) est mise en œuvre au niveau des cavités horizontales formées entre la dalle béton et les feuillures périphériques réalisées sur la face intérieure des panneaux de façade TimberRoc. La mise en œuvre de la mousse flexible est obligatoirement réalisée après le désétaiement des planchers de la structure porteuse, les plages fonctionnelles des calfeutrements seront vérifiées au regard des déformations de la structure porteuse (§10.4).

10.8. Choix des complexes de murs / revêtements en fonction des expositions à la pluie et au vent

Les panneaux FP2 et FP3 en béton de bois ne garantissent pas une étanchéité complète à la pluie battante – pour les usages courants il est nécessaire de prévoir un parement extérieur pour assurer une barrière à l'eau. Le choix de la configuration adaptée au projet s'appuie sur le DTU 20.1, il faut en premier identifier le niveau d'exposition à la pluie.

10.8.1. Niveau d'exposition à la pluie

Pour définir l'exposition des murs à la pluie et au vent, on se réfère au NF DTU 20.1-P3 qui précise que trois paramètres sont à considérer :

• la situation de la construction, quatre situations sont distinguées :

A/ constructions situées à l'intérieur des grands centres urbains (villes où la moitié au moins des bâtiments ont plus de quatre niveaux) ;
B/ constructions situées dans les villes petites et moyennes ou à la périphérie des grands centres urbains ;
C/ constructions isolées en rase campagne ;
D/ constructions isolées sur le littoral ou situées dans les villes côtières,

• la hauteur de la paroi au-dessus du sol

Il est distingué de ce point de vue, les parois dont la partie supérieure, à une hauteur d'étage courant près, se situe :

- à moins de 6 m au-dessus du sol ;
- entre 6 m et 18 m ;
- entre 18 m et 28 m ;

• la présence ou l'absence d'une protection contre le vent

Les façades sont classées en trois catégories, les critères sont précisés dans le NF DTU 20.1-P3:

- les façades abritées ;
- les façades non abritées ;
- les façades en front de mer.

10.8.2. Types de murs en panneaux FP2/FP3

Les types de murs présentés dans les 2 tableaux suivants sont définis par analogie avec les types de mur définis dans le NF DTU 20.1 P3.

On distingue 4 types de murs selon l'efficacité du complexe ITI de mur :

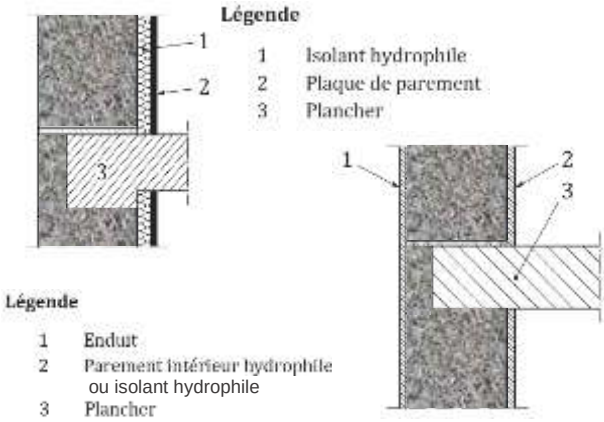
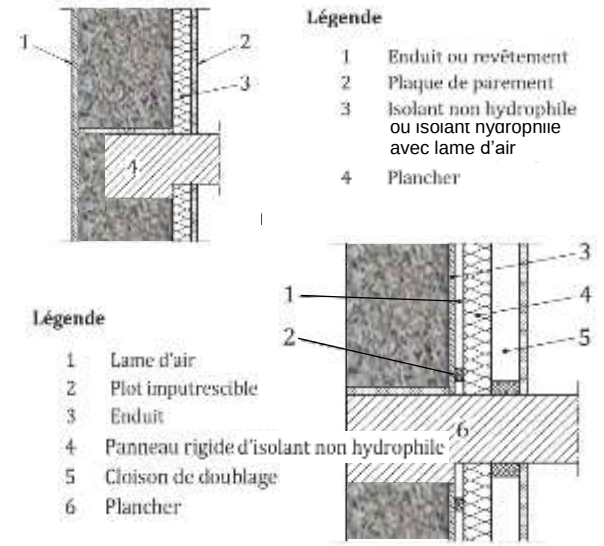
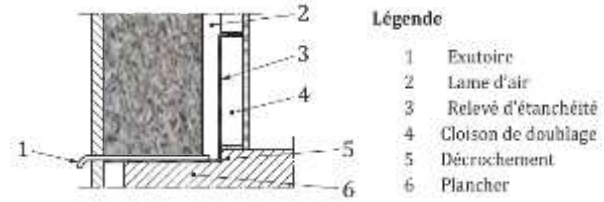
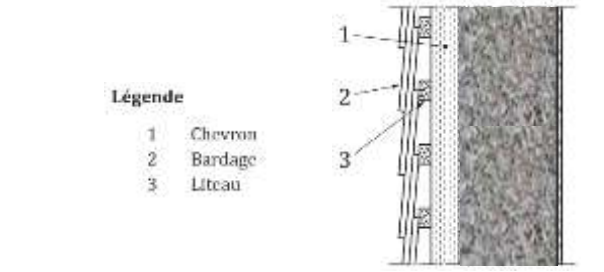
Type de mur	Description	Configuration
Ia **&** **Ib**	Le mur de type I ne comporte aucun revêtement étanche sur son parement extérieur et aucune coupure de capillarité dans son épaisseur. Soit le mur béton de bois est apparent côté extérieur (ou avec un minéralisant hydrofuge) et avec un parement sur isolant hydrophile côté intérieur. Soit le mur présente un enduit côté extérieur et avec un parement hydrophile côté intérieur.	
IIa **&** **IIb**	Le mur de type II ne comporte aucun revêtement étanche sur son parement extérieur mais présente dans son épaisseur une coupure de capillarité continue. Pour le mur IIa, la coupure de capillarité est constituée par des panneaux isolants non hydrophiles en contact avec le mur en béton de bois. Pour le mur IIb, la coupure de capillarité est constituée d'une lame d'air continue entre le mur en béton de bois et la contre-cloison intérieure, la cloison intérieure comporte un panneau d'isolant non hydrophile, rigide ou semi-rigide.	
III	Le mur de type III ne comporte aucun revêtement étanche sur son parement extérieur mais présente une lame d'air continue entre le mur en béton de bois et la contre-cloison intérieure, la base de la lame d'air étant munie d'un dispositif d'évacuation de l'excédent d'eau vers l'extérieur.	
IV	Le mur de type IV comporte un revêtement étanche sur la paroi extérieur du mur en béton de bois. La solution classique est un bardage extérieur étanche à recouvrement.	

Tableau : Types de murs en ITI ou sans isolation

On distingue 4 types de murs selon l'efficacité du complexe ITE de mur :

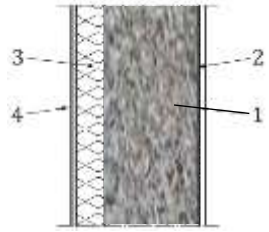
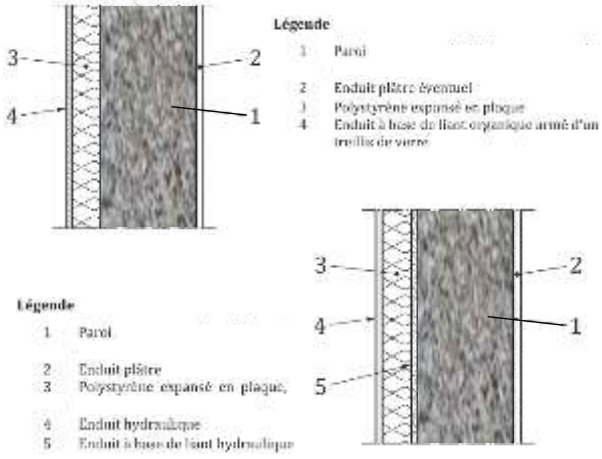
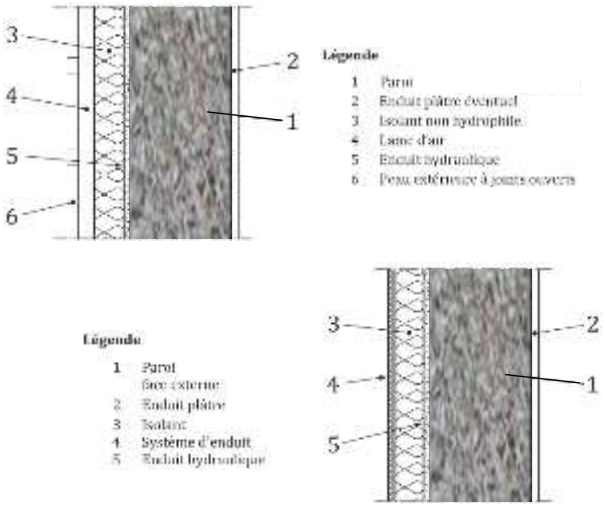
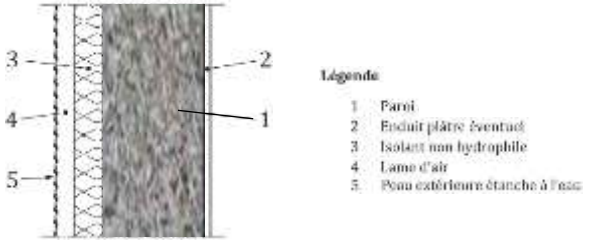
Type de mur	Description	Configuration
XI	Le mur de type XI ne comporte aucune disposition spécifique permettant de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie jusqu'au parement intérieur. Le système d'isolation et la paroi support sont chacun considérés comme perméables à l'eau.	
XII	Le mur de type XII comporte : • Soit un système d'isolation capable de s'opposer au cheminement de l'eau de pluie vers l'intérieur • Soit l'épaisseur de la paroi en béton de bois et un enduit extérieur (équivalent type I) empêche l'eau de pénétrer vers l'intérieur pour des faibles quantités.	
XIII	Le mur de type XIII ne comporte : • Soit un système d'isolation par l'extérieur pas totalement étanche à l'eau mais derrière lequel est disposé une lame d'air continue. • Soit un système d'isolation par l'extérieur s'opposant au cheminement de l'eau par capillarité et gravité mis en œuvre sur un mur en béton de bois d'épaisseur suffisante pour s'opposer au cheminement de l'eau qui pourrait l'atteindre accidentellement.	
XIV	Le mur de type IV comporte un revêtement étanche sur la paroi extérieur du mur en béton de bois. La solution classique est un bardage extérieur étanche à recouvrement avec isolation incorporée.	

Tableau : Types de murs en ITE

10.8.3. Choix des configurations minimums en panneaux FP2/FP3

Voir les cas des situations A, B, C et D dans le paragraphe 10.8.1

Parois en panneaux FP2/FP3 destinées à être enduites et recevoir une isolation par intérieur :

Hauteur du mu au-dessus du sol (en m)	**Situations A, B ou C**		**Situation D** *Zone littorale située à plus de 1000 m du front de mer*		
	Façade abritée	**Façade non abritée**	**Façade abritée**	**Façade non abritée Zone littorale**	**Façade non abritée Front de mer**
< 6 m	IIa	IIa	IIa	IIa	IIb
6 à 18 m	IIa	IIa	IIa	IIa	IIb
18 à 28 m	IIa	IIa	IIa	IIb	III

Parois en panneaux FP2/FP3 destinées à être isolées par l'extérieur :

Hauteur du mu au-dessus du sol (en m)	**Situations A, B ou C**		**Situation D** *Zone littorale située à plus de 1000 m du front de mer*		
	Façade abritée	**Façade non abritée**	**Façade abritée**	**Façade non abritée Zone littorale**	**Façade non abritée Front de mer**
< 6 m	XI	XI	XI	XII	XII
6 à 18 m	XI	XII	XI	XII	XII
18 à 28 m	XI	XII	XI	XII	XIII

11. Intégration des menuiseries et traitement des tableaux extérieurs

Les menuiseries sont mises en œuvre sur chantier ou en usine. Elles sont posées en applique intérieure (les poses en applique extérieure et en tunnel sont exclues) :

- au nu intérieur des panneaux TimberRoc (détails CV-5.1 à CV-5.2 et CH-5.1 à CH-5.2),
- ou en feuillure intérieure dans l'épaisseur des panneaux TimberRoc (détails CV-5.3 à CV-5.4 et CH-5.3 à CH-5.4)

Dans le cas où les façades doivent satisfaire aux exigences de sécurité incendie, afin de limiter la propagation au feu extérieur par les façades (IT249), le traitement des tableaux et linteaux des ouvertures devra être traité conformément aux dispositions présentées au (§6.3.3).

11.1. Prescriptions relatives à la mise en œuvre des menuiseries

11.1.1. Cas des revêtements extérieurs non ventilés (enduit ou ETICS)

Les paragraphes ci-dessous décrivent les différentes étapes de mise en œuvre :

- en périphérie d'ouverture, un ragréage au mortier de ciment finement lissé est réalisé sur la face intérieure des panneaux TimberRoc sur une largeur de 120mm afin d'offrir une surface de contact lisse et parfaitement plane (figure 26).Pour faciliter la mise en place de ce ragréage, une réservation de largeur 120 mm et de profondeur 5 mm peut être aménagée lors du coulage du béton de bois (§4.1 ; figures 1 et 25). La réservation est ensuite comblée avec le mortier au ciment, finement lissé,
- pose d'un fond de joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7 mm, en périphérie d'ouverture sur la face intérieure des panneaux TimberRoc (figure 27),
- mise en œuvre d'une cornière métallique, formant pièce d'appui pour la menuiserie, de type « CFIL Renfort BT » de la société Louineau, ou autre cornière avec des caractéristiques et des performances équivalentes (figure 28),
- mise en œuvre d'un cordon de mastic-silicone au droit de l'interface "cornière d'appui / panneaux TimberRoc (figure 29),
- pose d'un calage d'épaisseur 5 mm, dans le sens de la pente (10%), afin de créer une lame d'air en sous-face de la bavette d'appui métallique (figure 30),
- mise en œuvre d'un cordon de colle-mastic étanche sur le calage précédent, de type "PU40+", ou autre colle-mastic étanche avec des caractéristiques et des performances équivalentes (figure 31),
- mise en place d'une bavette d'appui métallique (§3.8.3 et §3.8.4 ; figure 32). Elle devra déborder au minimum de 20 mm par rapport au nu extérieur du revêtement extérieur rapporté sur le panneau TimberRoc,
- pose d'une bande adhésive d'étanchéité à l'air au niveau du retour horizontal entre la bavette d'appui et la cornière d'appui (figure 33),
- mise en place d'une cale de 5 mm d'épaisseur (PVC, CTB-X, …), au niveau de la cornière d'appui métallique (figure 34),
- pose d'un fond de joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7 mm, positionné devant la cale et rejoignant le fond de joint vertical précédemment posé (figure 35),
- mise en œuvre d'un cordon de mastic-silicone en périphérie d'ouverture, , sur la face intérieure des panneaux TimberRoc, au droit de l'interface "dormant de menuiserie/panneau TimberRoc" (figure 35),
- positionnement des équerres de fixation de la menuiserie, à l'aide de clameaux ou de vis, sur les chants latéraux du dormant de la menuiserie. L'équerre doit dépasser de 5 mm par rapport au nu extérieur de la menuiserie (figure 36),
- pose de la menuiserie (figure 37) :
  - ✓ appui de la menuiserie sur la cornière d'appui,
  - ✓ basculement de la menuiserie jusqu'à la mise en butée des équerres contre le panneau TimberRoc,
  - ✓ fixation définitive de la menuiserie dans le panneau TimberRoc par vissage au droit des équerres.

11.1.2. Cas des revêtements extérieurs ventilé avec précadre d'habillage à assembler (§3.8.4)

Les étapes de mise en œuvre de la menuiserie sont identiques à celles du §11.1.1, complétées des étapes suivantes :

- mise en place et fixation des épingles (§3.8.4 ; figure 38), permettant le maintien par emboitement des extrémités des profils de jambages verticaux et du profil de linteau (pièce ❶ ; §3.8.4),
- application d'un cordon de mastic-silicone au droit de l'interface "épingles/dormant de menuiserie (figure 38),
- pose et fixation des jambages verticaux ainsi que des deux profils de linteaux (pièces ❶ et ❷ ; §3.8.4 ; figure 39).

11.1.3. Cas des revêtements extérieurs ventilés avec précadre soudé étanche monobloc (§3.8.4)

Les paragraphes ci-dessous décrivent les différentes étapes de mise en œuvre :

- en périphérie d'ouverture, sur la face intérieure des panneaux TimberRoc, une réservation de largeur 120 mm et de profondeur 5 mm est ménagée lors du coulage du béton de bois (§4.1 ; figures 1et 25). La réservation est comblée par un mortier au ciment, finement lissé, afin d'offrir une surface de contact lisse et parfaitement plane (figure 26),
- pose d'un fond de joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7, en périphérie d'ouverture sur la face intérieure des panneaux TimberRoc (figure 27),
- mise en œuvre d'une cornière métallique, formant pièce d'appui pour la menuiserie, de type « CFIL Renfort BT » de la société Louineau, ou autre cornière avec des caractéristiques et des performances équivalentes (figure 28),
- mise en œuvre d'un cordon de mastic-silicone au droit de l'interface "cornière d'appui / panneaux TimberRoc (figure 29)
- pose d'un calage d'épaisseur 5 mm, dans le sens de la pente (10%), afin de créer une lame d'air en sous-face de la bavette d'appui métallique (figure 30),
- pose d'un joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7, en périphérie d'ouverture sur la face extérieure des panneaux TimberRoc (figure 40),
- mise en œuvre et fixation du précadre soudé étanche monobloc (§3.8.4 ; figure 41),
- pose d'une bande adhésive d'étanchéité à l'air au niveau du retour horizontal entre la bavette d'appui et la cornière d'appui (figure 42),
- mise en place d'une cale de 5 mm d'épaisseur (PVC, CTB-X, …), au niveau de la cornière d'appui métallique (figure 43),
- pose d'un fond de joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7, positionné devant la cale et rejoignant le fond de joint vertical précédemment posé (figure 44),
- mise en œuvre d'un cordon de mastic-silicone en périphérie d'ouverture, sur la face intérieure des panneaux TimberRoc, au droit de l'interface "dormant de menuiserie/panneau TimberRoc" (voir figure 44),
- pose d'un joint en mousse imprégnée précomprimée, de plage d'utilisation 3-7, sur la face intérieure du précadre soudé étanche monobloc (figure 45),

- positionnement des équerres de fixation de la menuiserie, à l'aide de clameaux ou de vis, sur les chants latéraux du dormant de la menuiserie. L'équerre doit dépasser de 5 mm par rapport au nu extérieur de la menuiserie (figure 36),
- pose de la menuiserie (figure 46) :
  - ✓ appui de la menuiserie sur la cornière d'appui,
  - ✓ basculement de la menuiserie jusqu'à la mise en butée des équerres contre le panneau TimberRoc,
  - ✓ fixation définitive de la menuiserie dans le panneau TimberRoc par vissage au droit des équerres.

12. Distribution, études et assistance chantier

12.1. Distribution

La distribution des panneaux de façade TimberRoc est réalisée directement et exclusivement par la société CCB GREENTECH depuis le site de production situé à Beaurepaire (38), ainsi que par les sociétés partenaires (industriel fabricant licencié) depuis leur propre site de production.

Sites de production licenciés (Classement alphabétique) :

CCB Greentech

515 route de Marcollin, 38270 Beaurepaire

R-Technologies – HOLDING CHEMINAL

229 Route des Grands Champs Sud, 74580 VIRY

Spurgin Ile de France / Ouest

1 allée du Petit Courtin, ZA des Bois Gueslin, 28630 MIGNIERES

Spurgin Grand Est

Rue Louis Renault Z.I, 68127 SAINTE-CROIX-EN-PLAINE

Spurgin Nord

Route de Ham, 80190 NESLE

Spurgin Rhône-Alpes

Allée des noisetiers, 01150 BLYES

Spurgin Sud

ZAC du grand pont, rue de l'Ouest, 13640 LA ROQUE D'ANTHERON

12.2. Etudes techniques

Couramment, les études techniques (notes de calculs et dossiers de plans) d'un projet sont réalisées par le bureau d'études interne du fabricant des panneaux TimberRoc en charge du projet. Ainsi, les études techniques sont réalisées soit par la société CCB GREENTECH ou par une société partenaire (industriel fabricant licencié).

Dans certains cas, les études techniques peuvent être réalisées par des bureaux d'études techniques (BET) externes ayant été formés et agréés au préalable par la société CCB GREENTECH.

En amont des études techniques, la société CCB GREENTECH, les fabricants licenciés et les BET externes peuvent proposer l'une ou l'ensemble des missions suivantes :

- aide à la prescription et au chiffrage auprès de la maîtrise d'ouvrage et/ou maîtrise d'œuvre,
- appui technique en phase projet,
- assistance au pilotage et à la coordination avec les autres corps d'états.

12.3. Assistance chantier

La société CCB GREENTECH et les fabricants licenciés fourniront systématiquement au client une documentation technique sur les spécificités de mise en œuvre des panneaux de façade TimberRoc. De plus, l'ensemble des nouveaux clients ou des clients utilisant pour la première fois les panneaux TimberRoc seront assistés par un formateur compétent, de la société ayant produit les panneaux (société CCB GREENTECH ou fabricant industriel licencié). L'assistance portera tant sur l'aide à la préparation du chantier que lors du montage des premiers panneaux TimberRoc.

B. Résultats expérimentaux

Résistance mécanique

- [RE01.1] Essais d'ancrage par tirefond et vis sur support bois-béton ; Rapport LMC2 avril 2022,
- [RE01.2] Essais de résistance à la traction d'une équerre dans un support en béton de bois ; Rapport LMC2 d'Août 2022,
- [RE01.3] Essais de résistance à la traction d'une équerre dans un support en béton de bois ; Rapport LMC2 d'Octobre 2022,
- [RE02] Essais de flexion sur un procédé en béton de bois ; Rapport CSTB N°EEM 21-08281-B de juin 2022,
- [RE03] Essais de compression sur trumeaux en charge centrée ; Rapport CSTB N°EEM 21-02349 du 21 juin 2021,
- [RE04] Essais de compression sur éprouvettes béton de bois ; Rapport CERIBOIS RA-TCA0045-2 de janvier 2022,
- [RE05] Essais de cisaillement sur éprouvettes béton de bois – Rapport de l'Université Claude Bernard Lyon 1 – Laboratoire LMC2 N°201911-V1 de novembre 2019,
- [RE06] Essais de détermination des CMU des ancrages de levage ; Rapport de l'Université Claude Bernard Lyon 1 – Laboratoire LMC2 N°202110-V3 d'octobre 2021,
- [RE07] Rapport d'essais du CSTB n° EEM 21-08281-A-TEST Concernant des essais sismiques de mise en parallélogramme sur un procédé en béton de bois (TimberRoc)
- [RE08] Rapport d'essais du CSTB n° EEM 21-08281-A-R&D Concernant des essais sismiques d'excitation dans le plan et perpendiculaire au plan sur un procédé en béton de bois (TimberRoc)

Résistance et réaction au feu

- [RE09] Procès-Verbal de classement au feu ; PV CSTB N° RS21-011/A du 23/04/2021,
- [RE10] Essai de réaction au feu ; Rapport de classement de la réaction au feu EFECTIS N° EFR-21-004492-Révision1 du 25 mai 2022,
- [RE11] Appréciation de laboratoire ; APL EFECTIS N° EFR-21-005044 du 31 mai 2022.
- [RE12] Essai de chaleur de combustion mobilisable CCM ; Rapport EFECTIS N° EFR-21-F-001489 du 16 juin 2021,

Sécurité intérieure

- [RE13] Essais sur panneaux en béton de bois : choc mou ; Rapport LMC2, avril 2022

Performances thermiques et comportement hygrothermique

- [RE14] Mesure du coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau ; Rapport FCBA N° 403/21/0428/B-4-v1 du 5 octobre 2021,
- [RE15] Mesure du coefficient de dilatation thermique ; Rapport FCBA N° 403/21/0428/B-1-v2 du 6 octobre 2021,
- [RE16] Mesure du coefficient de dilatation hygrothermique ; Rapport FCBA N° 403/21/0428/B-2-v1 du 19 août 2021,
- [RE17] Mesure de capacité thermique massique ; Rapport LNE N°P212466 du 8 juin 2021,
- [RE18] Etude thermique ; Rapport ASTI N° 20210827 du 17 juin 2022,
- [RE19] Etude de transferts hygrométriques dans les parois ; Rapports LNE N°P220247-DEC/5/6/7, N°P224496-DEC/4, et N°P228854-DEC/3/4 du 30 mars 2023.

Affaiblissement acoustique

- [RE20] Essais mesures d'indice d'affaiblissement acoustique aux bruits aériens ; Rapport FCBA N° 404/19/272 du 5 décembre 2019,
- [RE21] Essais mesures d'indice d'affaiblissement acoustique aux bruits aériens ; Rapport CSTB N° AC21-08639, août 2022

Etanchéité

- [RE22.1] Essais air, eau, vent sur façade ; Rapport Bois HD BHD22464-E01-A
- [RE22.2] Essais air, eau, vent sur façade ; Rapport Bois HD BHD22488-E01-A
- [RE25] Rapport d'essais du CERIB n°036821 « Essai Etanchéité à l'eau d'un panneau 16cm enduit extérieur »
- [REE26] Rapport d'essais du CERIB n°032881 « Essai Etanchéité à l'air d'un panneau 16cm enduit extérieur »

Durabilité

- [RE29] Essais de résistance aux termites ; Rapport FCBA N° 401/19/077Z du 6 janvier 2020,
- [RE30] Essais de résistance aux développements des moisissures ; Rapport FCBA N° 401/19/077Z BIS/1/a du 2 décembre 2019,
- [RE31] Essai de stabilité dimensionnelle ; Rapport de l'Université Claude Bernard Lyon 1 – Laboratoire LMC² N°201906 de juin 2019,
- [RE32] Essais de caractérisation de la résistance à l'adhérence d'un mortier d'enduit ; Rapport CERIB n°036961 d'Avril 2022.
- [RE33.1] Essais de détermination de l'absorption d'eau à court terme et de la porosité accessible à l'eau, LNE octobre 2021
- [RE33.2] Détermination des propriétés de sorption hygroscopique, LNE février 2022
- [RE34] Qualification du comportement au gel-dégel du béton de bois TimberRoc, LMC2 avril 2022

Annexe 1 – Coefficients Uc, Up et Ψ

Coefficient de transmission surfacique en partie courante Uc des panneaux TimberRoc

Tableau A1.1 – Coefficients Uc en partie courante

Epaisseur des panneaux (mm)	Uc (W/m².K)
160	0,855

Coefficient de transmission surfacique en partie courante Up de façades rideaux comportant les panneaux TimberRoc

Tableau A1.2 – Coefficients Up en partie courante des façades

Dénomination de la façade	Composition de la façade	Up (W/m².K)
Façade rideau n°1 : enduit et contrecloison intérieure désolidarisée	- Enduit extérieur 13 mm - Panneaux TimberRoc 160 mm - Contrecloison intérieure : ✓ ossature métallique ✓ laine minérale 140 mm (λ = 0,032) ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,173
Façade rideau n°2 : ETICS et doublage intérieur	- ETICS : ✓ enduit tramé ✓ isolant laine de roche 130 mm (λ = 0,038) - Panneaux TimberRoc 160 mm - Doublage intérieur : ✓ tasseaux bois horizontaux 40x40 mm ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,206
Façade rideau n°3 : ETICS et contrecloison intérieure désolidarisée	- ETICS : ✓ enduit tramé ✓ isolant laine de roche 60 mm (λ = 0,038) - Panneaux TimberRoc 160 mm - Contrecloison intérieure : ✓ ossature métallique ✓ laine minérale 60 mm (λ = 0,032) ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,207
Façade rideau n°4 : revêtement extérieur ventilé et contrecloison intérieure désolidarisée	- Revêtement extérieur ventilé sur tasseaux bois ou rails métalliques verticaux - Panneaux TimberRoc 160 mm - Contrecloison intérieure : ✓ ossature métallique ✓ laine minérale 140 mm (λ = 0,032) ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,169

Façade rideau n°5 : ITE sous revêtement extérieur ventilé et doublage intérieur	- Revêtement extérieur ventilé sur tasseaux bois ou rails métalliques verticaux - ITE : ✓ chevrons bois 45x120 mm fixés avec des pattes "équerres" ✓ isolant laine minérale 120 mm (λ = 0,038) - Panneaux TimberRoc 160 mm - Doublage intérieur : ✓ tasseaux bois horizontaux 40x40 mm ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,210
Façade rideau n°6 : ITE sous revêtement extérieur ventilé et contrecloison intérieure désolidarisée	- Revêtement extérieur ventilé sur tasseaux bois ou rails métalliques verticaux - ITE : ✓ chevrons bois 45x60 mm fixés avec des pattes "équerres" ✓ isolant laine minérale 60 mm (λ = 0,038) - Panneaux TimberRoc 160 mm - Contrecloison intérieure : ✓ ossature métallique ✓ laine minérale 60 mm (λ = 0,032) ✓ plaque de plâtre 13 mm	0,198

Ponts thermiques linéaires des panneaux TimberRoc

Tableau A1.3 – Ponts thermiques

Pont thermique	Dénomination	Ψ (W/m.K)
Angle sortant – 2 panneaux FP	Ψ1	0,055
Nez de refend béton	Ψ3	0,179
Pied de façade	Ψ4	0,057
Nez de plancher béton (FP2)	Ψ5	0,2
Nez de plancher béton (FP3)	Ψ6	0,246
Tête de façade (acrotère)	Ψ7	0,191

NOTA : les valeurs de ponts thermiques sont données pour la configuration de façade rideau n°1 présentée dans le tableau A1.2.

Annexe 2 – Exemples de performances acoustiques

Indices d'affaiblissement acoustique de façades rideaux intégrant les panneaux TimberRoc

Tableau A2.1 – Indice RA,tr

Dénomination de la façade	Composition de la façade	Rw + Ctr (dB)
Façade rideau n°1 : ETICS et contrecloison intérieure désolidarisée	- ETICS : ✓ enduit tramé ✓ isolant laine de roche 140 mm - Panneaux TimberRoc 160 mm - Contrecloison intérieure : ✓ ossature métallique ✓ plaque de plâtre 13 mm	43
Façade rideau n°2 : enduit extérieur sur panneau nu	- Enduit extérieur 12 mm - Panneaux TimberRoc 200 mm	43
Façade rideau n°3 : enduit et doublage intérieur	- Enduit extérieur 12 mm - Panneaux TimberRoc 200 mm - Doublage intérieur : ✓ ossature bois 37x96 mm ✓ fibres de bois flex 100 mm ✓ plaque de plâtre 13 mm	49

Annexe 3 – Sécurité incendie

Tableau A3.1 – Durée de résistance au feu des panneaux TimberRoc en façade autoportante FP2

Epaisseur des panneaux (mm)	de 160 à 200 mm
Charge maximale admissible	α * 2 250 daN/ml
Hauteur maximale exposée au feu	3,3 m
Tenue au feu	REI120

Tableau A3.2 – Durée de résistance au feu des panneaux TimberRoc en façade indépendante par niveau FP3

Epaisseur des panneaux (mm)	de 160 à 200 mm
Charge maximale admissible	α * 2 250 daN/ml
Hauteur maximale exposée au feu	3,3 m
Tenue au feu	REI120

Pour une hauteur utile exposée au feu comprise entre 3,0 et 3,3m, voire l'appréciation de laboratoire du CSTB N°AL21-304 « Panneaux en béton de bois TimberRoc » :

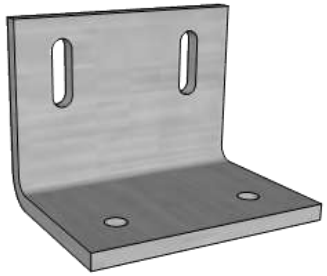
Pour permettre l'extension des résultats d'un mur de 3 mètres à un mur de 3,3 mètres, un coefficient α est affecté aux charges et contraintes, prenant en compte le risque de flambement accru par l'augmentation de la hauteur du mur :
Si 3m ≤ h ≤ 3,3m : $\alpha=(3/h)^2$ avec *h* la hauteur du mur considéré

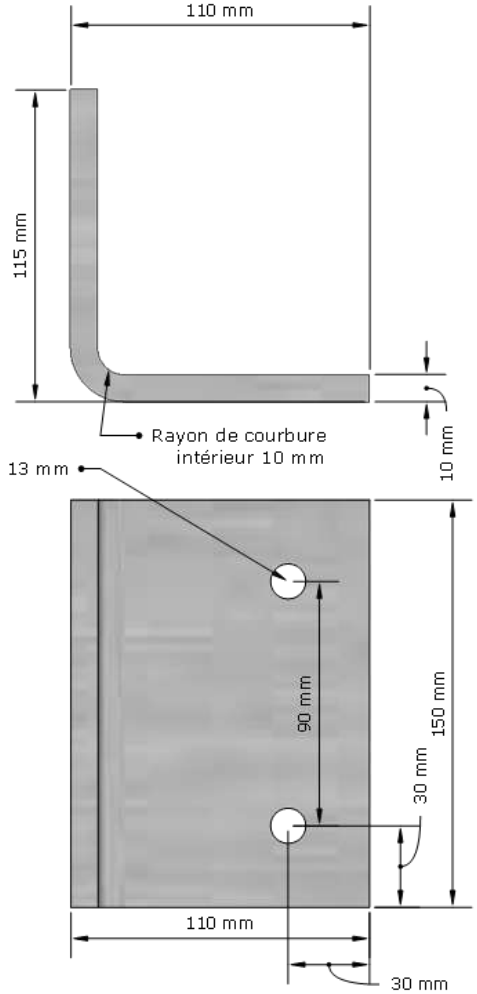
Annexe 4 – Plans équerres d'ancrage

Equerre d'ancrage basse - Réf : LB

- Nuance acier : S235

- Traitement : zingage électrolytique ou peinture inhibitrice de corrosion

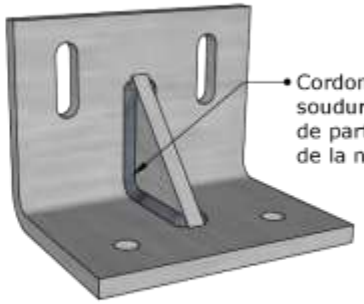


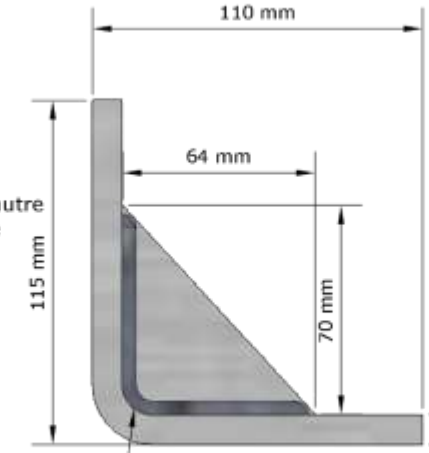


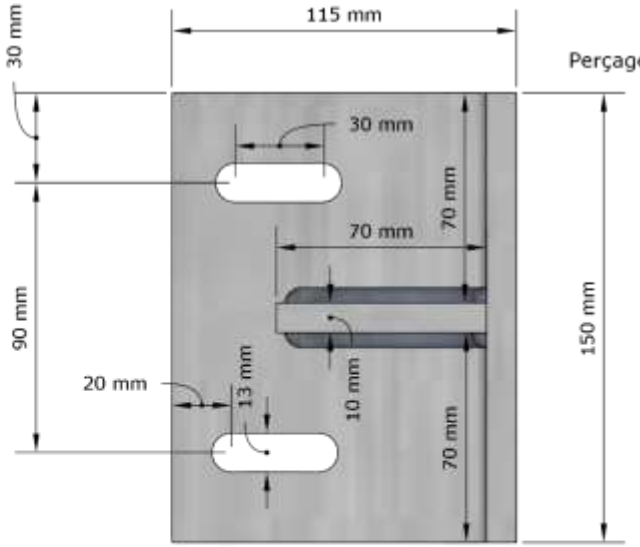
Version n°3-30/11/22

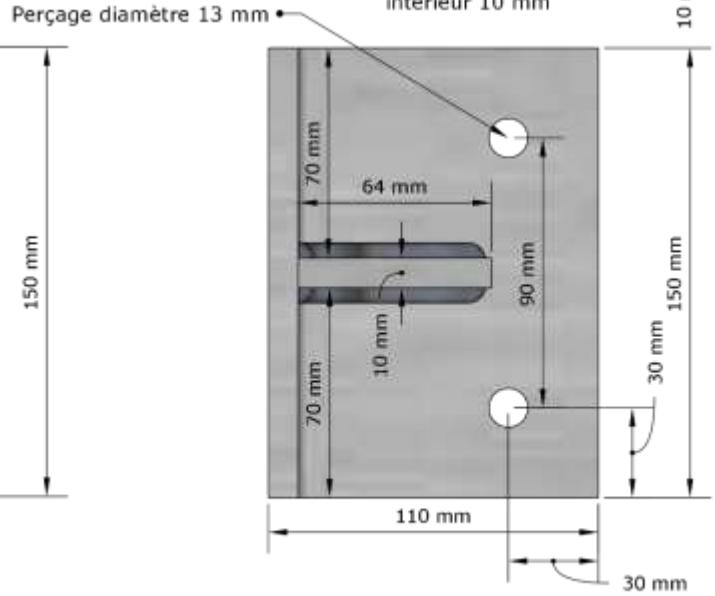
Equerre d'ancrage basse - Réf : LB-R

- Nuance acier : S235
- Classe d'exécution des soudures : EXC2
- Traitement : zingage électrolytique ou peinture inhibitrice de corrosion





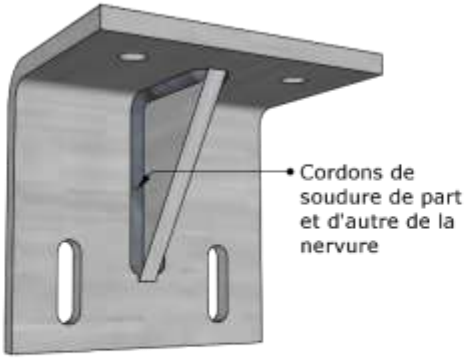


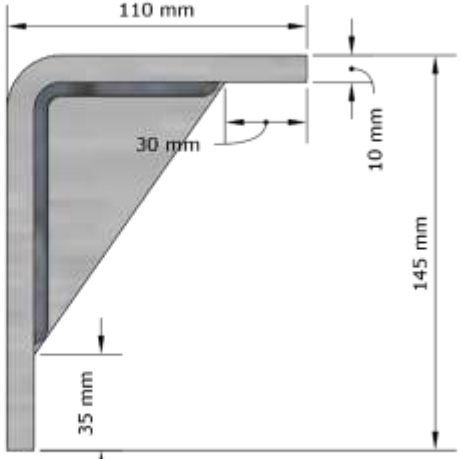


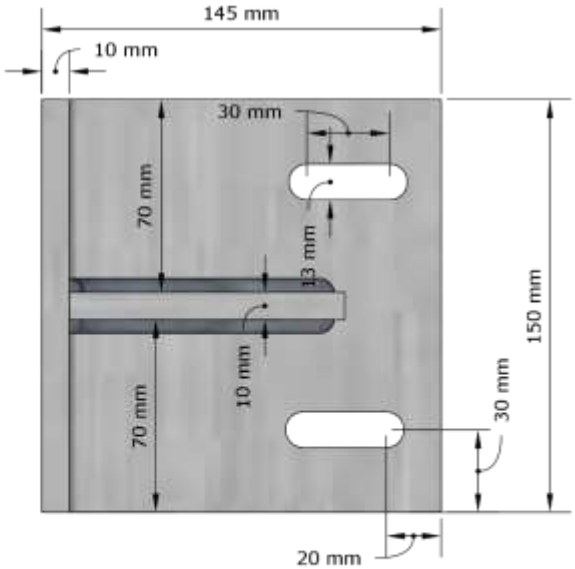
Version n°3-30/11/22

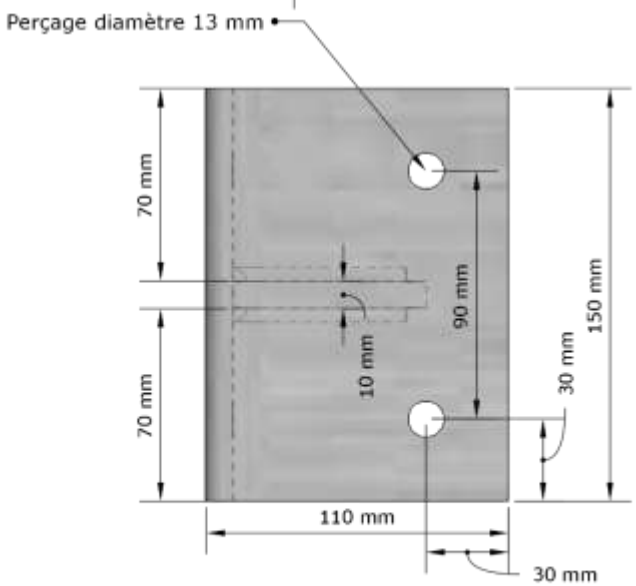
Equerre d'ancrage haute - Réf : LH-R

- Nuance acier : S235
- Classe d'exécution des soudures : EXC2
- Traitement : zingage électrolytique ou peinture inhibitrice de corrosion





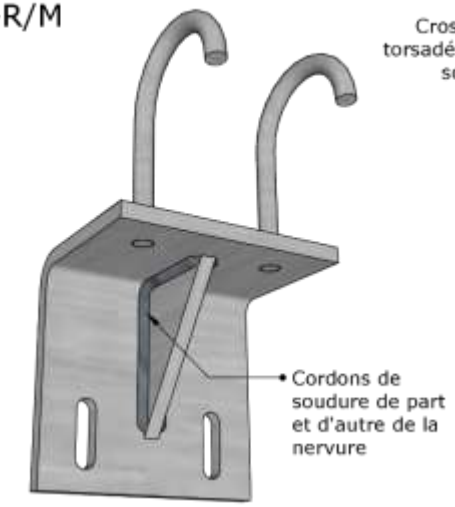


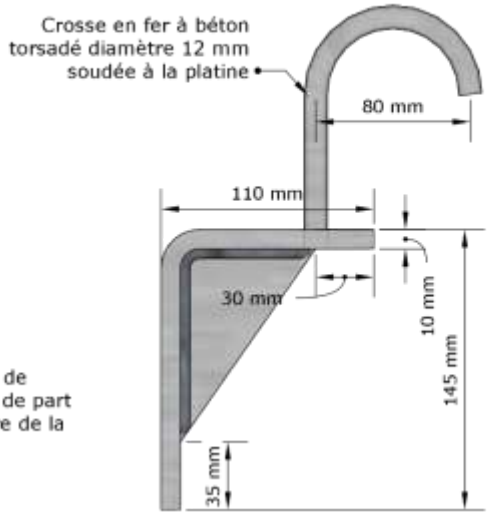


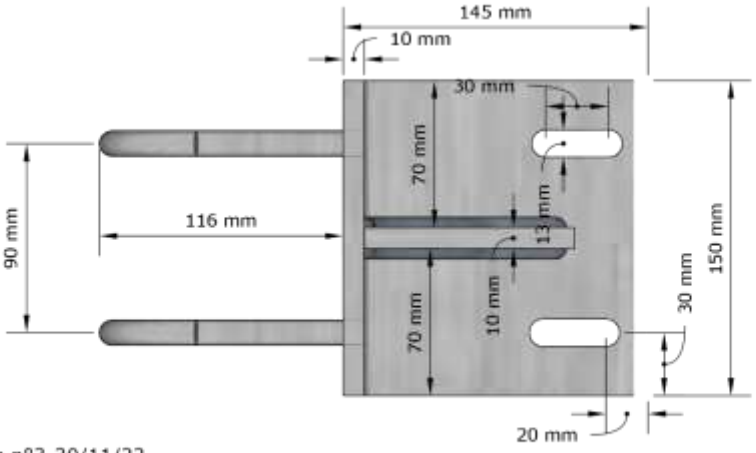
Version n°3-30/11/22

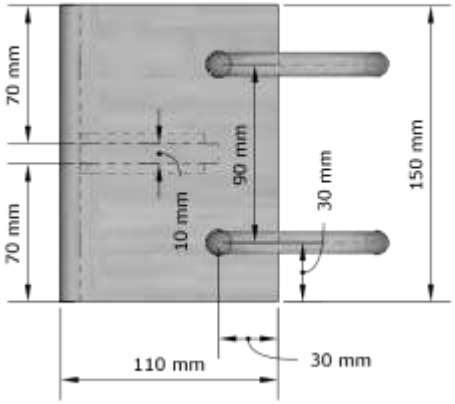
Equerre d'ancrage haute - Réf : LH-R/M

- Nuance acier : S235
- Classe d'exécution des soudures : EXC2
- Traitement : zingage électrolytique ou peinture inhibitrice de corrosion







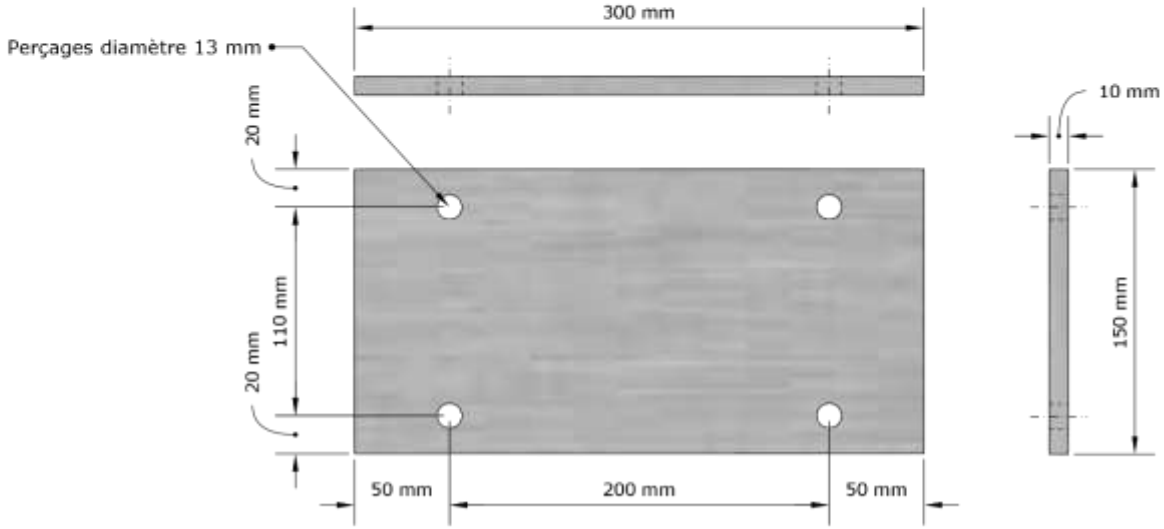


Version n°3-30/11/22

Platine linteau - Réf : CCB P300

- Nuance acier : S235

- Traitement : zingage électrolytique ou peinture inhibitrice de corrosion



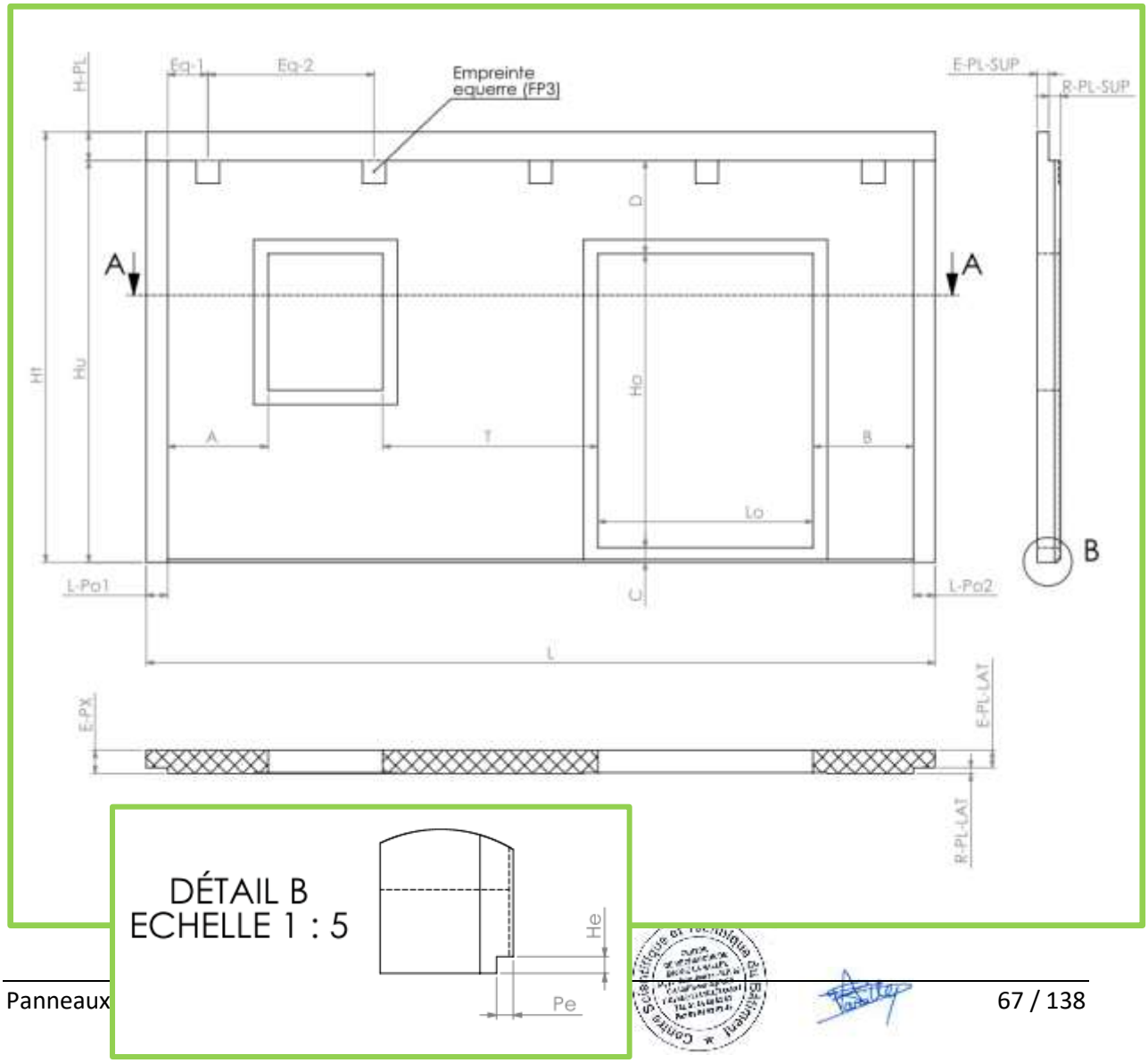
Version n°1-30/11/22

Annexe 5 – Règles techniques de conception des panneaux

1) Principes de dimensionnement général des panneaux monoblocs FP2/FP3

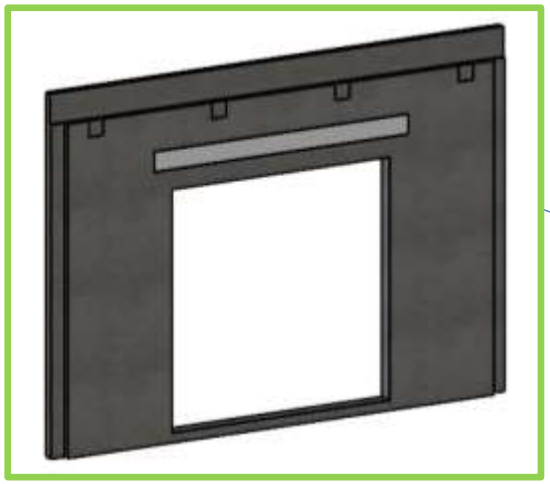
Panneau type monobloc avec ouverture – baie

Vue en plan du panneau avec côtes :



		FP2	FP3
		Panneaux de façades autoportantes, mis en oeuvre une fois la structure édifiée	Panneaux de façades indépendantes ancrées par niveaux, mis en oeuvre dans le cycle du gros oeuvre béton
L	*Longeur*	**40** à **560** cm si E-PX = **16**cm **40** à **700** cm si E-PX = **20**cm	
Ht	*Hauteur totale*	**40** à **360** cm	
Hu	*Hauteur utile*	**330** cm maxi	
H-PL	*Hauteur planelle*	**15 à 40** cm *(selon hauteur poutre et/ou plancher)* *OU* *65 cm maxi si acrotère intégré*	
E-PX	*Epaisseur panneau*	**16** cm ou **20** cm	
E-PL-SUP	*Ep planelle supérieure*	**12** cm mini si H-PL **< 30** cm **16** cm mini si H-PL **≥ 30** cm	**8** cm mini si H-PL **< 30** cm **12** cm mini si H-PL **≥ 30** cm
E-PL-LAT	*Ep planelle latérale*	**8** cm mini si L-PO **< 15** cm **12** cm mini si L-PO **≥ 15** cm	
L-Po1, L-Po2	*Largeur poteau*	**10** à **50** cm	
A, B	*largeur trumeau*	**35** cm mini *(ou adopter dispositions spécifiques pour manutention et levage)*	
T	*largeur trumeau entre 2 ouvertures*	**50** cm mini *(ou adopter dispositions spécifiques pour manutention et levage)*	
C	*Allège ou seuil*	**10** cm mini *(Si nécessaire prévoir découpe sur chantier)*	
D	*Linteau en béton de bois*	**22** cm mini *(ou adopter dispositions spécifiques pour manutention et levage)*	
Lo	*Largeur ouverture*	**210** cm maxi si E-PX = **16** cm **240** cm maxi si E-PX = **20** cm	
Ho	*Hauteur ouverture*	**225** cm maxi	
R-PL-SUP	*Réservation planelle supérieure*	**4** cm maxi	**8** cm maxi
R-PL-LAT	*réservation planelle latérale*	**8** cm maxi	
Eq-1	*Position empreinte equerre d'extremité*	Pas d'empreintes d'équerre	**50** cm maxi
Eq-2	*Entraxe des positions empreinte equerre*		**150** cm maxi
He	*Hauteur réservation étanchéité basse*	**2** cm mini	
Pe	*Profondeur réservation étanchéité basse*	**4** cm mini	**1** cm mini

2) Principes de dimensionnement des linteaux des panneaux monoblocs FP2

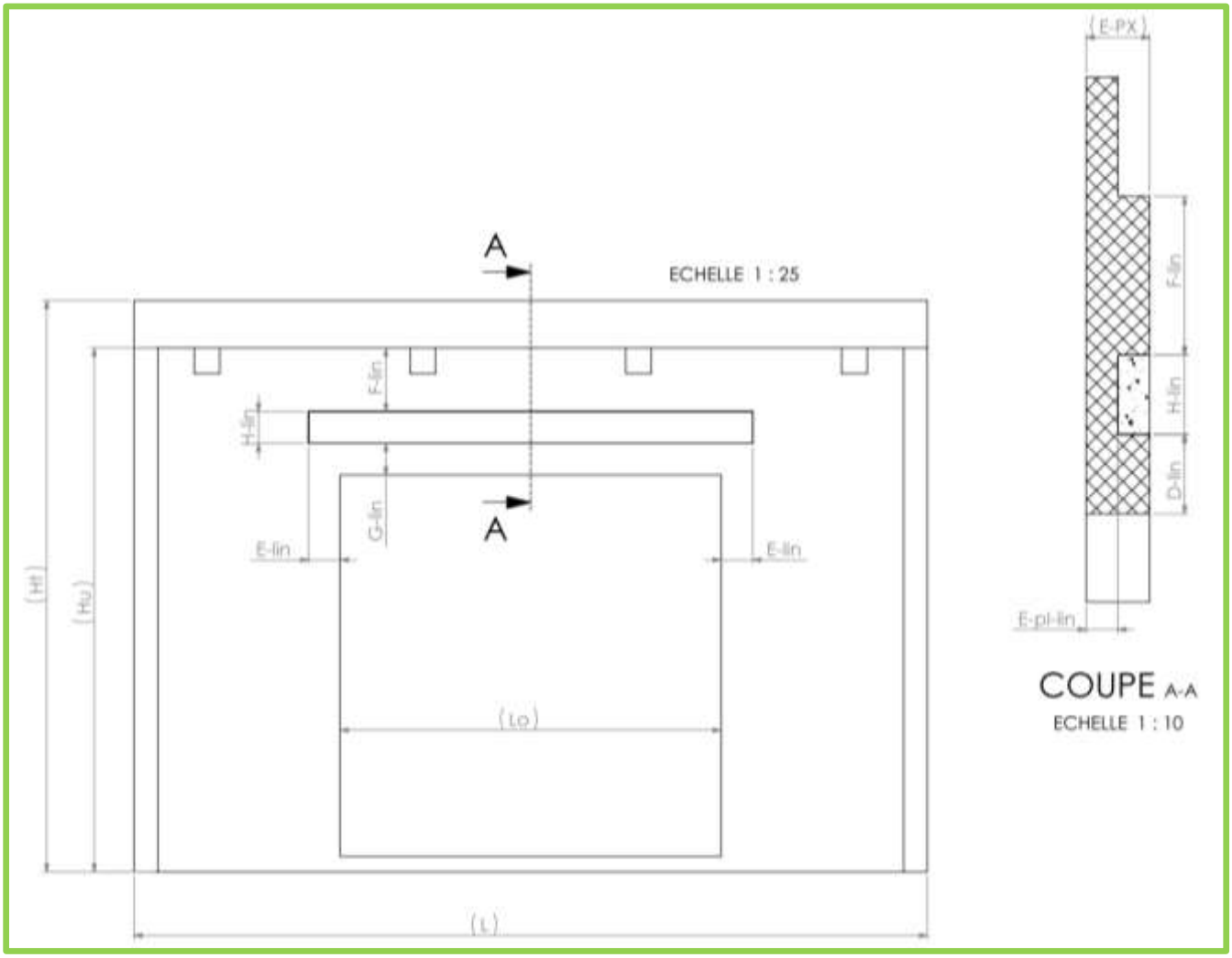


Panneau type monobloc avec linteau

Renfort en béton armé

Exemple Armature : 2HA10

Vue en plan du panneau avec côtes :



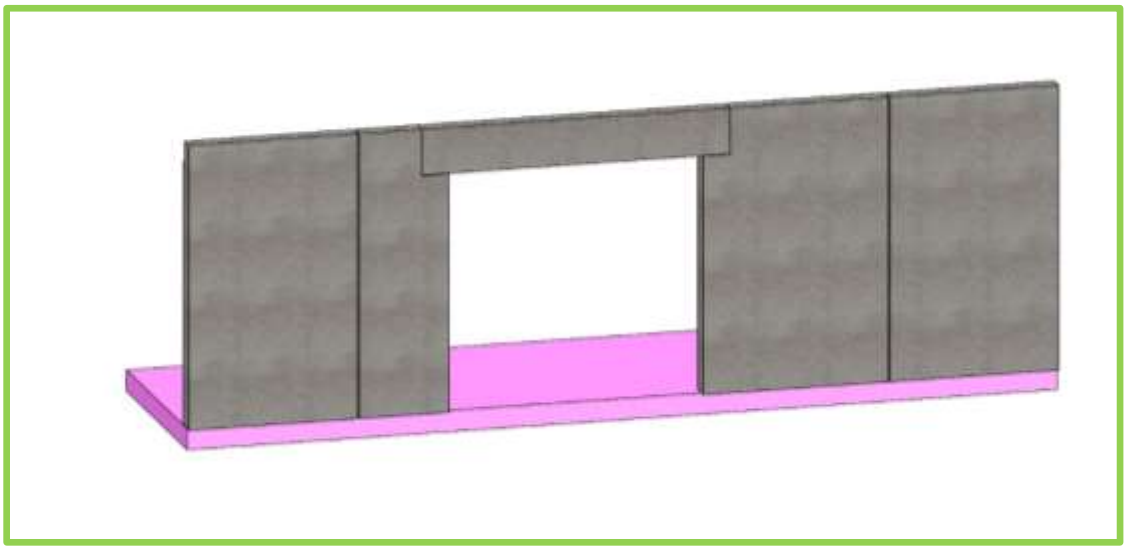
		FP2	FP3
		Panneaux de façades autoportantes, mis en oeuvre une fois la structure édifiée	Panneaux de façades indépendantes ancrées par niveaux, mis en oeuvre dans le cycle du gros oeuvre béton
E-PX	*Epaisseur panneau*	**16** cm ou **20** cm	
L	*Longeur*	**40** à **560** cm si E-PX = **16**cm **40** à **700** cm si E-PX = **20**cm	
Ht	*Hauteur totale*	**40** à **360** cm	
Hu	*Hauteur utile*	**330** cm maxi	
Lo	*Largeur ouverture*	**210** cm maxi si E-PX = **16** cm **240** cm maxi si E-PX = **20** cm	
E-lin	*Appui linteau béton armé*	**35** cm mini	Pas de linteau
F-lin	*Sur-linteau en béton de bois*	**15** cm mini	
G-lin	*Linteau en béton de bois*	**22** cm mini *(ou adopter dispositions spécifiques pour manutention et levage)*	
H-lin	*Hauteur linteau béton armé*	définie par bureau d'étude structure	
E-pl-lin	*Epaisseur planelle linteau*	**8** cm mini si E-PX = **16** cm **10** cm mini si E-PX = **20** cm	

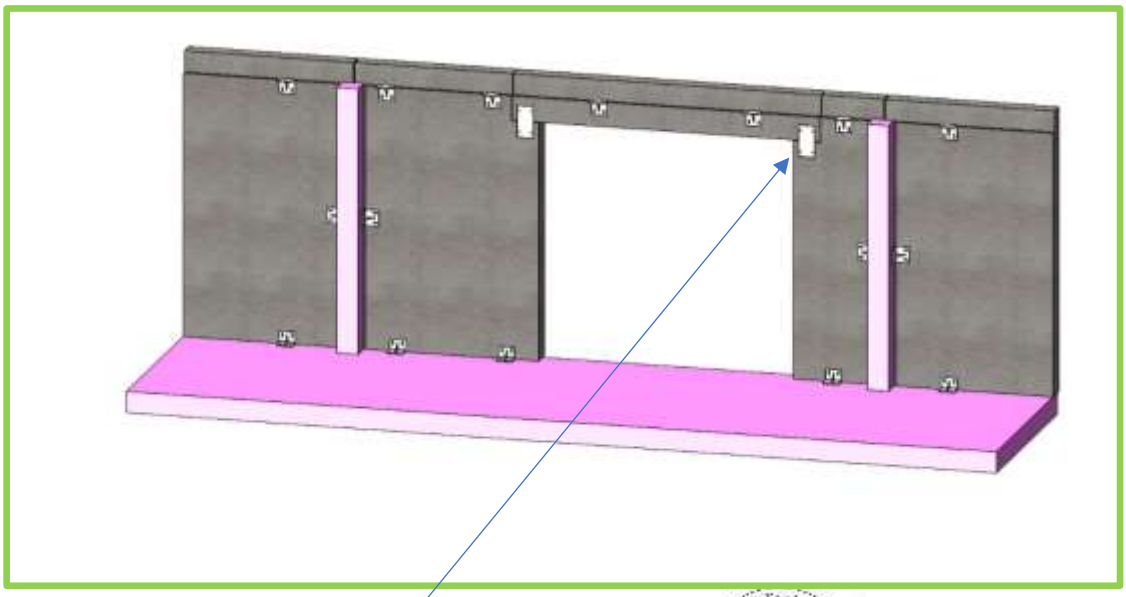
3) Composition avec panneaux trumeaux / poutres

Il convient de réaliser une conception en panneau poutre + panneaux trumeaux lorsque :

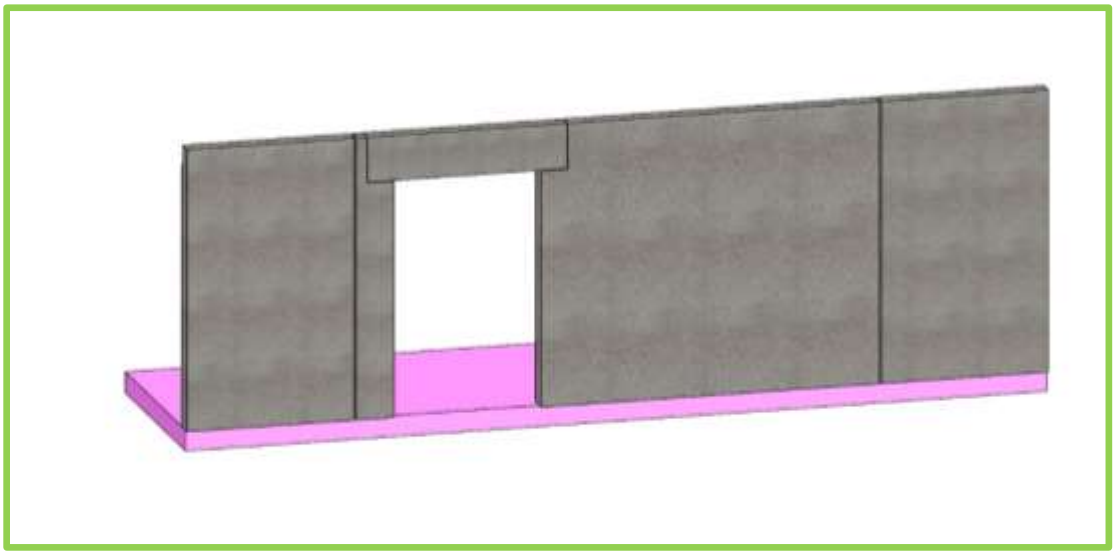
- La largeur Lo ou la hauteur Ho des baies d'ouverture est/sont supérieure(s) aux valeurs maximums spécifiées dans le cas général 1,
- Les largeurs de trumeaux entre les tableaux des ouvertures et les poteaux de structure sont trop faibles pour respecter les conditions de valeur minimum de A du cas général 1,
- La conception en panneaux monoblocs n'est pas possible pour des raisons d'équilibrage ou de fragilité de la structure du panneau (cas des panneaux par exemple avec deux ouvertures).
- Déséquilibre de la masse répartie de chaque côté de l'ouverture (A ≠ B au-delà de 30%)

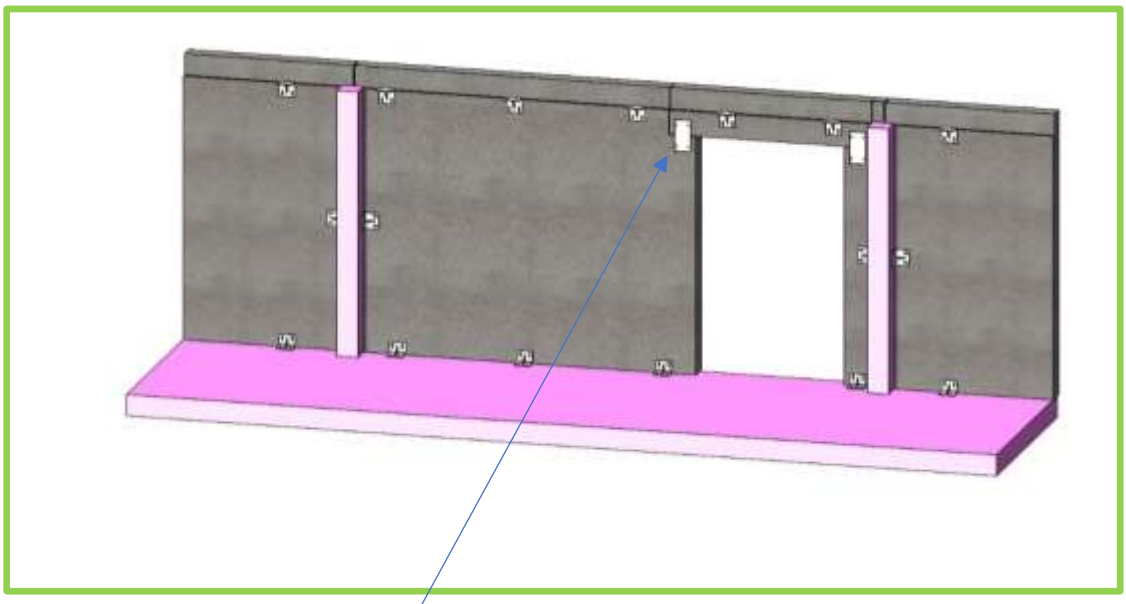
Exemple : Grande Ouverture composée de panneaux Trumeaux et d'un panneau poutre :





Exemple : Ouverture proche d'un poteau de structure :





Platine CCB P300

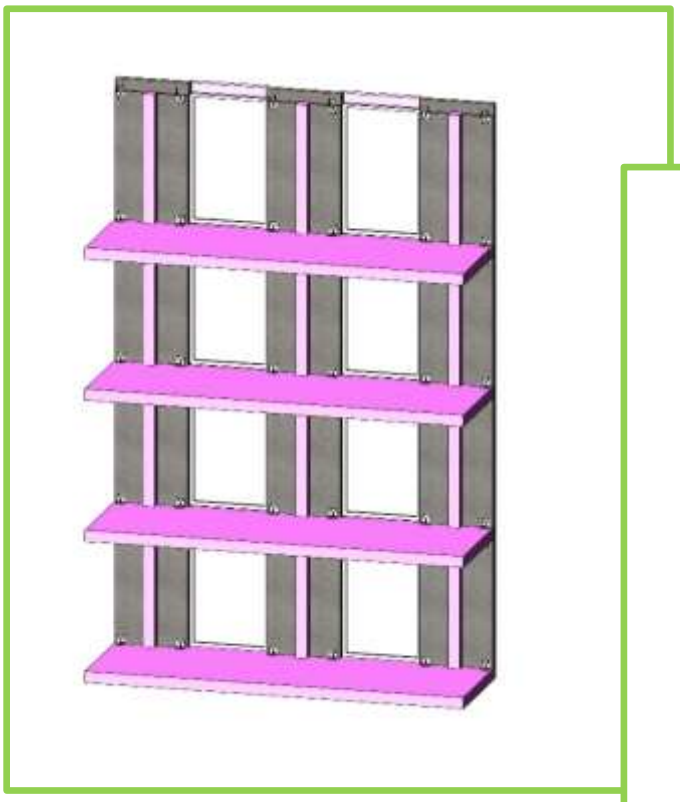
Caractéristiques des platines CCB P300 :

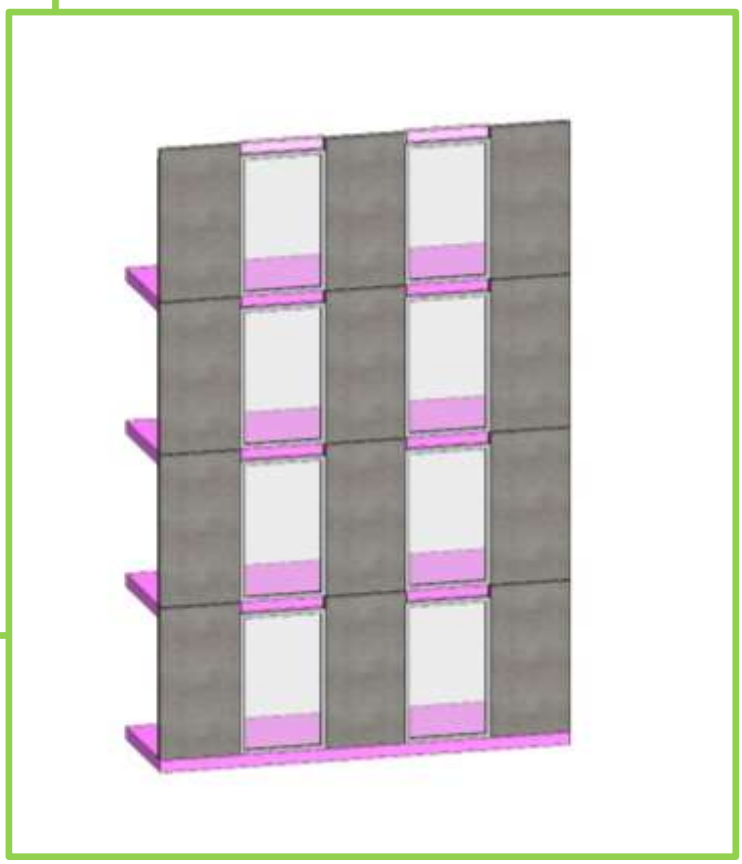
- Matière : acier S235
- Dimensions : 300*150mm et épaisseur 10mm
- Traitement de surface de type peinture primaire inhibitrice de corrosion, ou un traitement par galvanisation à chaud Z275 selon la norme NF P 24-351.

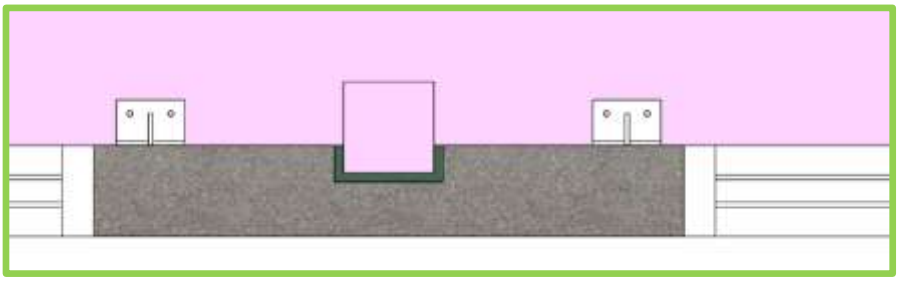
4) Composition avec panneaux / menuiseries alternés

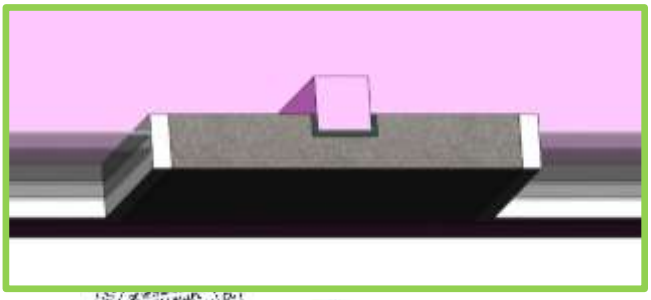
Avec des ouvertures – menuiseries toute hauteur, il est possible de réaliser une composition de façade avec une alternance de panneaux pleins, fixés à un pour plusieurs éléments de structure, et des menuiseries toute hauteur.

Exemple de réalisation :





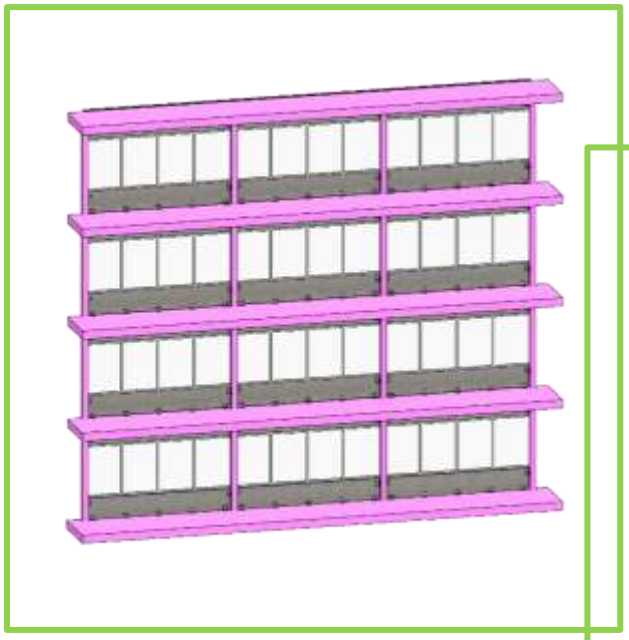


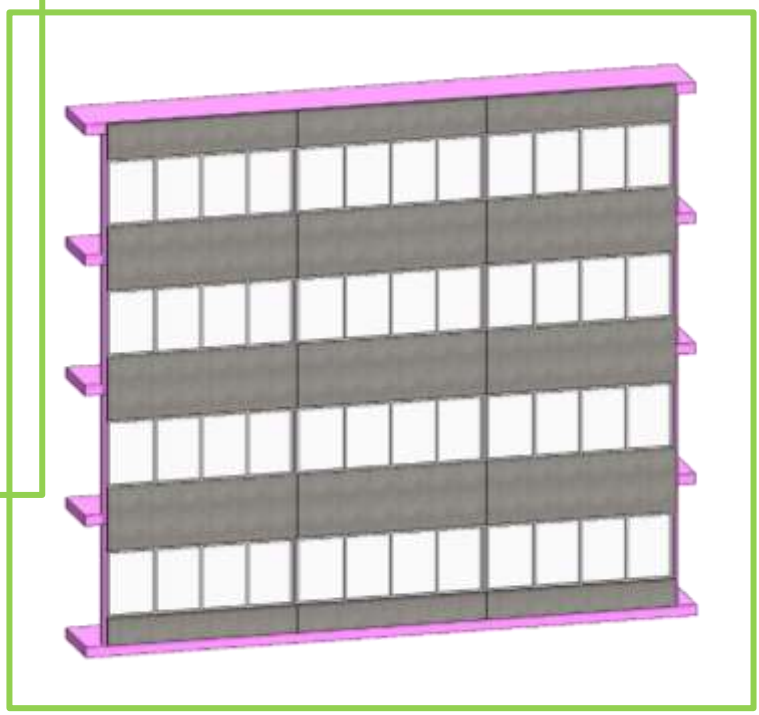


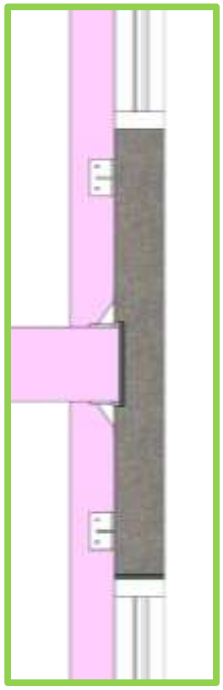
5) Composition avec panneaux en bandeaux et menuiseries « continues »

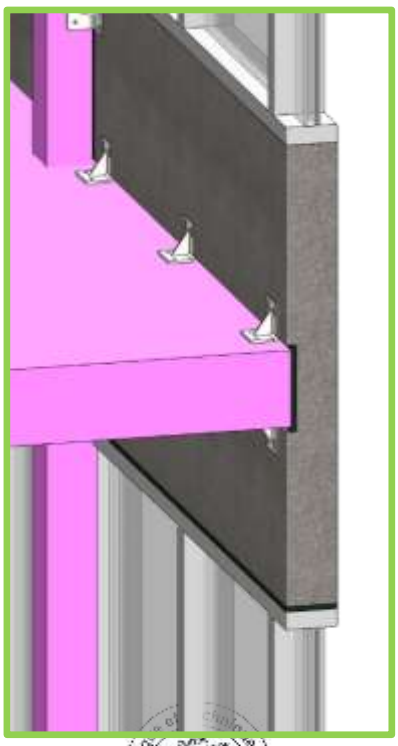
Avec des ouvertures / menuiseries (châssis) qui filent sur toute la longueur de la façade, il est possible de composer des panneaux ancrés au nez de dalle réalisant le linteau de l'étage n-1 et l'allège de l'étage n. les menuiseries viennent alors s'appuyer sur ces panneaux ancrés au nez de dalle.

Exemple de réalisation :









Annexe 6 – Consignes de mise en œuvre d'un pare-pluie souple sur les panneaux TimberRoc

1. Caractéristiques techniques

La membrane pare-pluie souple doit répondre aux caractéristiques techniques ci-après :

- être marquée CE selon la norme NF EN 13859-2,
- disposer d'un classement W1 (336 heures UV pour une durée d'exposition aux intempéries de 15 jours maximum, 1 000 heures UV pour 3 mois maximum et 5 000 heures UV pour 6 mois maximum) selon la norme NF EN 13859-2,
- présenter une valeur Sd ≤ 0,18 m.

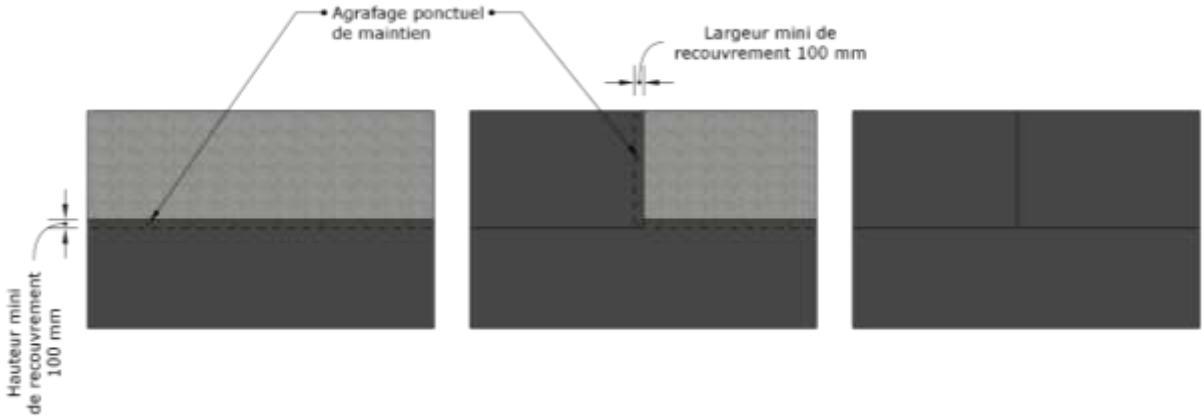
2. Mise en œuvre

2.1. En partie courante

Avant toute chose, il est important de rappeler que la fixation définitive de la membrane pare-pluie souple sur les panneaux TimberRoc est obtenue par la mise en œuvre de l'ossature (tasseaux bois ou rails métalliques) support du revêtement extérieur ventilé.

La mise en œuvre de la membrane pare-pluie souple doit respecter les dispositions suivantes :

- la fixation provisoire du pare-pluie, sur la face extérieure des panneaux TimberRoc, est réalisée par agrafage (agrafes en acier : dos 10,5mm x longueur 14mm x section 1x1mm). Les agrafes de maintien provisoire doivent être situées, dans la mesure du possible, au droit des zones de recouvrements des lés de pare-pluie, tel que présenté ci-après :



Vue en élévation

- le traitement des recouvrements et des aboutages des lés de pare-pluie souple peut varier selon le niveau de contribution à l'étanchéité à l'eau du revêtement extérieur (voir tableaux ci-après) :

Type de revêtement extérieur	Traitement du recouvrement vertical		
	Recouvrement supérieur ou égal à 100 mm pincés sous l'ossature support du revêtement extérieur *(Voir schéma A)*	Recouvrement supérieur ou égal à 100 mm pincés sous l'ossature support du revêtement extérieur et jointoyé avec bande adhésive *(Voir schéma B)*	Recouvrement supérieur ou égal à un entraxe de l'ossature support du revêtement extérieur et pincé sous ce dernier (double pince) *(Voir schéma C)*
Revêtement extérieur à joints fermés (y compris au droit des points singuliers)	**Autorisé**	**Autorisé**	**Autorisé**
Revêtement extérieur à joints ouverts (joint ≤ 8 mm et somme de la surface des joints inférieure ou égale à 1,5% de la surface totale de la façade)	**Non autorisé**	**Autorisé**	**Autorisé**
Bardage à claire-voie (bardages en lames horizontales ou verticales à joints ouverts) conforment au NF DTU 41.2	**Non autorisé** *=> l'étanchéité à l'eau des panneaux TimberRoc doit être assurée par un enduit d'imperméabilisation extérieur*		

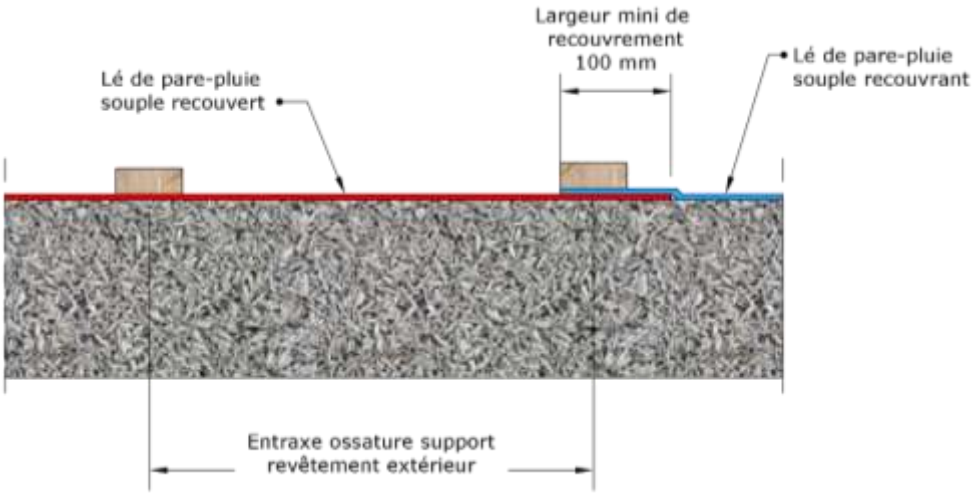


Schéma A (Coupe horizontale)

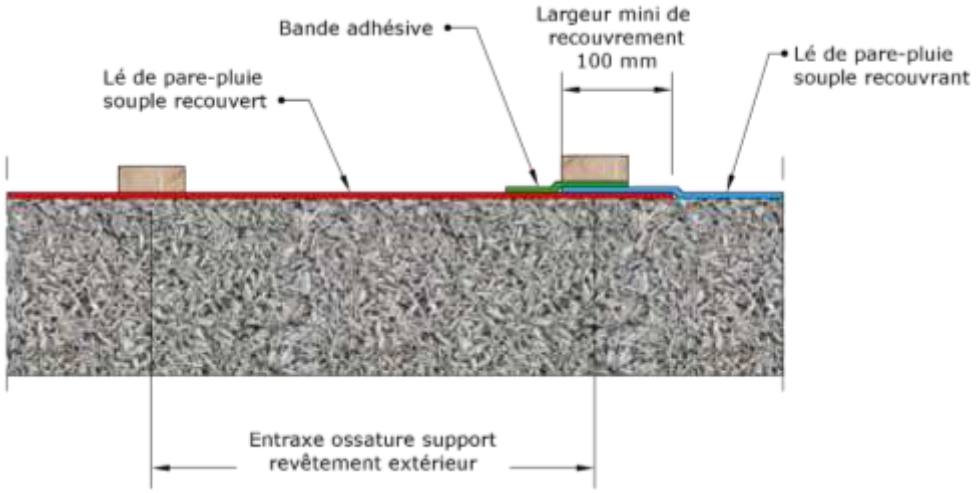


Schéma B (Coupe horizontale)

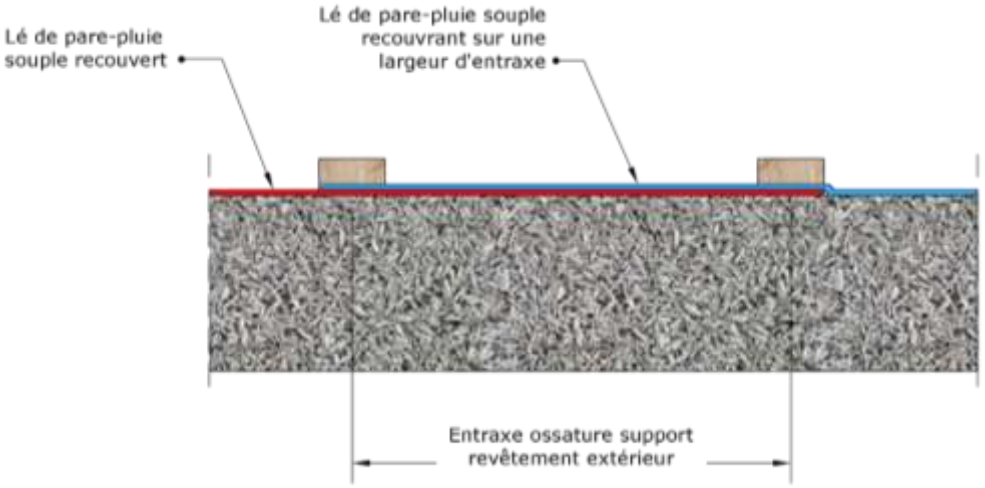


Schéma C (Coupe horizontale)

Type de revêtement extérieur	**Traitement du recouvrement horizontal**
	Recouvrement supérieur ou égal à 100 mm et réalisé dans le sens de l'écoulement de l'eau *(voir schéma D)*
Revêtement extérieur à joints fermés (y compris au droit des points singuliers)	**Autorisé**
Revêtement extérieur à joints ouverts (joint ≤ 8 mm et somme de la surface des joints inférieure ou égale à 1,5% de la surface totale de la façade)	**Autorisé**

Bardage à claire-voie (bardages en lames horizontales ou verticales à joints ouverts) conforment au NF DTU 41.2	**Non autorisé** *=> l'étanchéité à l'eau des panneaux TimberRoc doit être assurée par un enduit d'imperméabilisation extérieur*

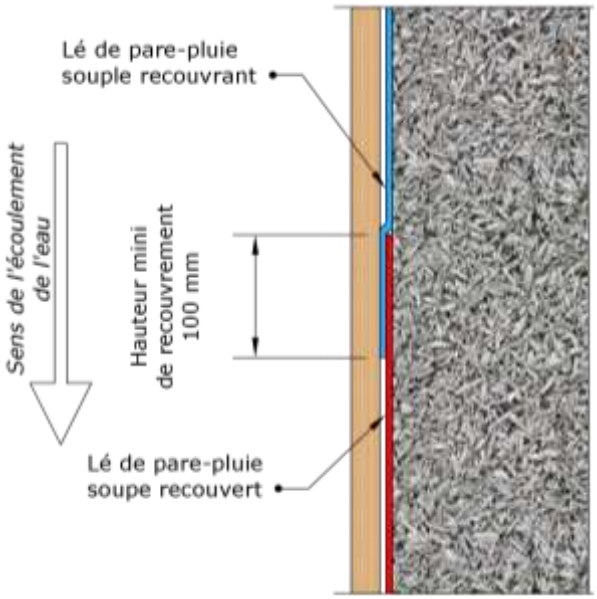


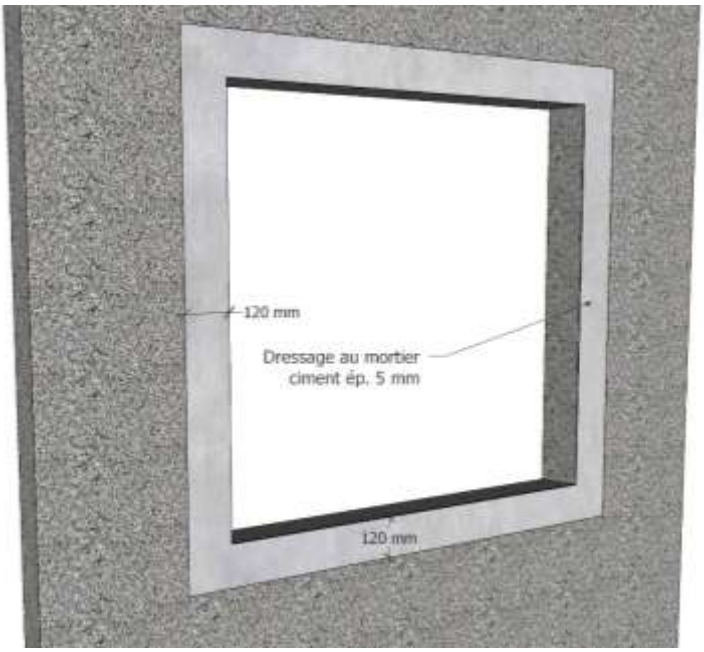
Schéma D

(Coupe verticale)

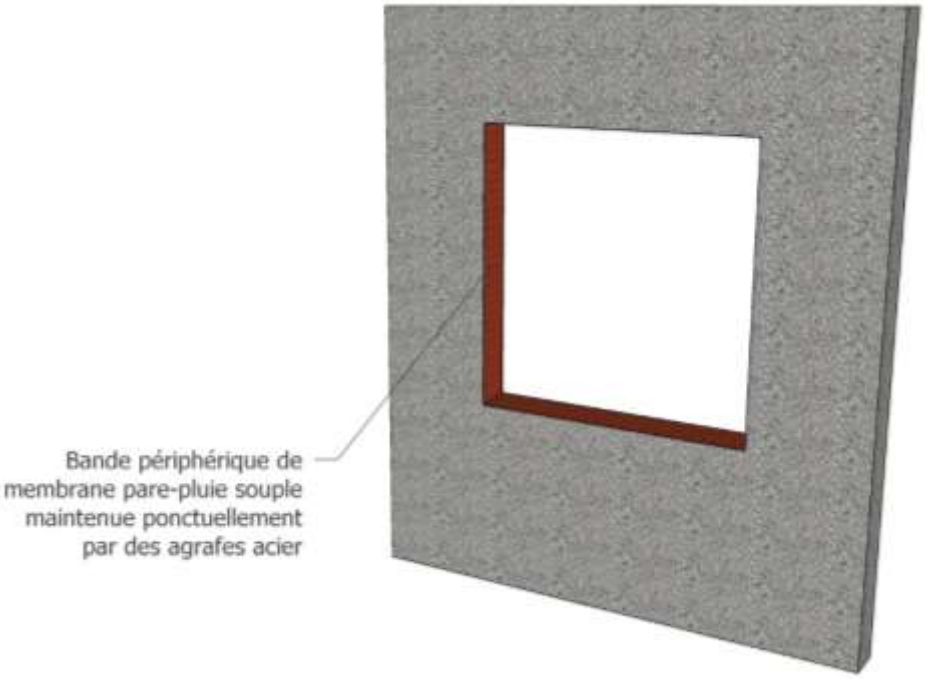
2.1. Au droit des ouvertures

Le traitement des angles d'ébrasement des ouvertures (menuiseries extérieures) doit être réalisé en suivant les étapes décrites ci-après :

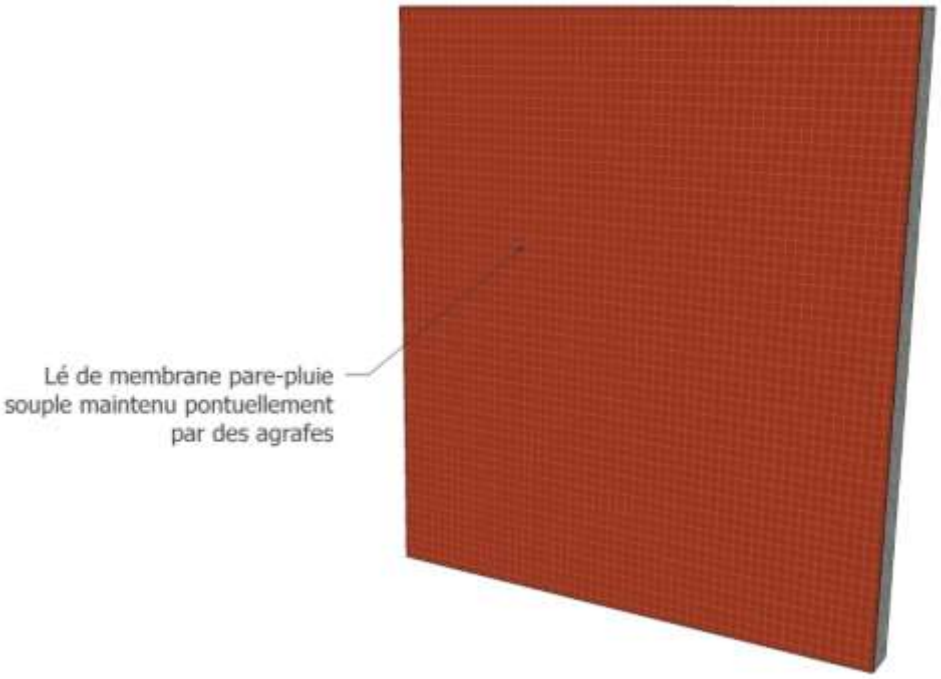
1 - Préparation du "plan de pose" (surface sur laquelle s'effectue le calfeutrement avec le dormant de la menuiserie) à l'aide d'un ragréage au mortier de ciment finement lissé, sur une largeur de 120mm et une profondeur de 5 mm (voir §11)



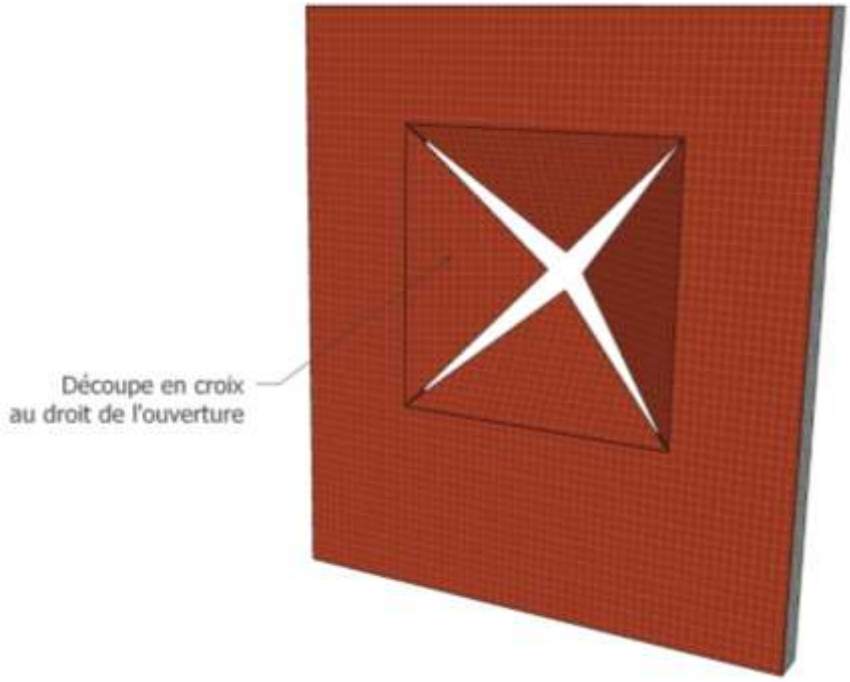
2 – Application d'une bande de pare-pluie souple en tableau d'ouverture, maintenue par quelques agrafes acier. Collage de bandes adhésives (sous forme de pastilles) sur les agrafes afin de rétablir l'étanchéité du pare-pluie.



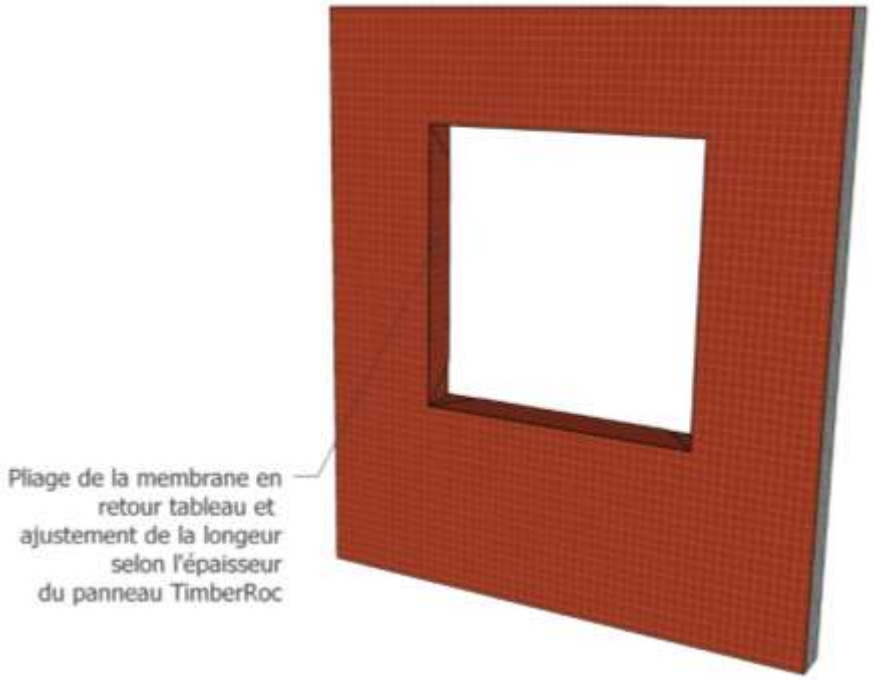
3 - Mise en œuvre de la membrane pare-pluie souple sur l'ensemble du panneau, maintenue par agrafage selon les recommandations énoncées dans le paragraphe relatif à la mise en œuvre en partie courante.



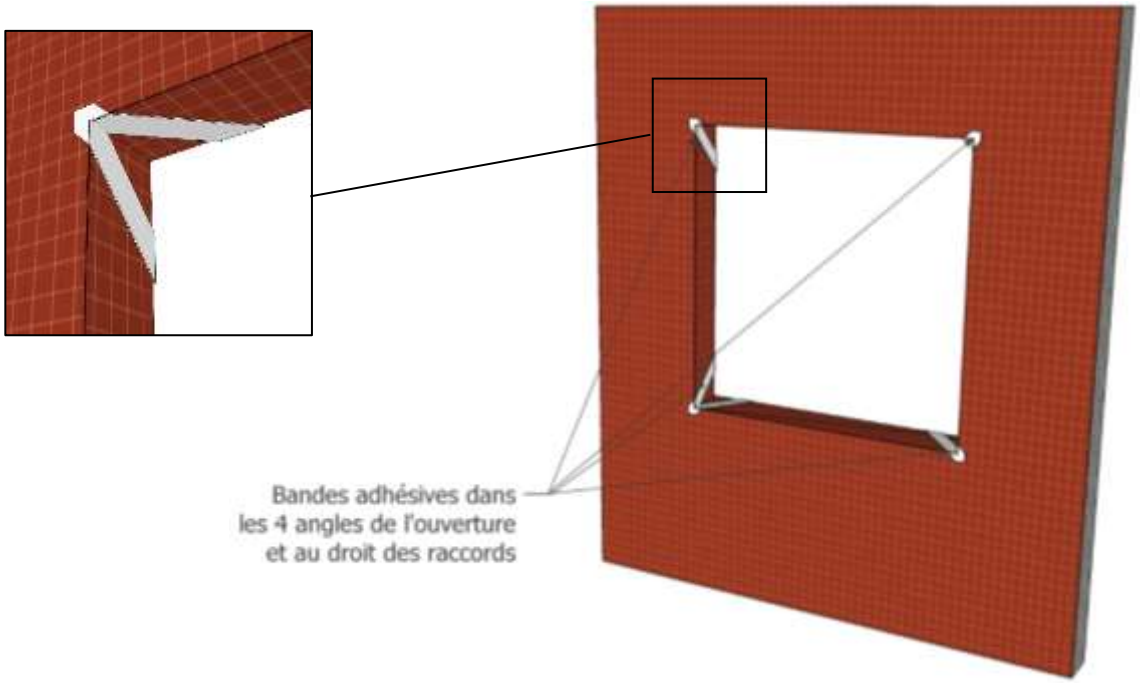
4 - Découpe en croix de la membrane pare-pluie souple au droit de l'ouverture.



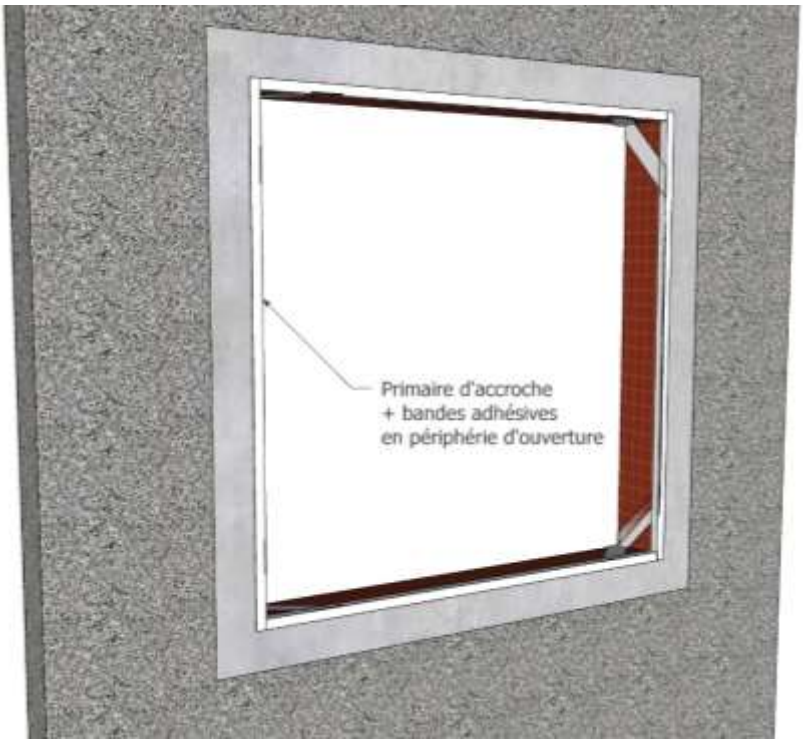
5 - Pliage, en retour tableau, de la membrane pare-pluie souple préalablement découpée. Maintien par quelques agrafes acier protégées par des bandes adhésives (sous forme de pastilles).



6 - Application de bandes adhésives dans les 4 angles afin de rétablir l'étanchéité du pare-pluie au droit des différentes découpes.



6 – Application d'un primaire d'accroche sur le mortier de dressage parfaitement sec, puis mise en œuvre de bandes adhésives en pourtour d'ouverture


Primaire d'accroche
+ bandes adhésives
en périphérie d'ouverture

Annexe 7 – Fixations par vissage / tirefonds / chevilles dans le béton de bois

1/ Généralités des fixations dans le béton de bois

La mise en œuvre du système constructif FP2 / FP3 nécessite de pouvoir fixer sur les panneaux des éléments rapportés tels que :

En phase définitive :

- Equerres d'ancrage
- Bardages sur ossature bois ou métallique
- Menuiseries
- Brise-soleil
- ETICS
- …

En phase provisoire :

- Planches de coffrage
- Consoles de garde-corps
- …

D'une façon générale, on réalise les fixations par vissage dans le béton de bois, d'éléments rapportés tels que mentionnés ci-dessus, avec des vis ou tirefonds de diamètres supérieurs à 6mm.

Pour chaque type d'éléments à fixer on peut retenir les spécifications suivantes :

Type d'éléments	Type de fixation	Caractéristiques	Mise en œuvre
Equerres d'ancrage	Tirefonds	D12*160 D14*160	Pré perçage D6 Pré perçage D8
Ossatures ou fixations de bardages	Tirefonds Vis à bois à tête large	D8 minimum	Selon Diamètre
Menuiseries	Vis à bois	D6 minimum	Selon Diamètre
Brise-soleil et autres	Tirefonds Vis à bois à tête large	D8 minimum	Selon Diamètre
ETICS	Chevilles à frapper	Spécifiées par le fabricant Ex : Webertherm SLD-5	Spécifiée par le fabricant Pré-perçage selon fabricant
Planches de coffrage	Tirefonds	D10 * 160 minimum	Selon Diamètre
Consoles Garde-corps chantier	Tirefonds	D12 *160 minimum	Selon Diamètre

Pré-perçage – Vis :

- Pour les vis, il est conseillé de pré-percer avec une mèche à bois pour les diamètres ≥ 8 mm, en fonction du type de vis et des recommandations des fabricants.

Pré-perçage – Tirefonds (usage structurel définitif) :

- Pour les tirefonds de D10, il est conseillé de pré-percer avec une mèche à bois de diamètre 5mm
- Pour des tirefonds de D12, il faut pré-percer avec une mèche à bois de diamètre 6mm
- Pour des tirefonds de D14, il faut pré-percer avec une mèche à bois de diamètre 8mm

La profondeur de pré-perçage est celle du tirefond.

Pas de pré-perçage pour les tirefonds et vis de diamètres inférieurs à 8mm.

Les fixations à utiliser dans le béton de bois doivent être en matière non déformable.

2/ Précisions sur les revêtements extérieurs

Les panneaux TimberRoc peuvent recevoir sur chantier différents revêtements extérieurs rapportés :

- Revêtements extérieurs ventilés avec ou sans ITE, de type bardages rapportés conformes au NF DTU 41.2 ou sous Avis Technique visant une pose sur une structure en béton ou en maçonnerie enduite.
  Le système de fixation (tirefonds ou vis à bois) et son nombre de fixations par m² doit être adapté en fonction de la charge globale supportée par le mur et de la capacité du béton de bois TimberRoc.

  Le béton de bois brut ne réalise pas seul l'étanchéité à l'air et à l'eau : cette étanchéité doit être traitée de façon distincte.

- Revêtements extérieurs de type ETICS avec enduit, en pose "calés/chevillés" ou "collés", sous Avis Technique visant une pose sur structure en béton ou en maçonnerie. Les isolants mis en œuvre seront de type laine minérale de roche conforme à la norme NF EN 13162, polystyrène expansé conforme à la norme NF EN 13163, fibres de bois conformes à la norme NF EN 13171.
  La fixation des isolants extérieurs se fait à l'aide de chevilles à frapper de type Weber Webertherm SLD-5 ou équivalent, en vérifiant le nombre à disposer en fonction des spécifications du fournisseur d'isolant extérieur et des valeurs d'essai des chevilles sur le support béton de bois.

Les limites de mise en œuvre des revêtements choisis, spécifiées dans les DTU ou documents d'Avis techniques, devront être respectées, même si elles sont plus restrictives que le domaine d'emploi des panneaux CS2.
Pour les bâtiments soumis à l'IT 249, des dispositions spécifiques s'appliquent : la nature et la mise en œuvre des matériaux constituant le revêtement extérieur (ventilé ou non) et le traitement des tableaux de menuiserie sont décrites aux paragraphes 8.9.4 ou dans l'appréciation de laboratoire d'EFECTIS EFR 22-001940.

3/ Valeurs d'arrachement de fixations dans le béton de bois : tirefonds, vis et chevilles à frapper

PANNEAU EN USAGE

Attention : il est nécessaire pour les vissages structurels d'appliquer un coefficient de sécurité sur les valeurs caractéristiques données.

Tirefonds: Résultats des essais sur éprouvettes - panneaux secs

Types de tirefonds	8/140	10/140	12/140	12/160	12/180	12/200	12/240	14/160
Eprouvette d'essai	Panneau 16cm	Panneau 16cm	Panneau 16cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm
Mode vissage	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct	Avant-trou D10mm
Face testée	Fond de coffrage	Fond de coffrage	Fond de coffrage	-	Dessus coffrage	-	-	-
Moyenne 10 essais [kN]	6,01	7,27	7,86	10,17	11,32	13,13	20,62	12,76
Ecart type	0,96	0,62	0,74	1,17	1,70	1,78	3,14	1,84
Coefficient de variation	0,16	0,09	0,09	0,11	0,15	0,14	0,15	0,14
Coef kn	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Valeur caractéristique [kN]	**4,17**	**6,08**	**6,43**	**7,93**	**8,06**	**9,72**	**14,60**	**9,22**

Vis: Résultats des essais sur éprouvettes - panneaux secs

	Fournisseur ROTHOBLAAS			Fournisseur SFS			
Types de vis	**TLL 8/140**	**TLL 6x140**	**TLL 8x140**	**FB-SK 7,5x132**	**HTP-T 8x180**	**HTP-T 10x160**	**WR-T 13x400**
Eprouvette d'essai	Panneau 16cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm	Panneau 24cm
Face testée	Fond de coffrage	Dessus coffrage	Dessus coffrage	Dessus coffrage	Dessus coffrage	Dessus coffrage	Dessus coffrage
Moyenne essais [kN]	5,00	3,99	6,32	7,28	7,90	8,93	29,03
Ecart type	0,65	0,36	0,71	1,26	1,19	0,97	0,76
Coefficient de variation	0,13	0,09	0,11	0,17	0,15	0,11	0,03
Coef kn	1,92	1,92	1,92	2,00	2,00	2,00	2,00
Valeur caractéristique [kN]	**3,75**	**3,30**	**4,97**	**4,77**	**5,53**	**6,99**	**27,52**

D'une façon générale, pour obtenir les résistances à l'arrachement ci-dessus il est nécessaire de respecter une distance au bord des panneaux en béton de bois de minimum 4 cm à l'axe des fixations de type vis ou tirefonds. Dans le cas d'efforts en cisaillement, on vérifiera que la distance au bord soit suffisante vis-à-vis de ces efforts sans être inférieure à 10 cm ; on cherchera aussi à orienter l'axe de vissage des fixations pour que celles-ci fonctionnent le plus possible en effort de traction.

Chevilles à ETICS : Résultats des essais sur éprouvettes - panneaux secs

Type de chevilles à ETICS	WEBER
Eprouvette d'essai	Panneau 24cm
Face testée	Dessus coffrage
Moyenne 10 essais [kN]	2,16
Ecart type	0,23
Coefficient de variation	0,11
Coef kn	2,33
Valeur caractéristique [kN]	**1,62**

4/ Valeurs d'arrachement de fixations dans le béton de bois : tirefonds

PANNEAU A JEUNE AGE – POSE SUR CHANTIER

Attention : il est nécessaire pour les vissages structurels d'appliquer un coefficient de sécurité sur les valeurs caractéristiques données.

Tirefonds : Résultats des essais sur éprouvettes - panneaux à jeune âge

Types de tirefonds	14/160	12/160	12/200
Eprouvette d'essai	Panneau 20cm		
Mode vissage	Direct	Direct	Direct
Face testée	Fond de coffrage	Fond de coffrage	Fond de coffrage
Moyenne 10 essais [kN]	6,03	5,90	7,41
Ecart type	0,43	0,48	0,67
Coefficient de variation	0,07	0,08	0,09
Coef kn	1,92	1,92	1,92
Valeur caractéristique [kN]	**5,19**	**4,97**	**6,13**

5/ Principes de fixation des menuiseries

La mise en place des menuiseries se fait, soit :

- via des pattes en équerre (montage en applique) qui sont vissées dans le béton de bois par l'intermédiaire de vis de diamètre minimum 6 mm : Détails des figures du dossier : CV-5.1, CV-5.2 et CH-5.1, CH-5.2
- directement (montage en feuillure) en vissant les dormants dans une feuillure en béton de bois avec des vis de diamètres minimum 6 mm : Dans ce dernier cas, les fixations doivent être inclinées dans la mesure du possible afin d'augmenter la résistance en traction de ces fixations CV-5.3, CV-5.4 et CH-5.3 , CH-5.4.

Figures du Dossier Technique

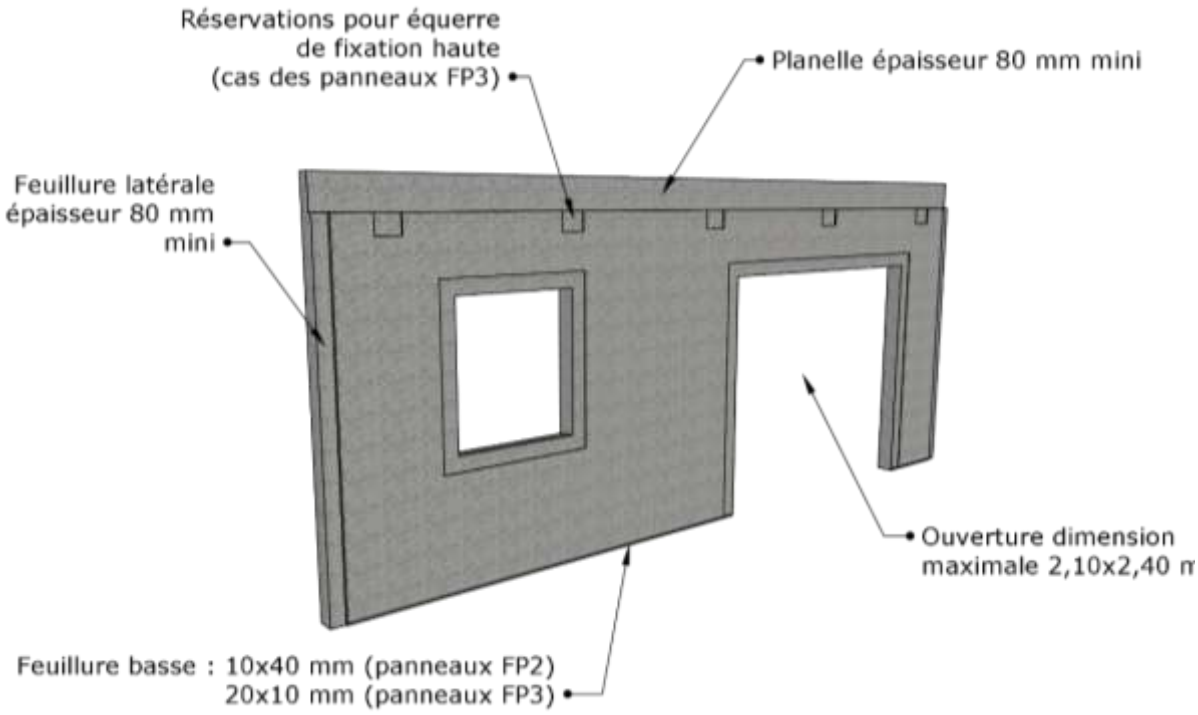


Figure 1 – Géométrie et conception des panneaux TimberRoc (FP2 et FP3)

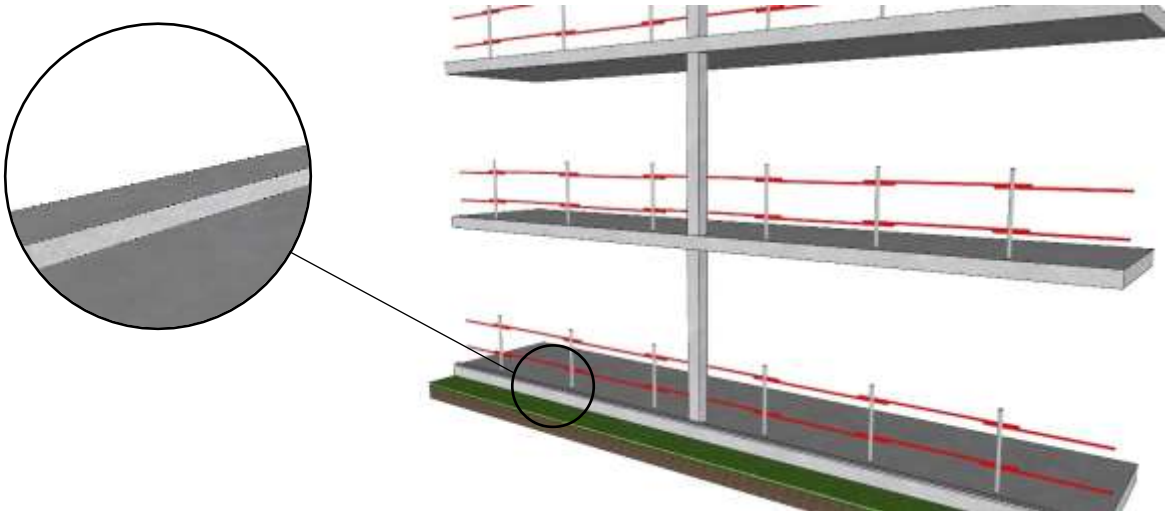


Figure 2 – Réception du support béton et mise en œuvre de la semelle d'imperméabilisation (FP2)

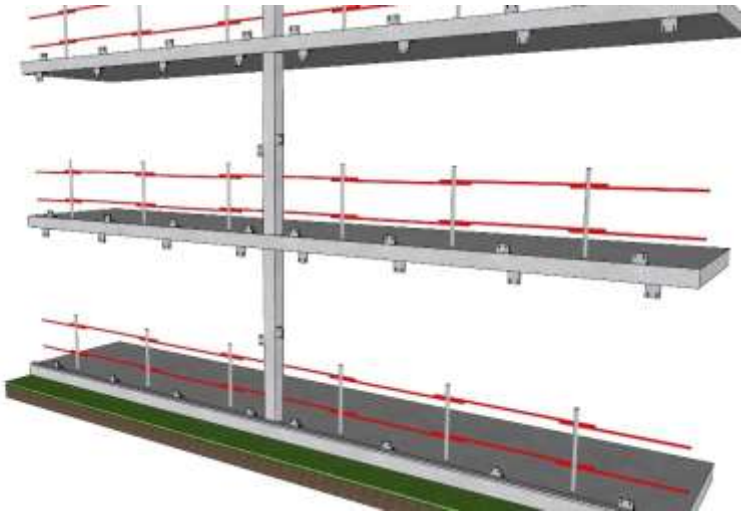


Figure 3 – Pose des équerres d'ancrage sur et sous les planchers béton et sur les poteaux (FP2)

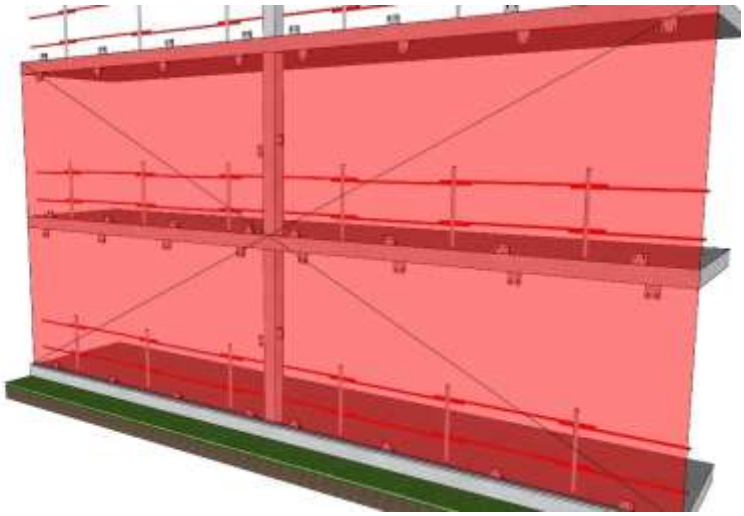


Figure 4 – Réglage des équerres d'ancrage afin de dresser l'aplomb général de la façade (FP2)

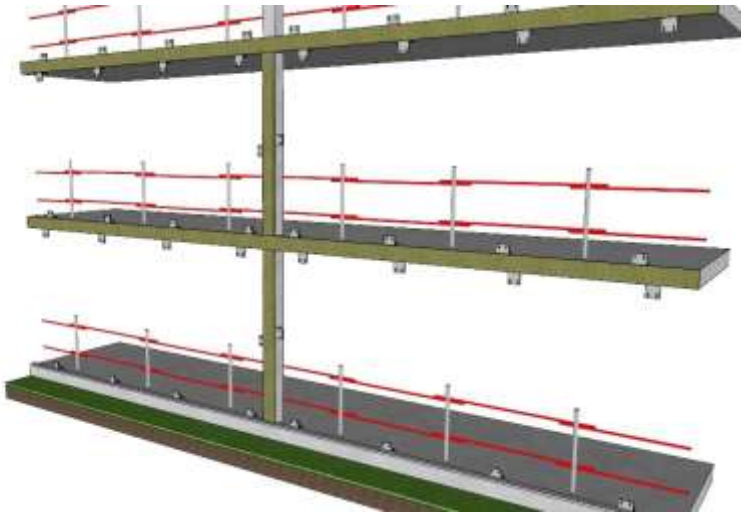


Figure 5 – Mise en œuvre des bandes de laine de roche au droit des interfaces "panneaux de façade/structure béton" (FP2)

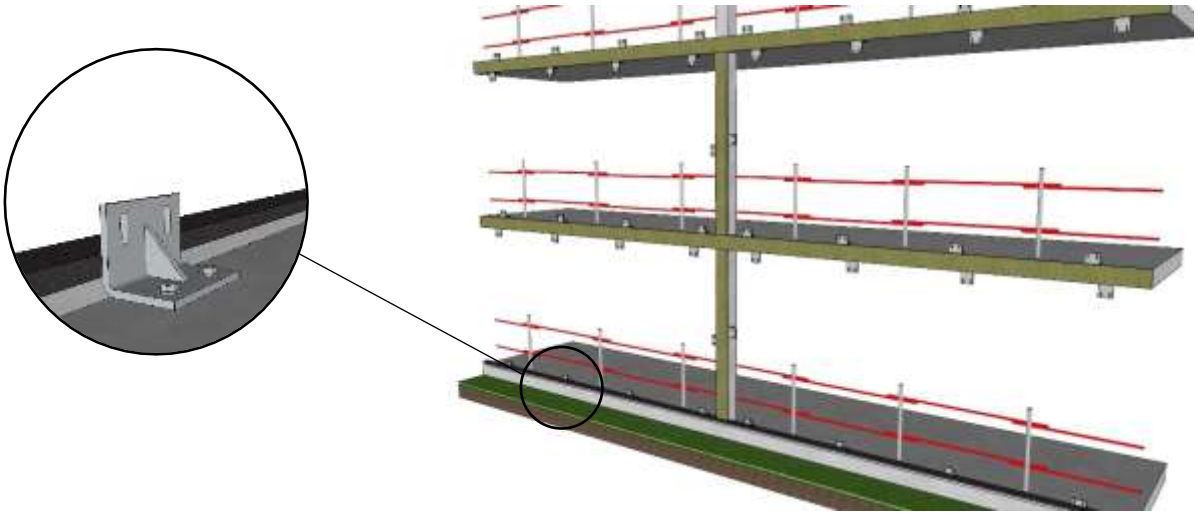


Figure 6 – Mise en œuvre du mortier d'imperméabilisation en périphérie de la première dalle béton (FP2)

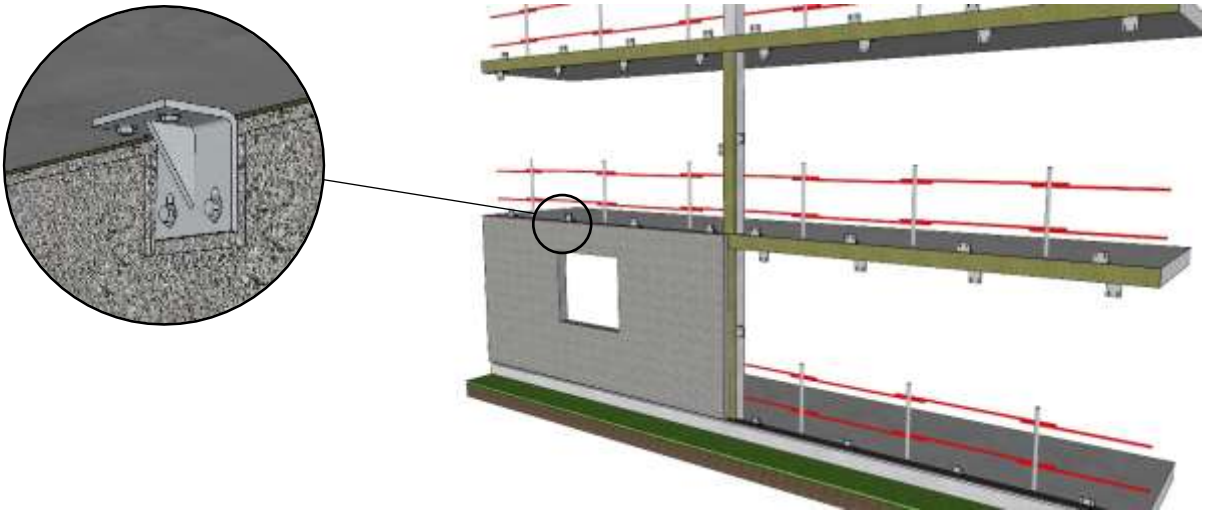


Figure 7 – Mise en place du premier panneau en buté contre les équerres d'ancrage (FP2)

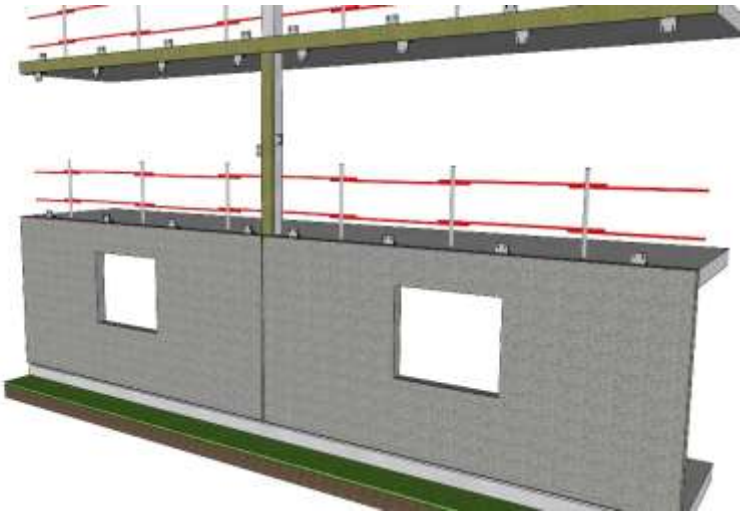


Figure 8 – Mise en place des panneaux suivants (FP2)

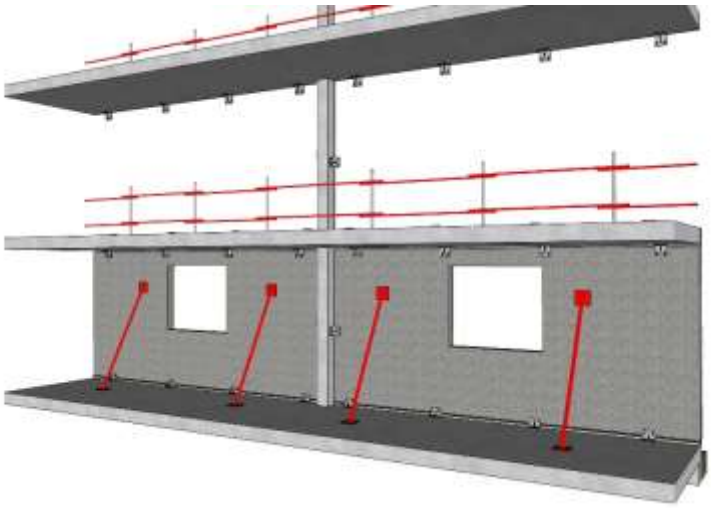


Figure 9 – Maintien provisoire vertical des panneaux par des étais "tirant-poussant" afin de fixer définitivement les panneaux aux équerres d'ancrage, par des tirefonds positionnés au droit des trous oblongs verticaux (FP2)

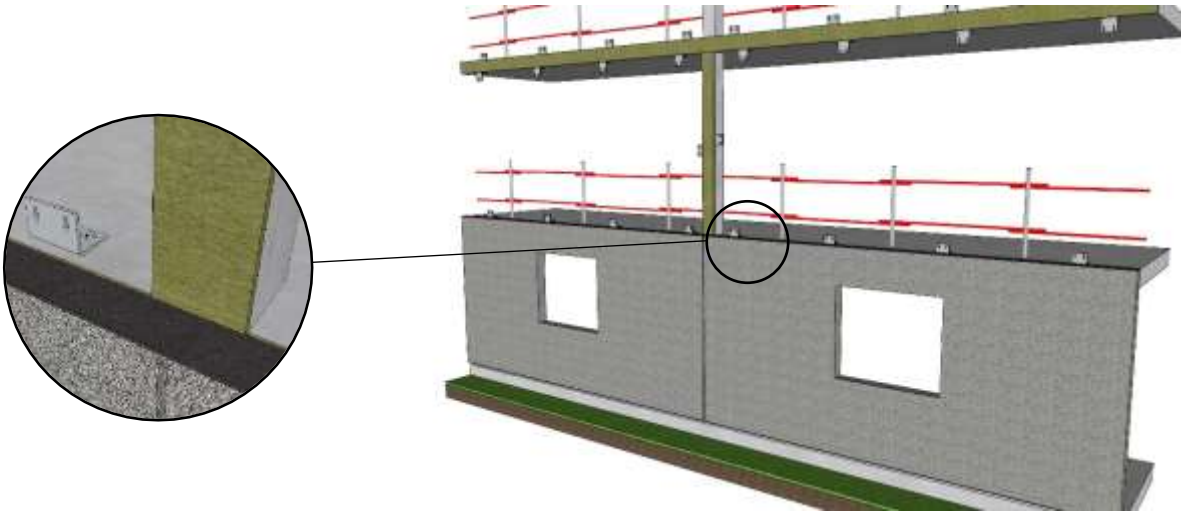


Figure 10 – Mise en œuvre du mortier sur le chant supérieur des panneaux (FP2)

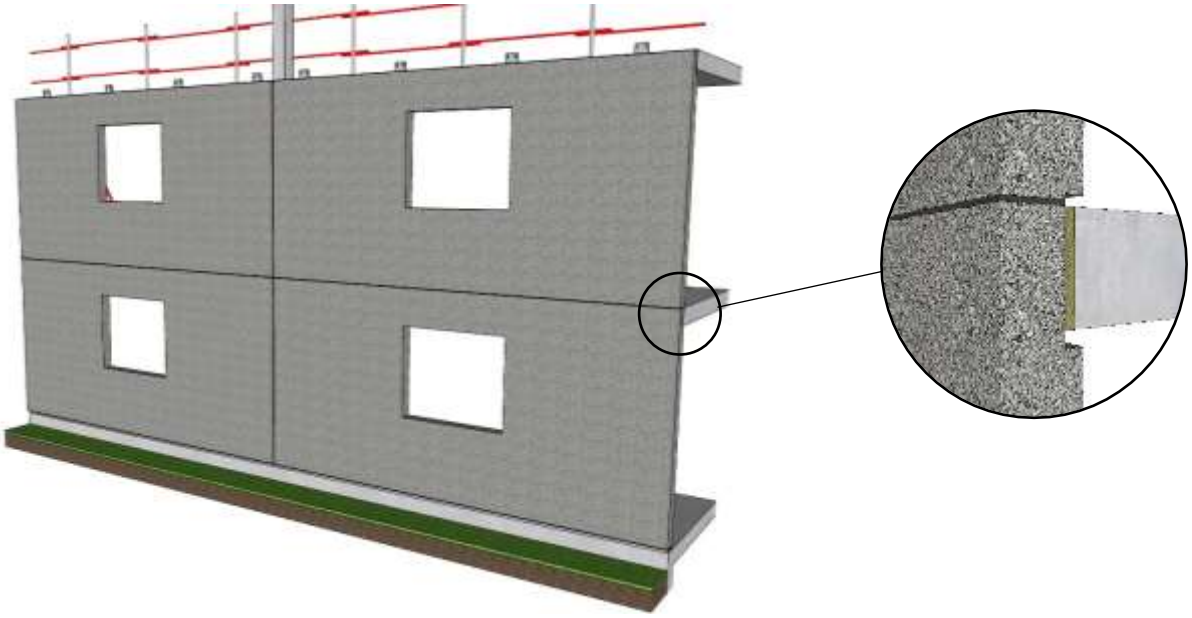


Figure 11 – Pose des panneaux des étages suivants (FP2)

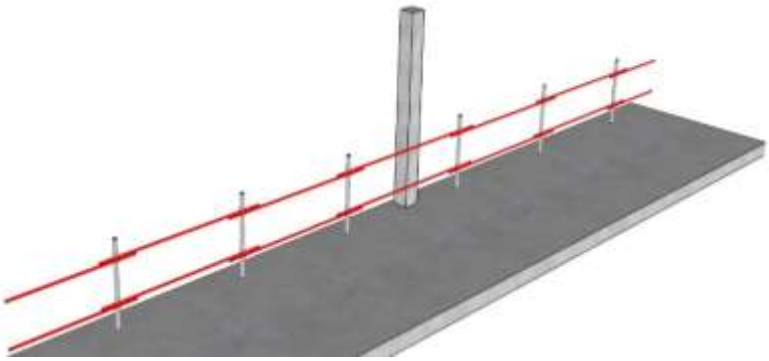


Figure 12 – Réception du support béton (FP3)

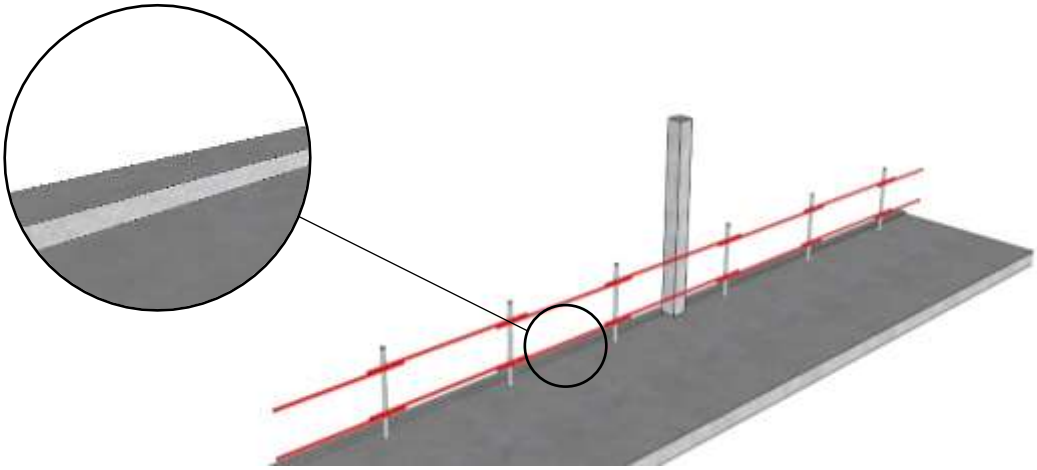


Figure 13 – Mise en œuvre de la semelle d'imperméabilisation et du réglage du niveau (FP3)

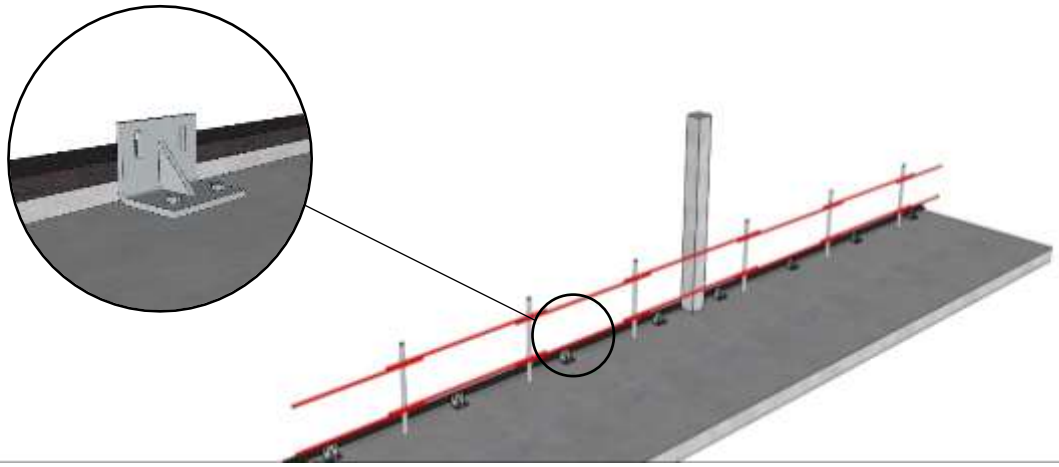


Figure 14 – Mise en œuvre du mortier sur la semelle et fixation des équerres d'ancrage (FP3)

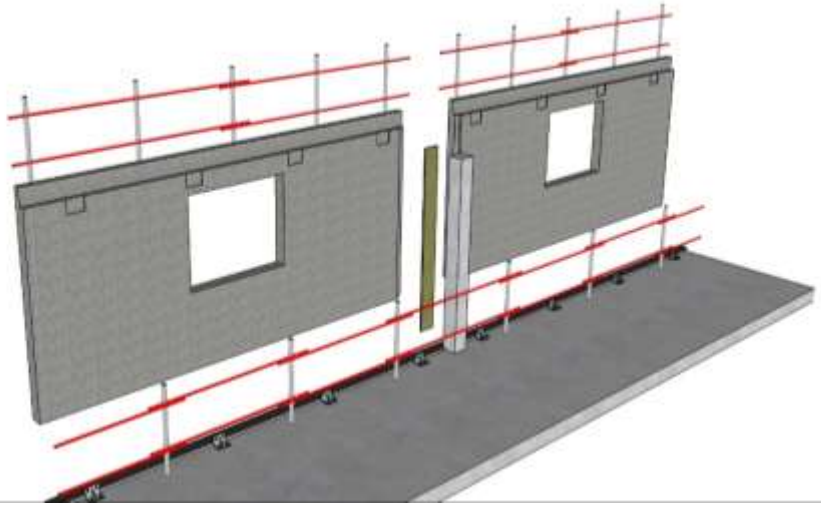


Figure 15 – Vue des panneaux de façade en approche (FP3)

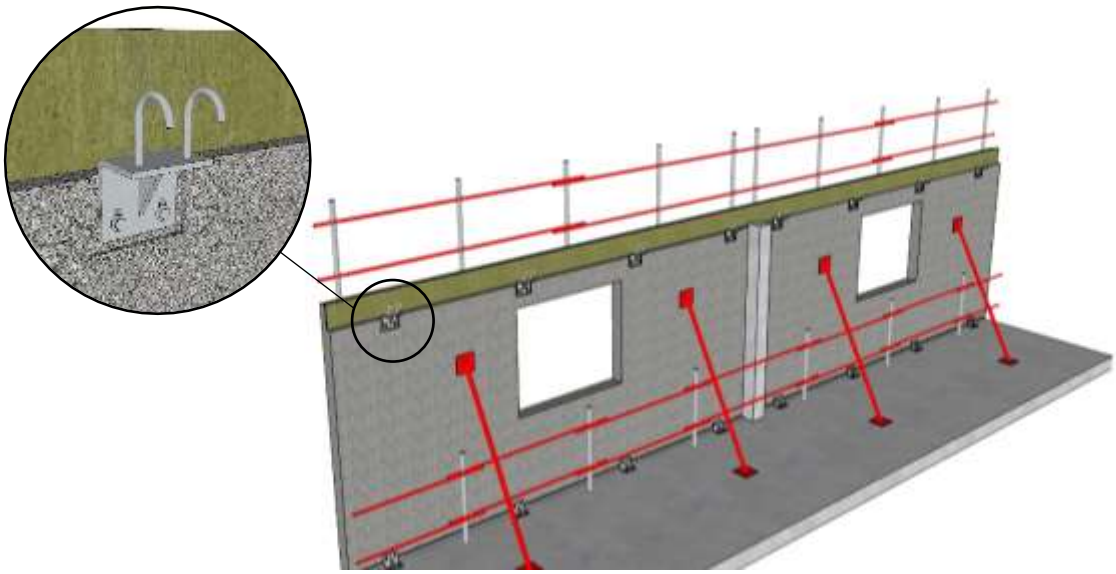


Figure 16 – Fixation des équerres d'ancrage LH-M ou LH-R/Men tête de panneaux. Mise en œuvre d'une bande de laine de roche de désolidarisation et servant pour le coffrage de la rive de dalle (FP3)

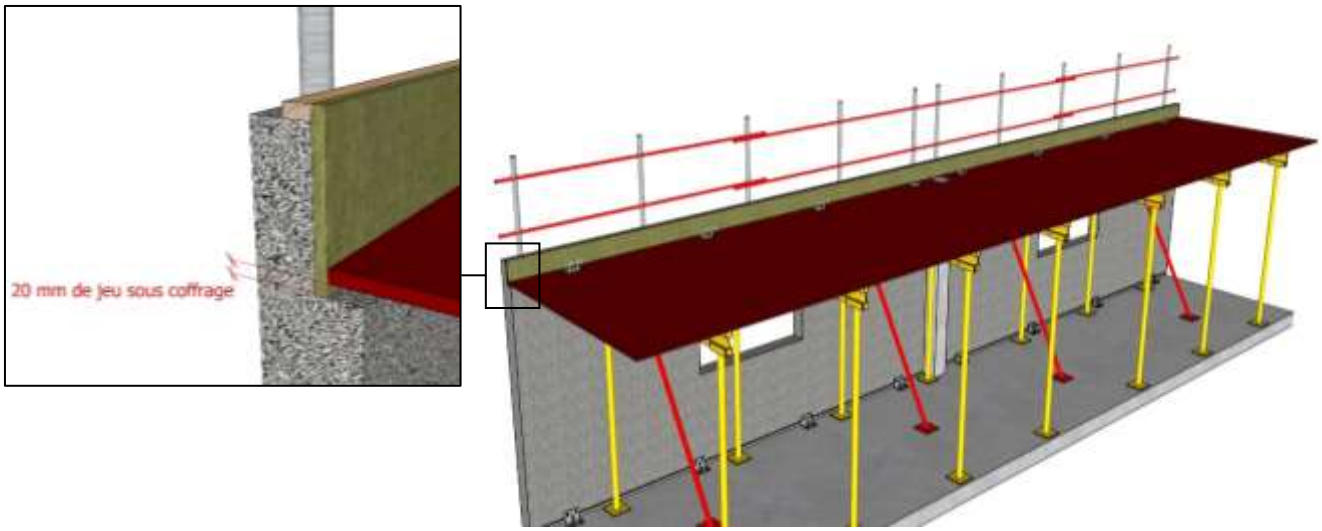


Figure 17 – Mise en place du coffrage de la dalle béton (FP3)

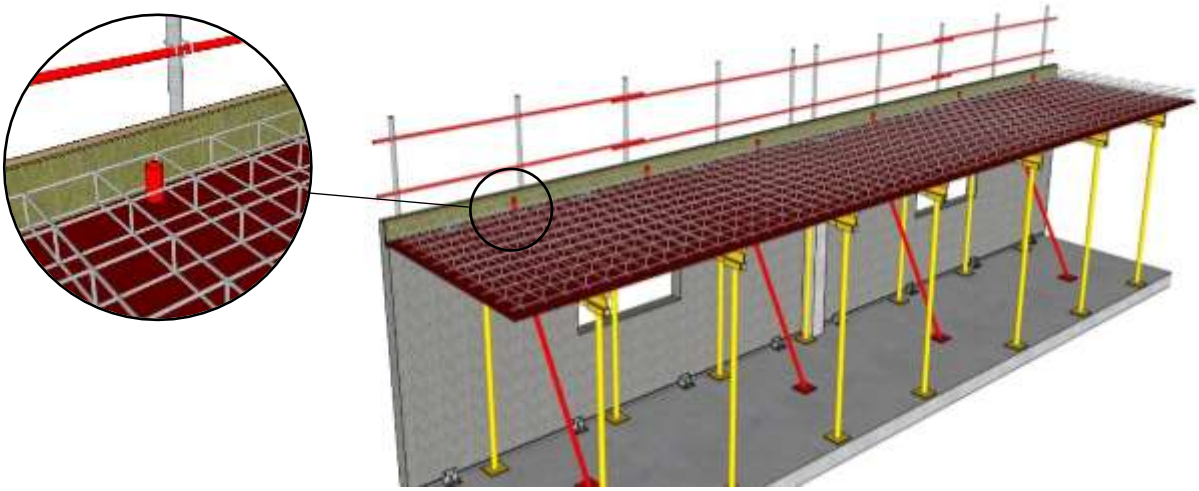


Figure 18 – Mise en place des armatures métalliques et ligature avec les fers à béton pliés des équerres d'ancrage. Intégration des douilles pour pieds de garde-corps en bord de dalle (FP3)

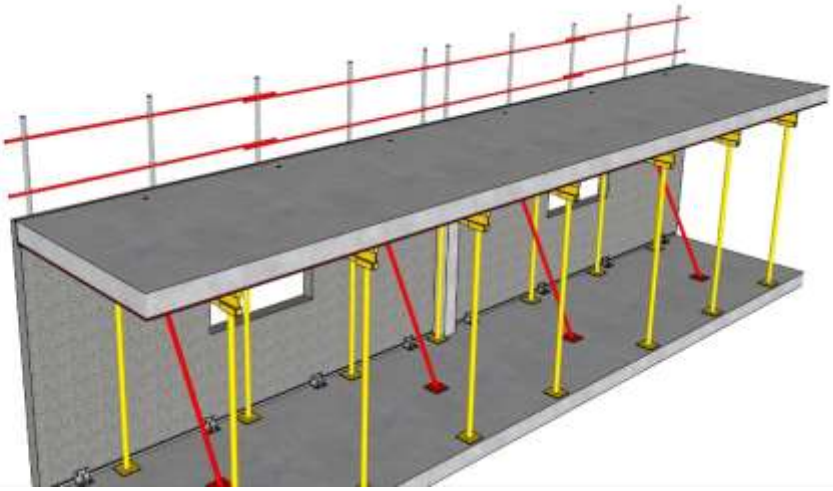


Figure 19 – Coulage de la dalle béton (FP3)

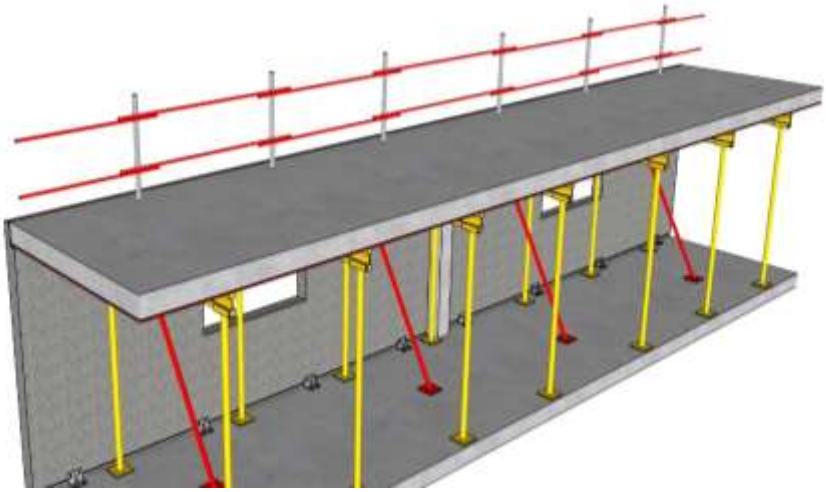


Figure 19bis – Déplacement de la position du garde-corps en bord de dalle béton (FP3)

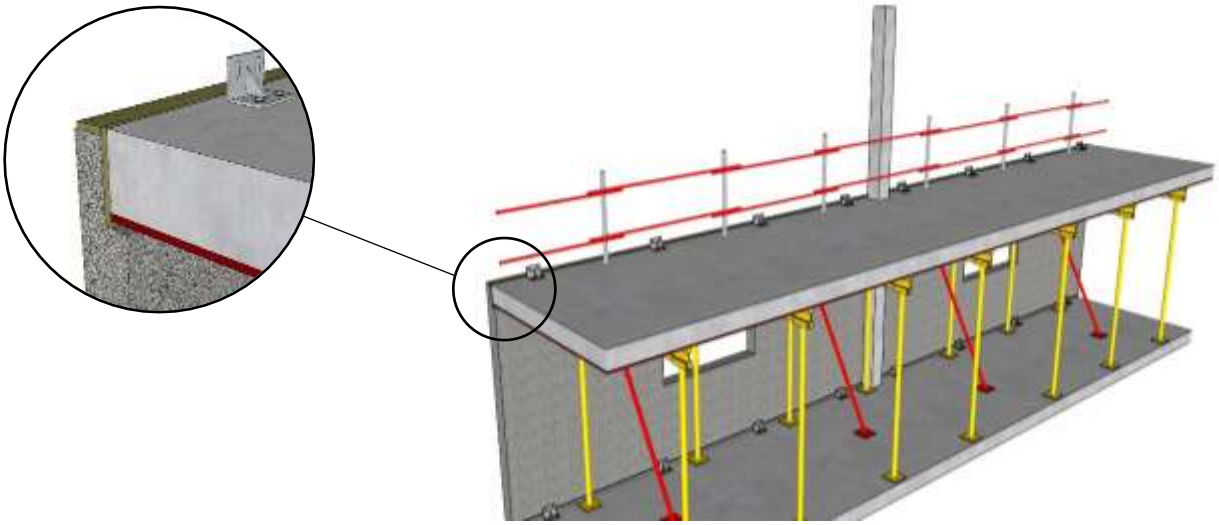


Figure 20 – Mise en œuvre des équerres d'ancrage et des bandes de laine de roche sur le haut des planelles (FP3)

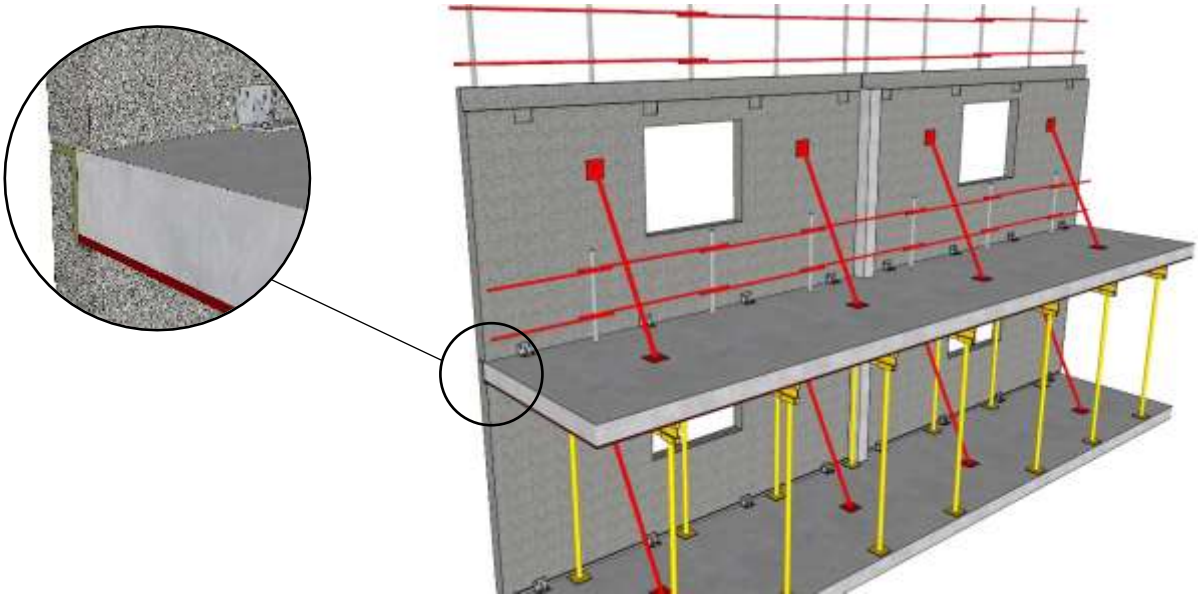


Figure 21 – Pose des panneaux des étages suivants (FP3)

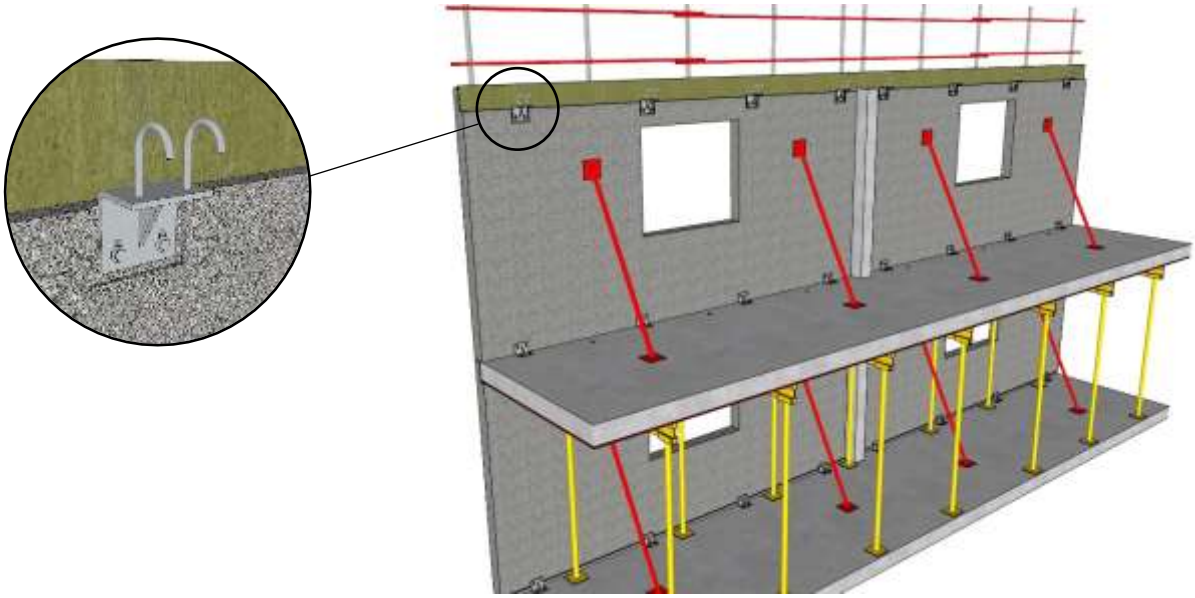


Figure 22 – Fixation des équerres d'ancrage LH-M ou LH-R/M et pose d'une bande de laine de roche servant de coffrage à la rive de dalle (FP3)

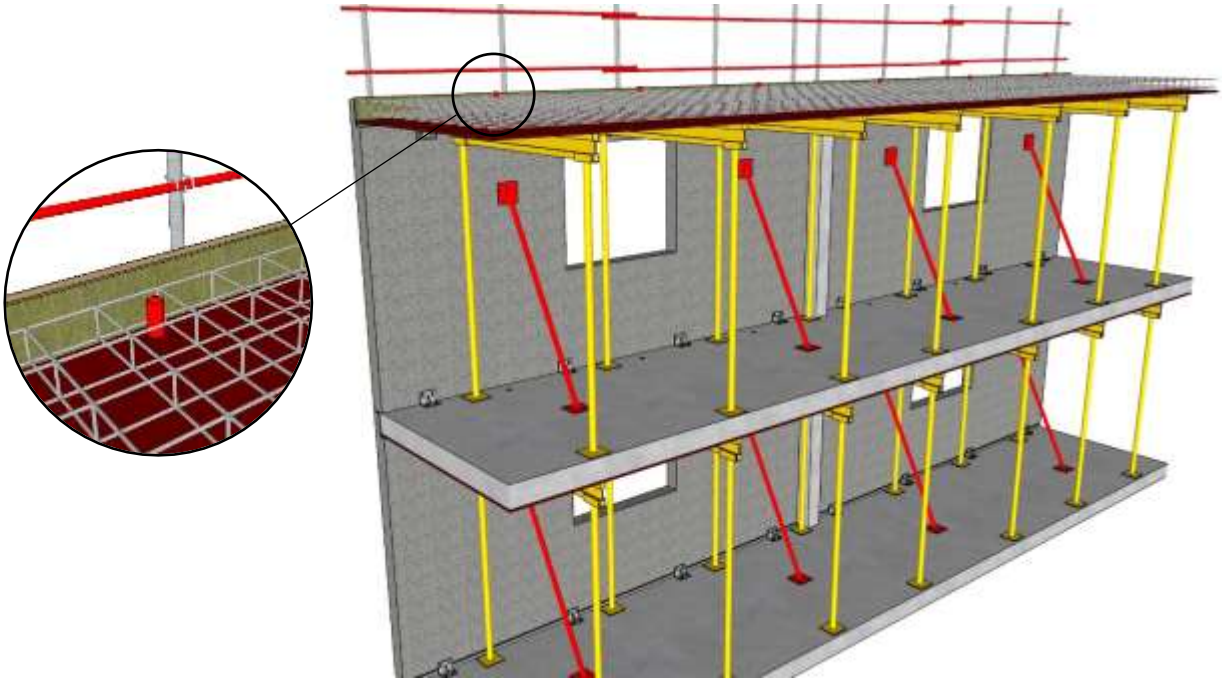


Figure 23 – Pose des armatures métalliques et ligature avec les fers à béton pliés des équerres d'ancrage. Intégration des douilles pour pieds de garde-corps en bord de dalle (FP3)

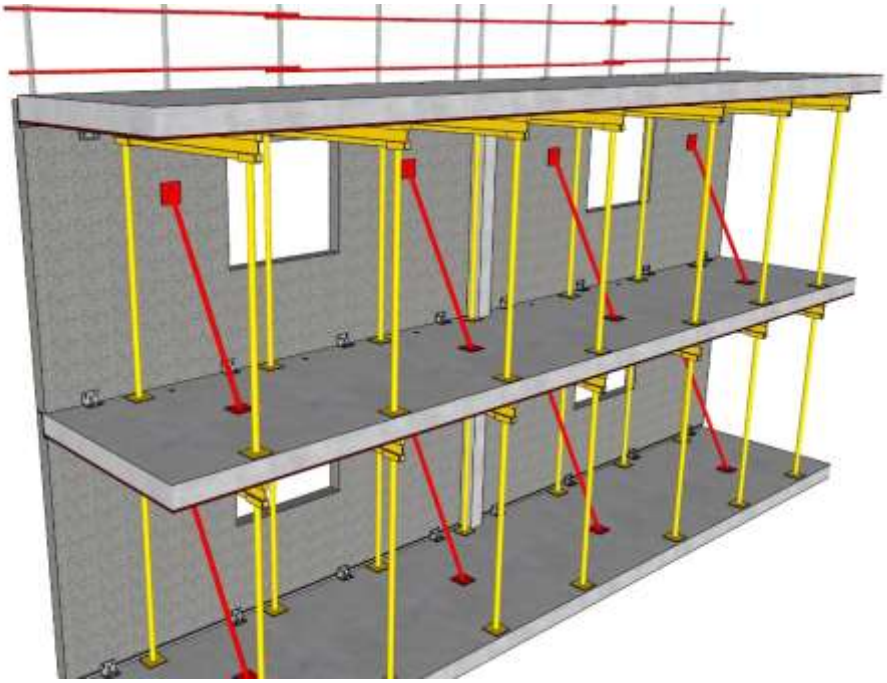


Figure 24 – Coulage de la dalle béton (FP3)

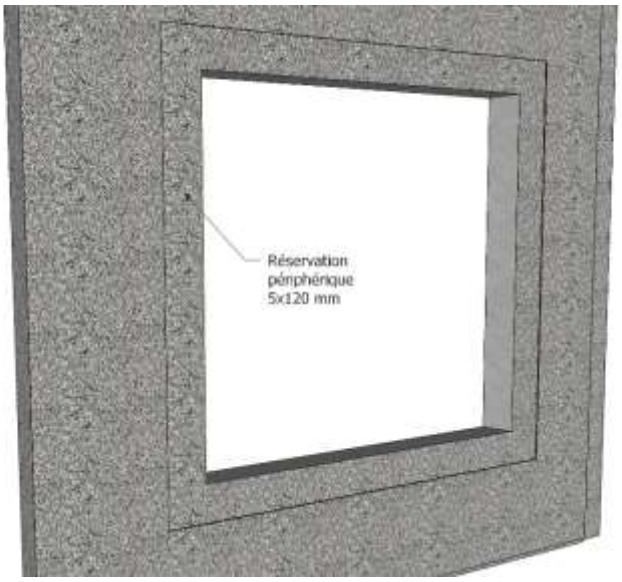


Figure 25 – Réservation périphérique

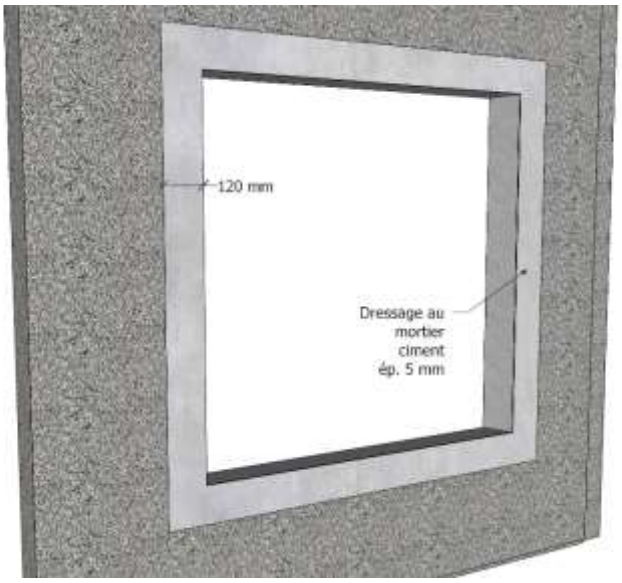


Figure 26 – Dressage au mortier ciment

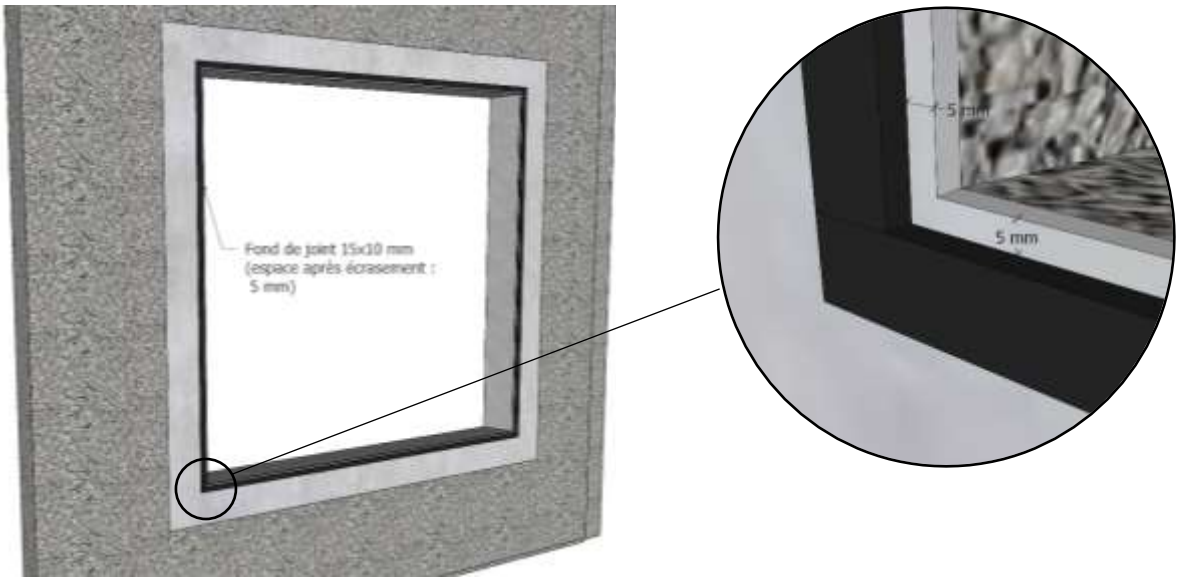


Figure 27 – Pose du fond de joint

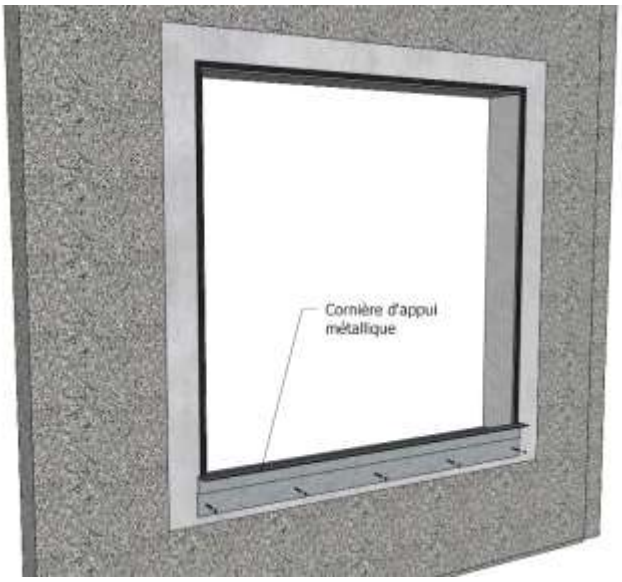


Figure 28 – Pose de la cornière d'appui

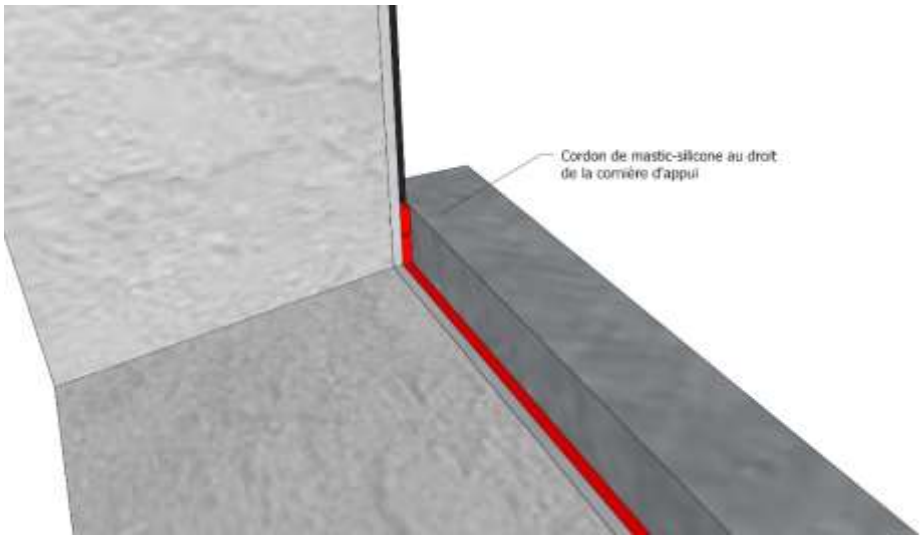


Figure 29 – Application du cordon mastic-silicone

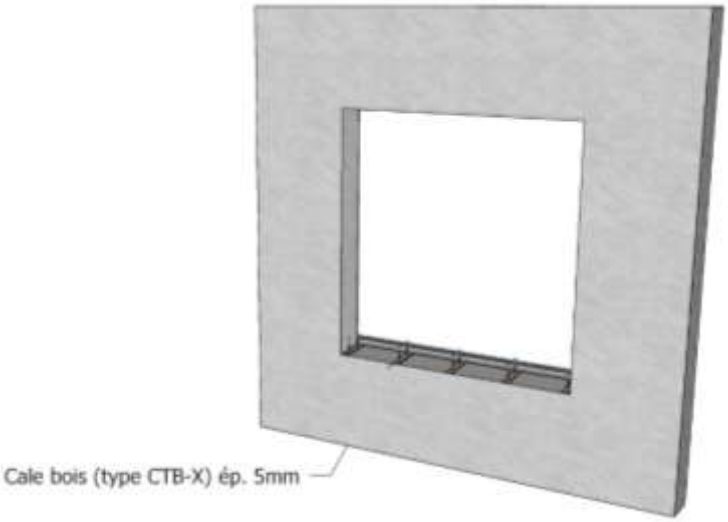


Figure 30 – Pose des cales bois dans le sens de la pente

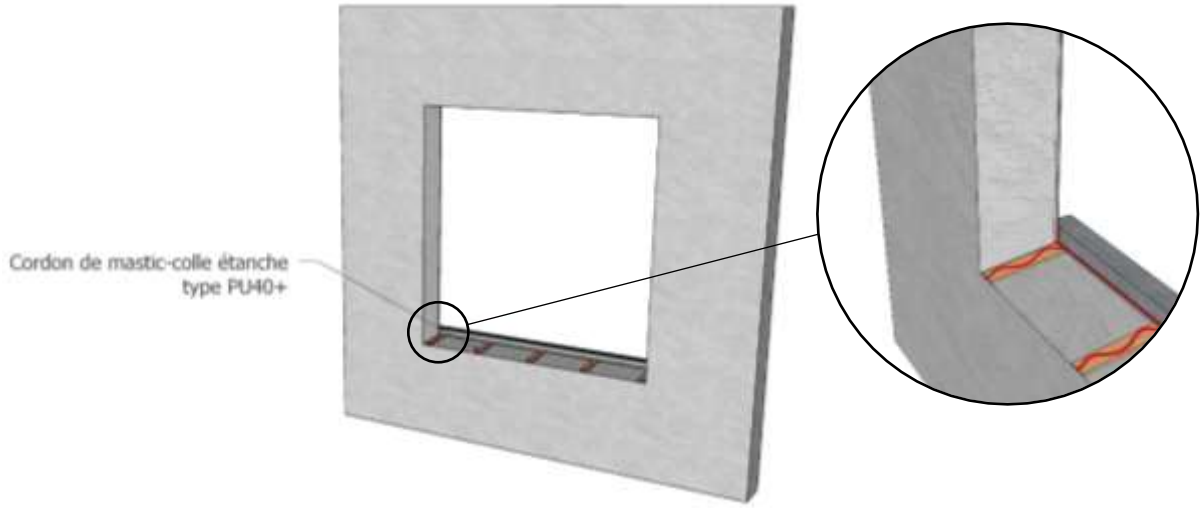


Figure 31 – Application des cordons de mastic-colle étanche

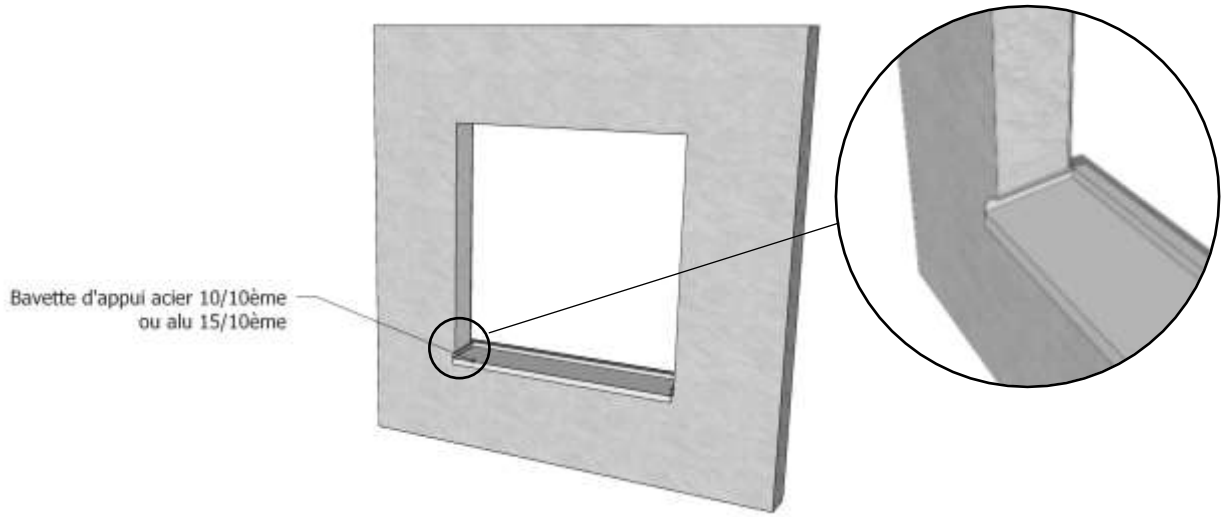


Figure 32 – Mise en œuvre de la bavette d'appui

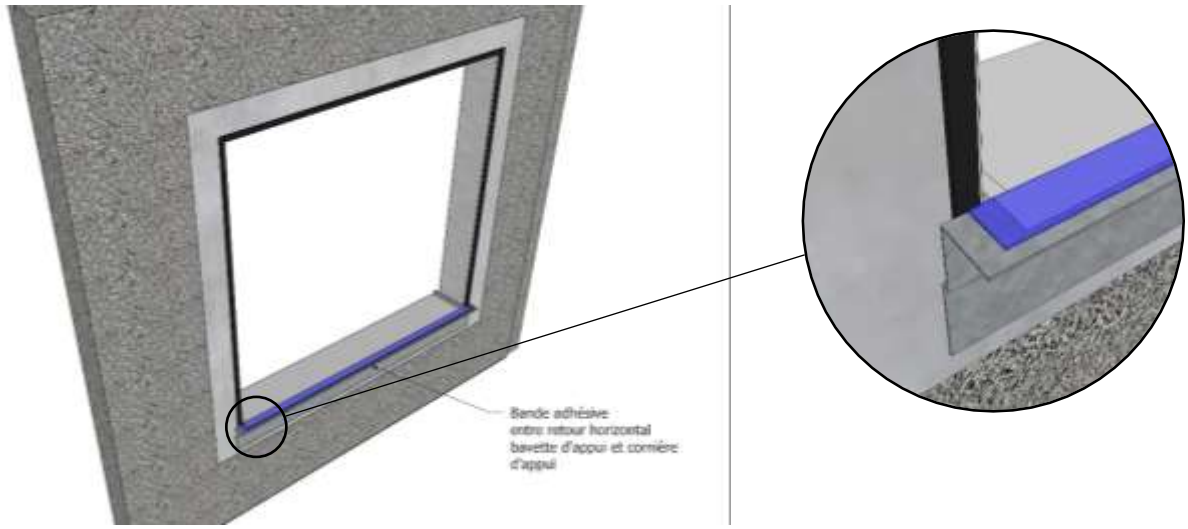


Figure 33 – Pose de la bande adhésive d'étanchéité

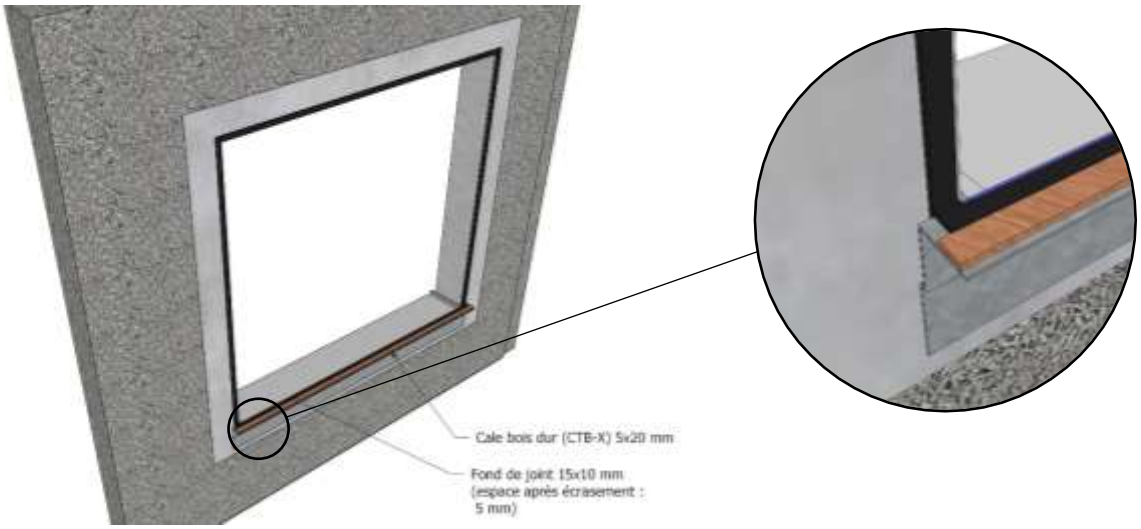


Figure 34 – Pose de la cale bois dur

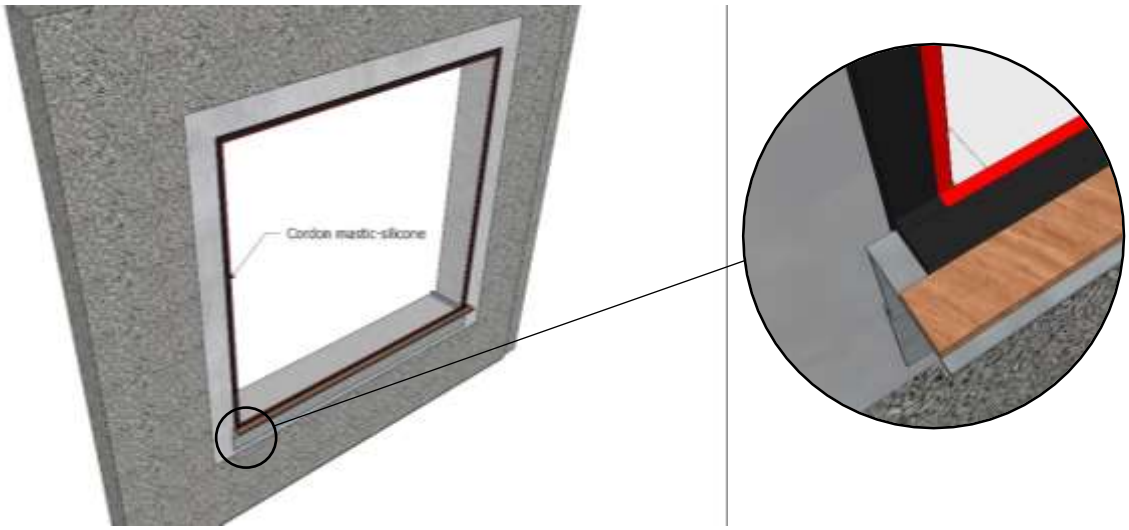


Figure 35 – Application du cordon mastic-silicone périphérique

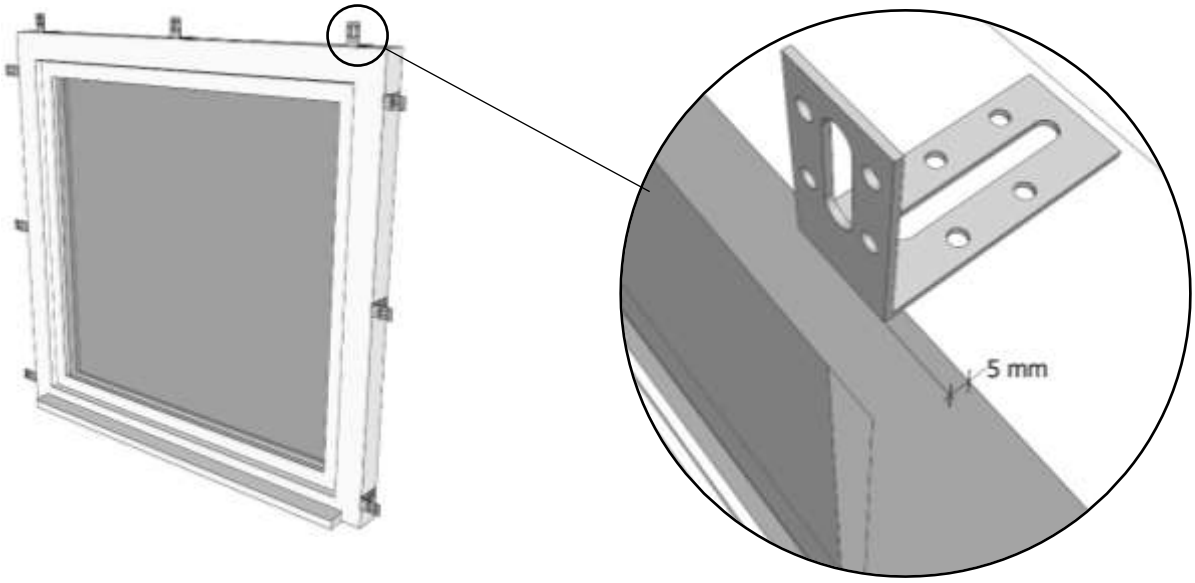


Figure 36 – Pose des équerres avec un dépassement de 5 mm par rapport au nu extérieur de la menuiserie

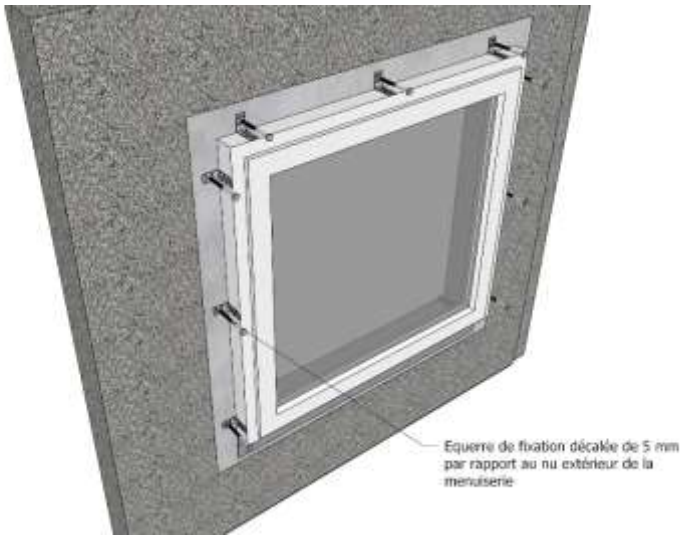


Figure 37 – Fixation de la menuiserie

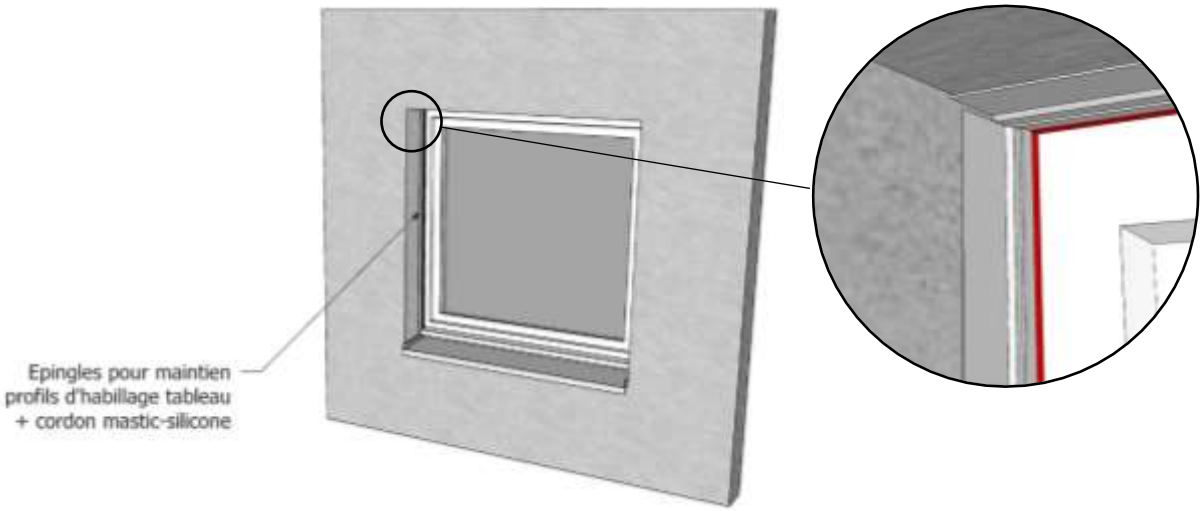


Figure 38 – Pose des épingles de maintien des profils d'habillage. Application d'un cordon de mastic-silicone entre les épingles et le dormant de menuiserie

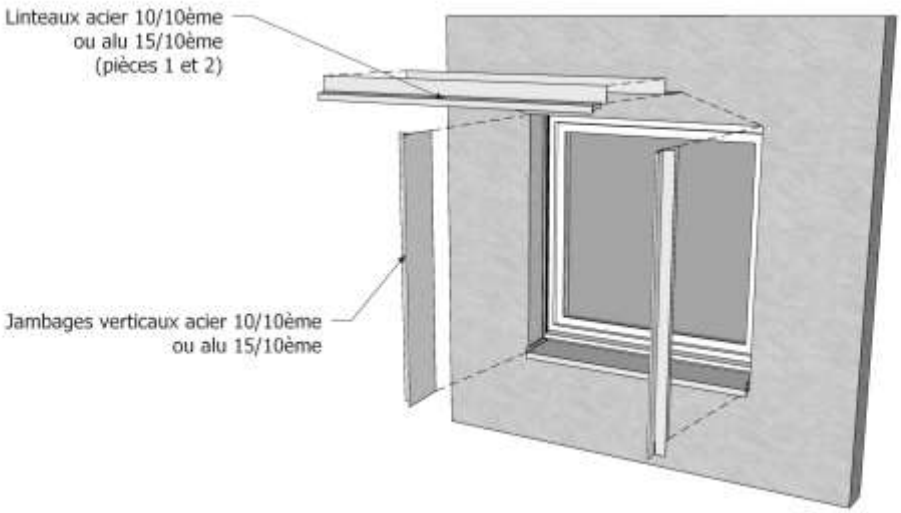


Figure 39 – Pose des profils d'habillage du tableau (jambages verticaux et linteaux)

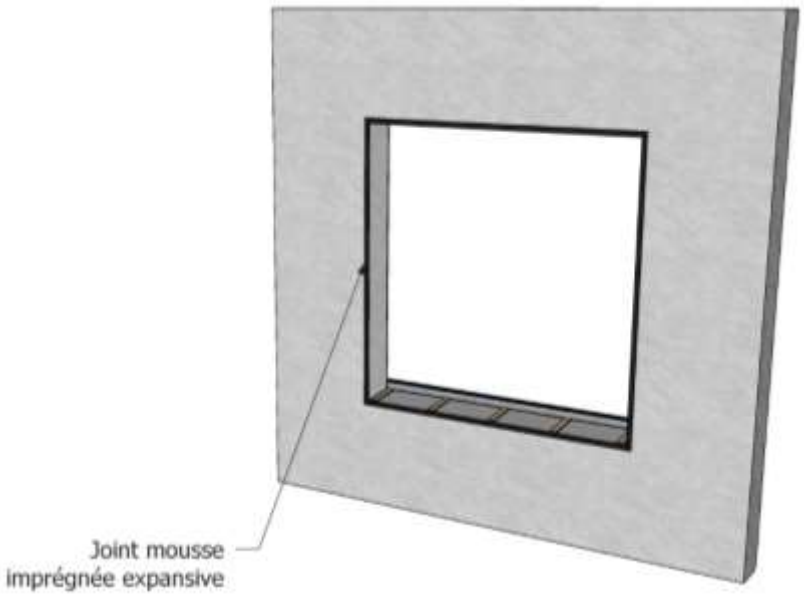


Figure 40 – Pose de d'un joint mousse imprégnée expansive sur la face extérieure des panneaux TimberRoc

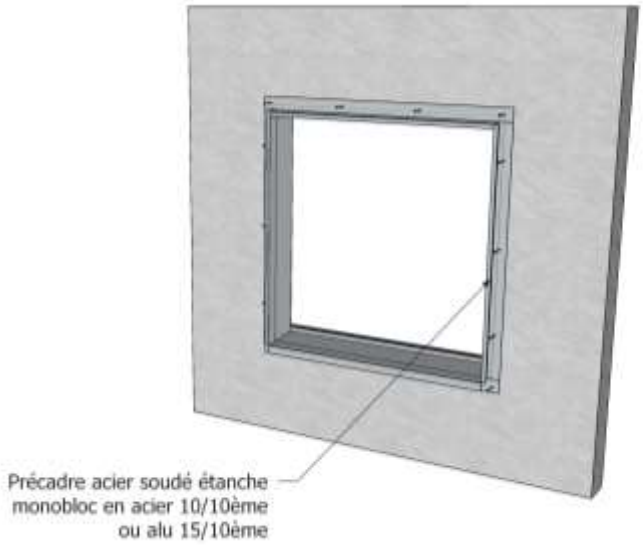


Figure 41 – Pose et fixation du précadre soudé étanche monobloc

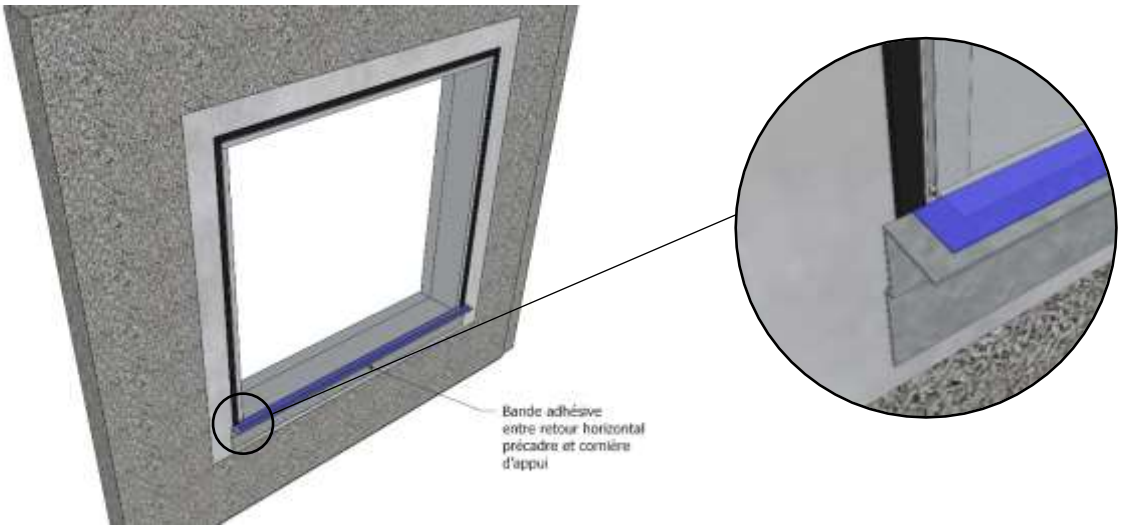


Figure 42 – Pose de la bande adhésive d'étanchéité

Figure 43 – Pose de la cale bois dur

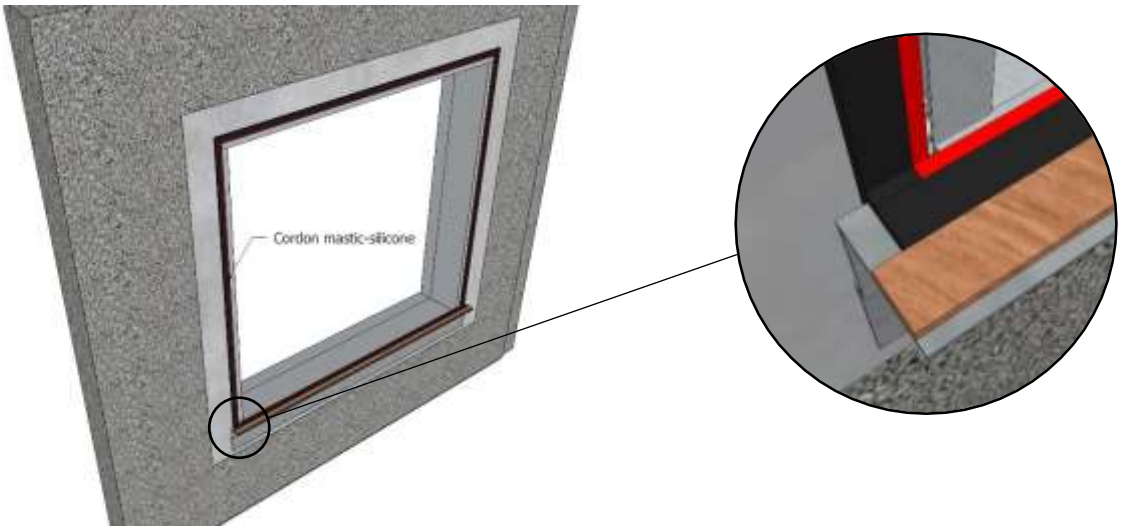


Figure 44 – Application du cordon mastic-silicone périphérique

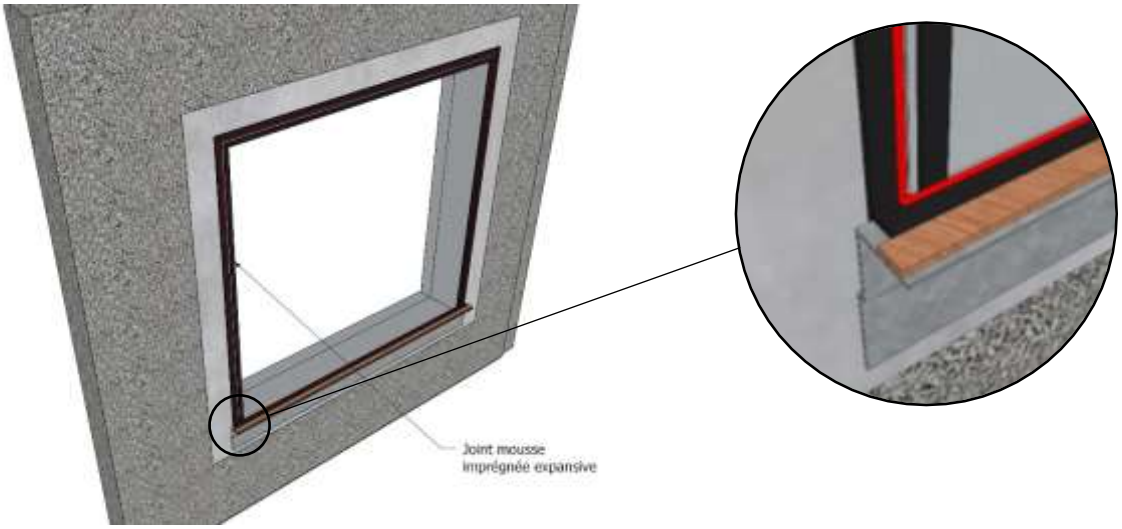


Figure 45 – Pose de d'un joint mousse imprégnée expansive sur la face intérieure du précadre soudé étanche monobloc

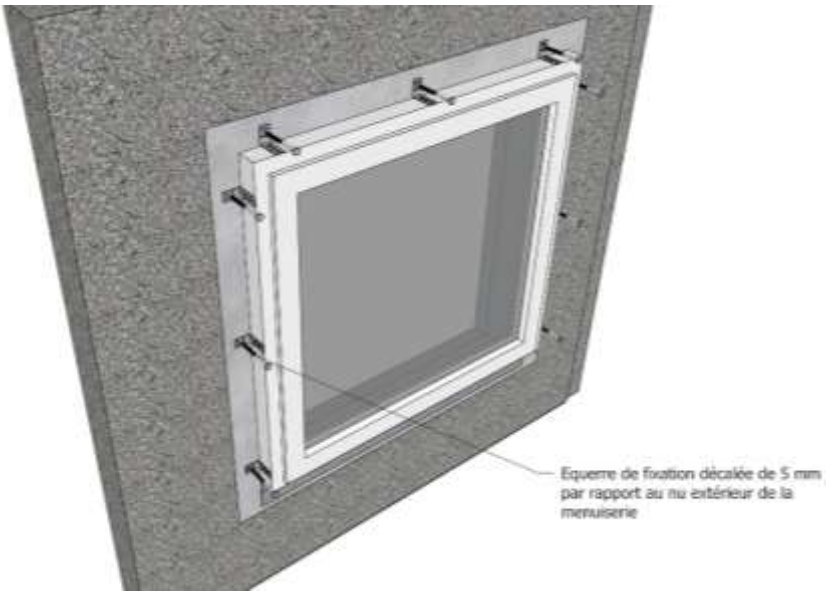


Figure 46 – Fixation de la menuiserie

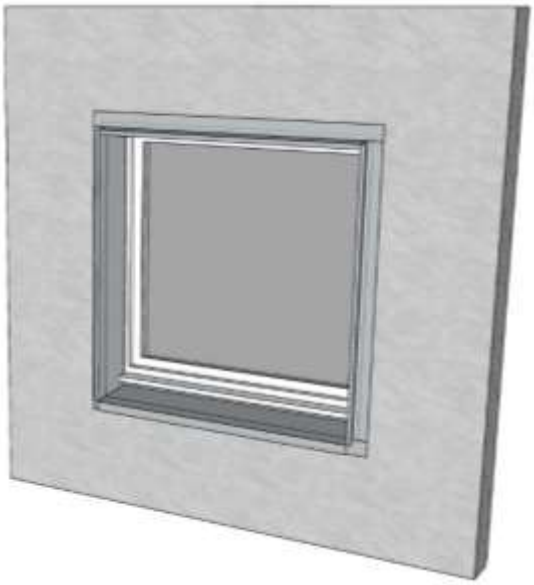
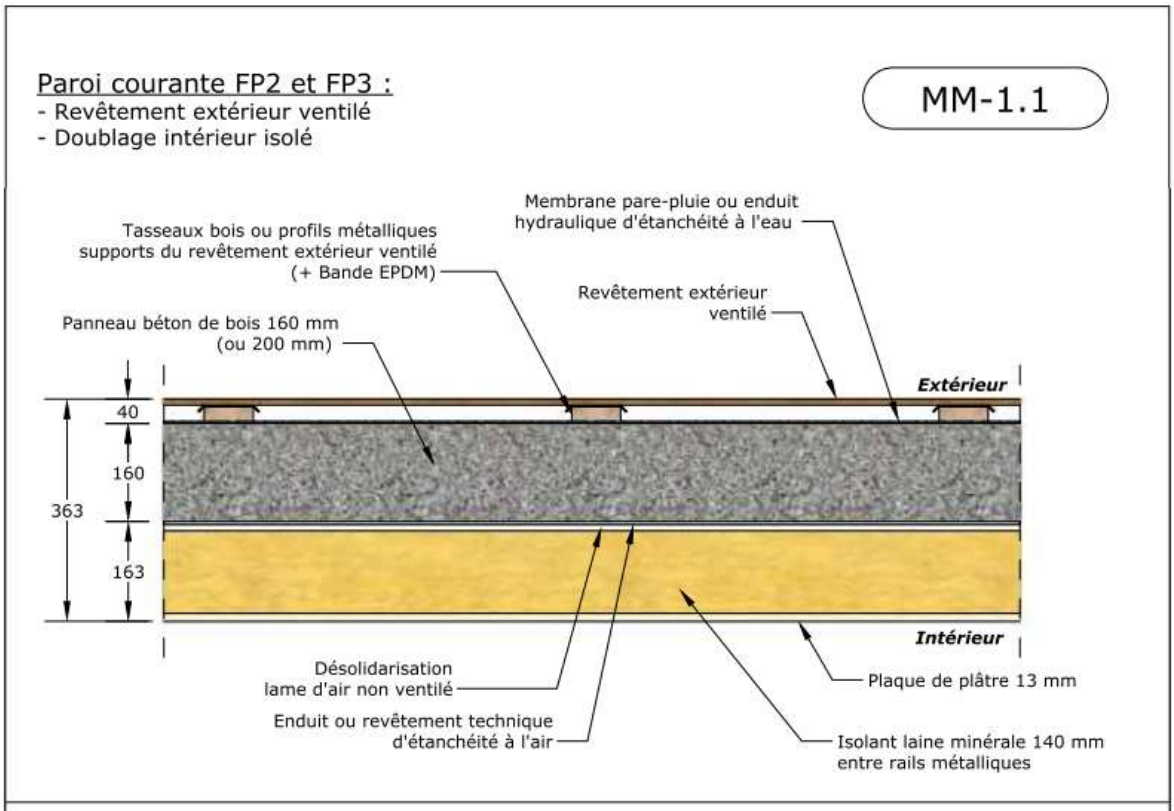
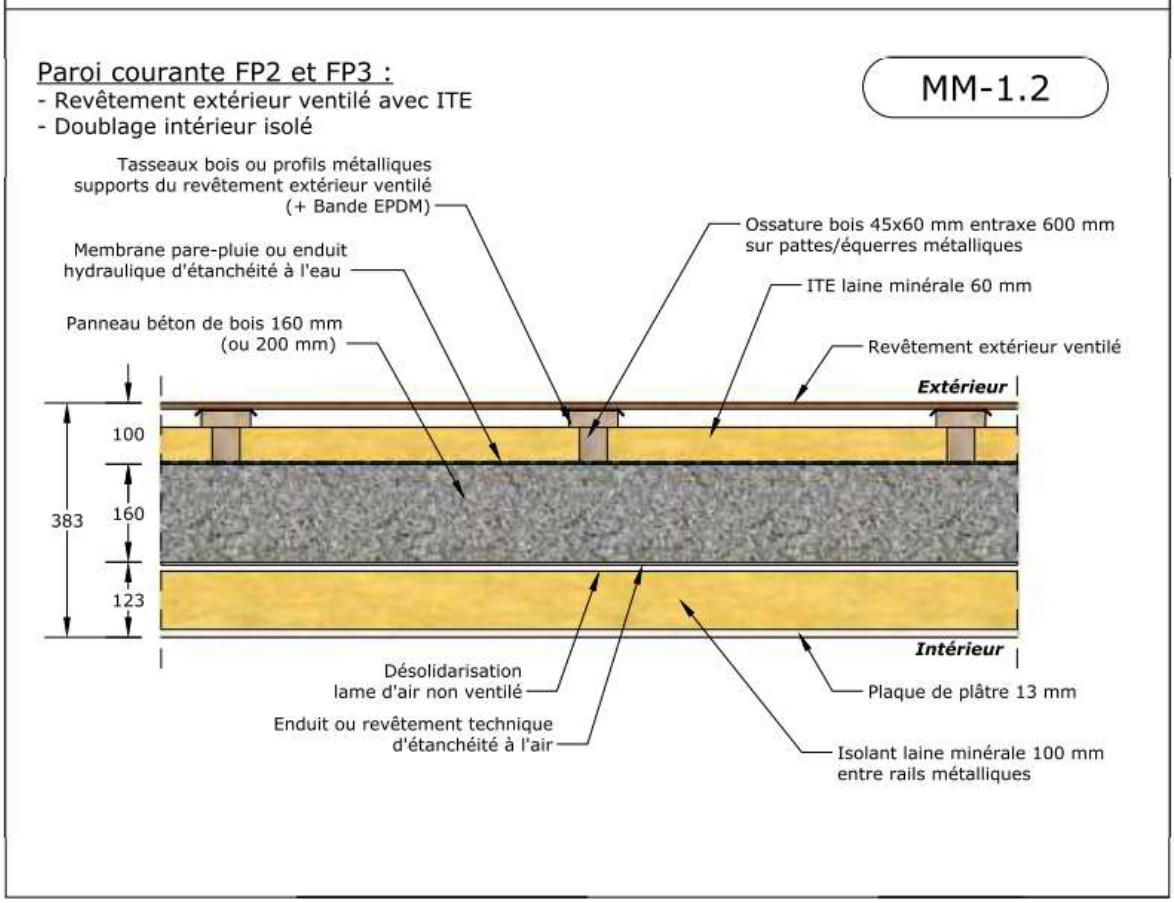


Figure 47 – Vue extérieure avec précadre soudé étanche monobloc

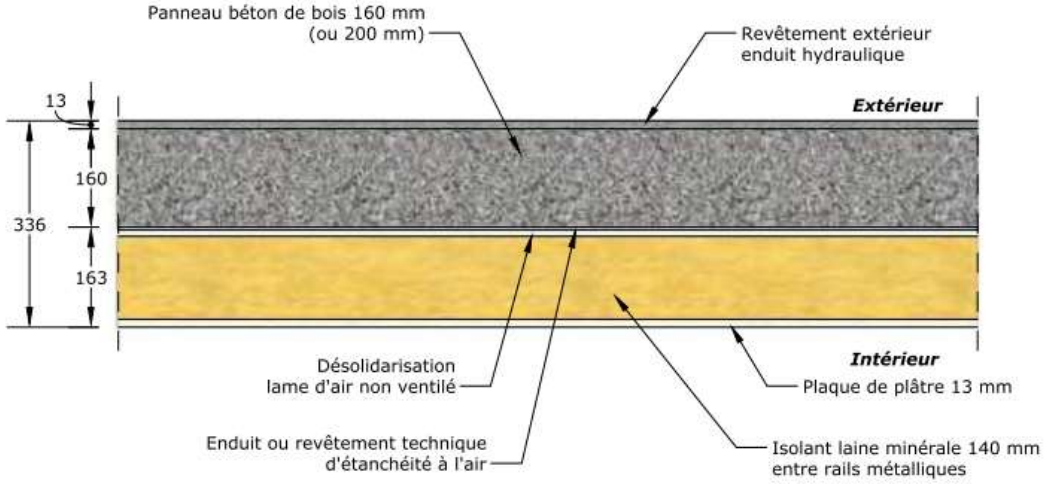
Détails techniques du Dossier Technique


Paroi courante FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
MM-1.1
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur ventilé (+ Bande EPDM)
Revêtement extérieur ventilé
Panneau béton de bois 160 mm (ou 200 mm)
Extérieur
40
160
363
163
Intérieur
Désolidarisation lame d'air non ventilé
Plaque de plâtre 13 mm
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques


Paroi courante FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur ventilé avec ITE
- Doublage intérieur isolé
MM-1.2
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur ventilé (+ Bande EPDM)
Ossature bois 45x60 mm entraxe 600 mm sur pattes/équerres métalliques
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
ITE laine minérale 60 mm
Panneau béton de bois 160 mm (ou 200 mm)
Revêtement extérieur ventilé
Extérieur
100
160
383
123
Intérieur
Désolidarisation lame d'air non ventilé
Plaque de plâtre 13 mm
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Isolant laine minérale 100 mm entre rails métalliques

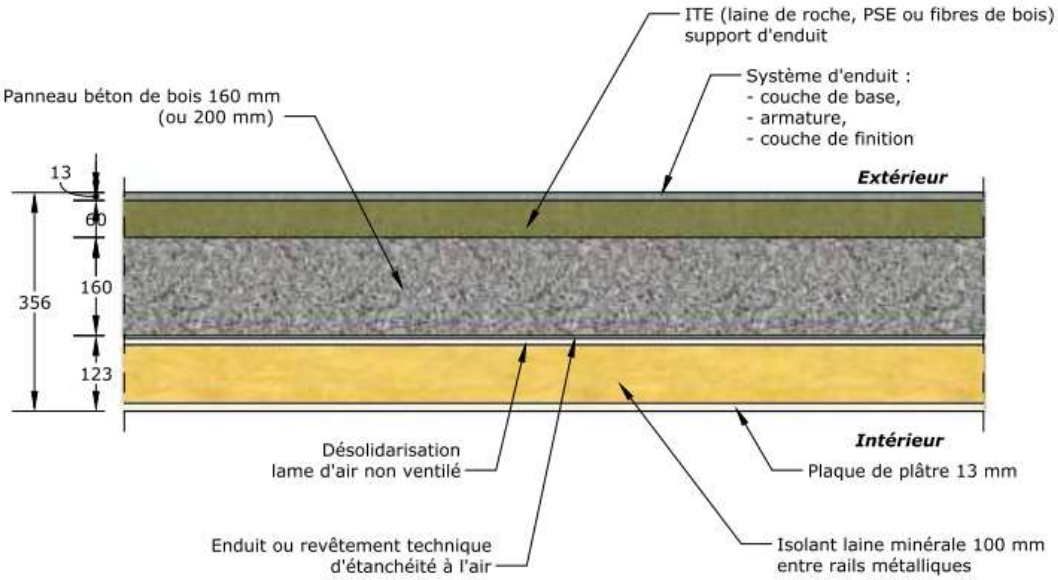
Paroi courante FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

MM-2.1



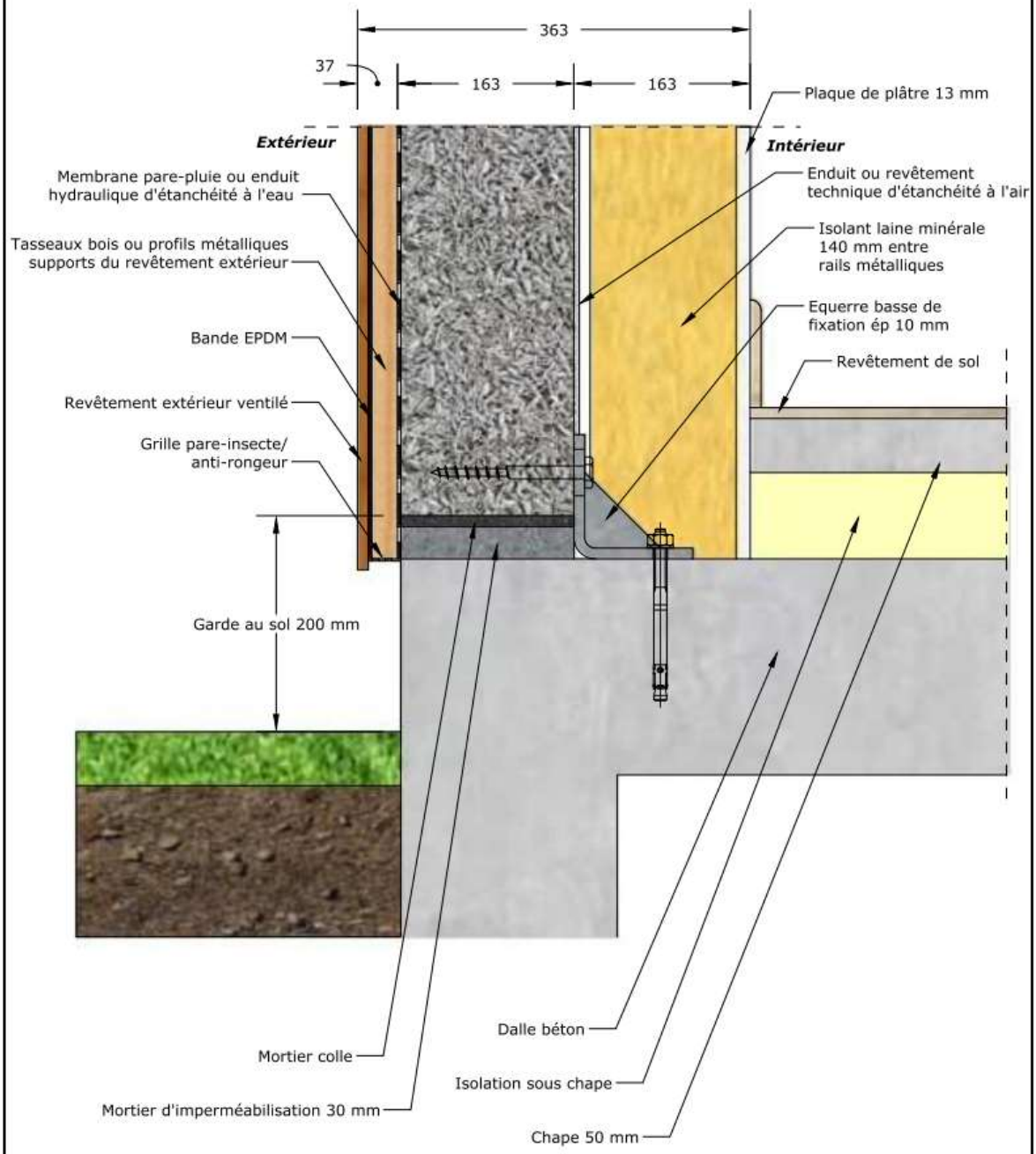
Paroi courante FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type ETICS
- Doublage intérieur isolé

MM-2.2



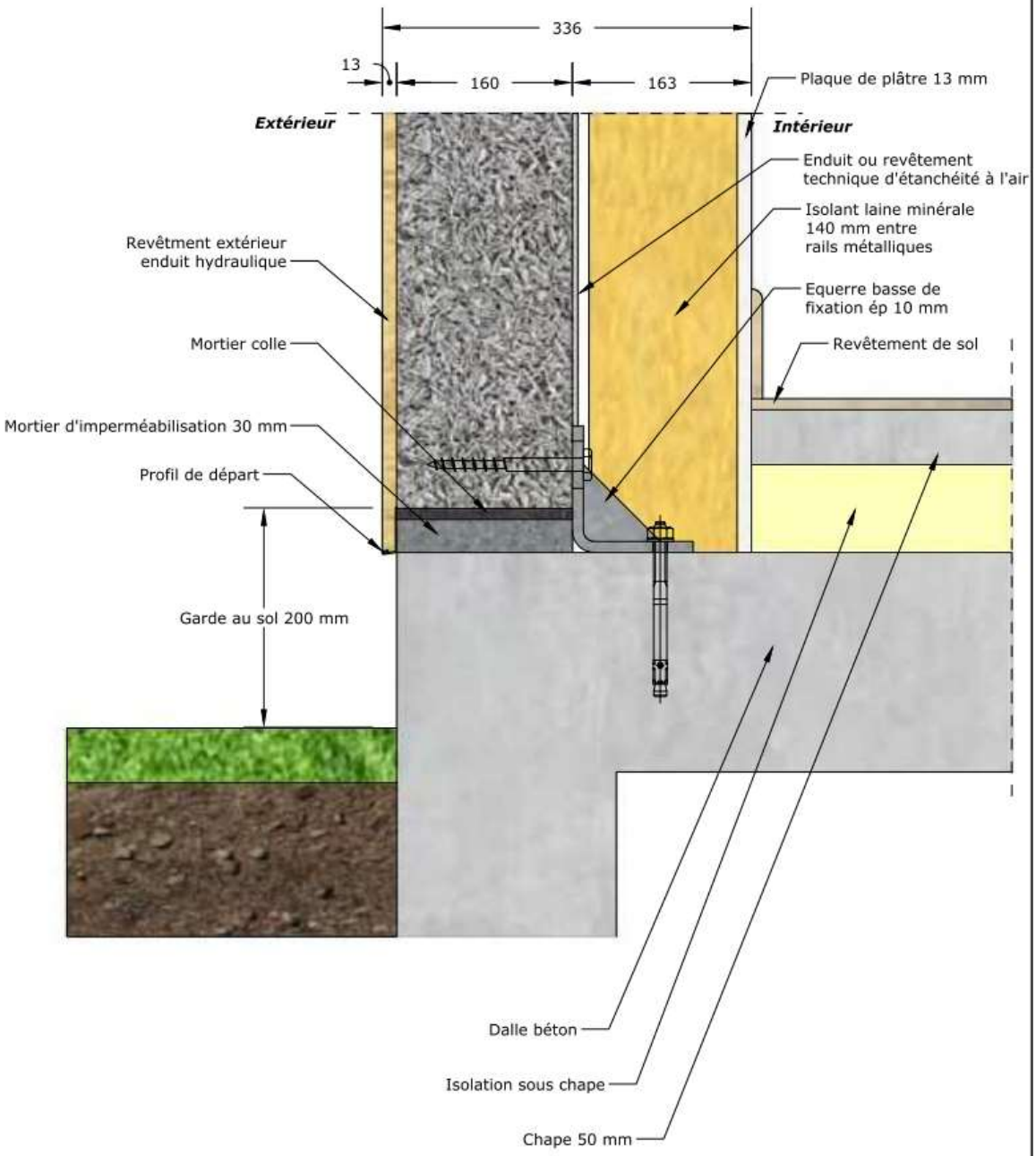
Pied de façade - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-1.1



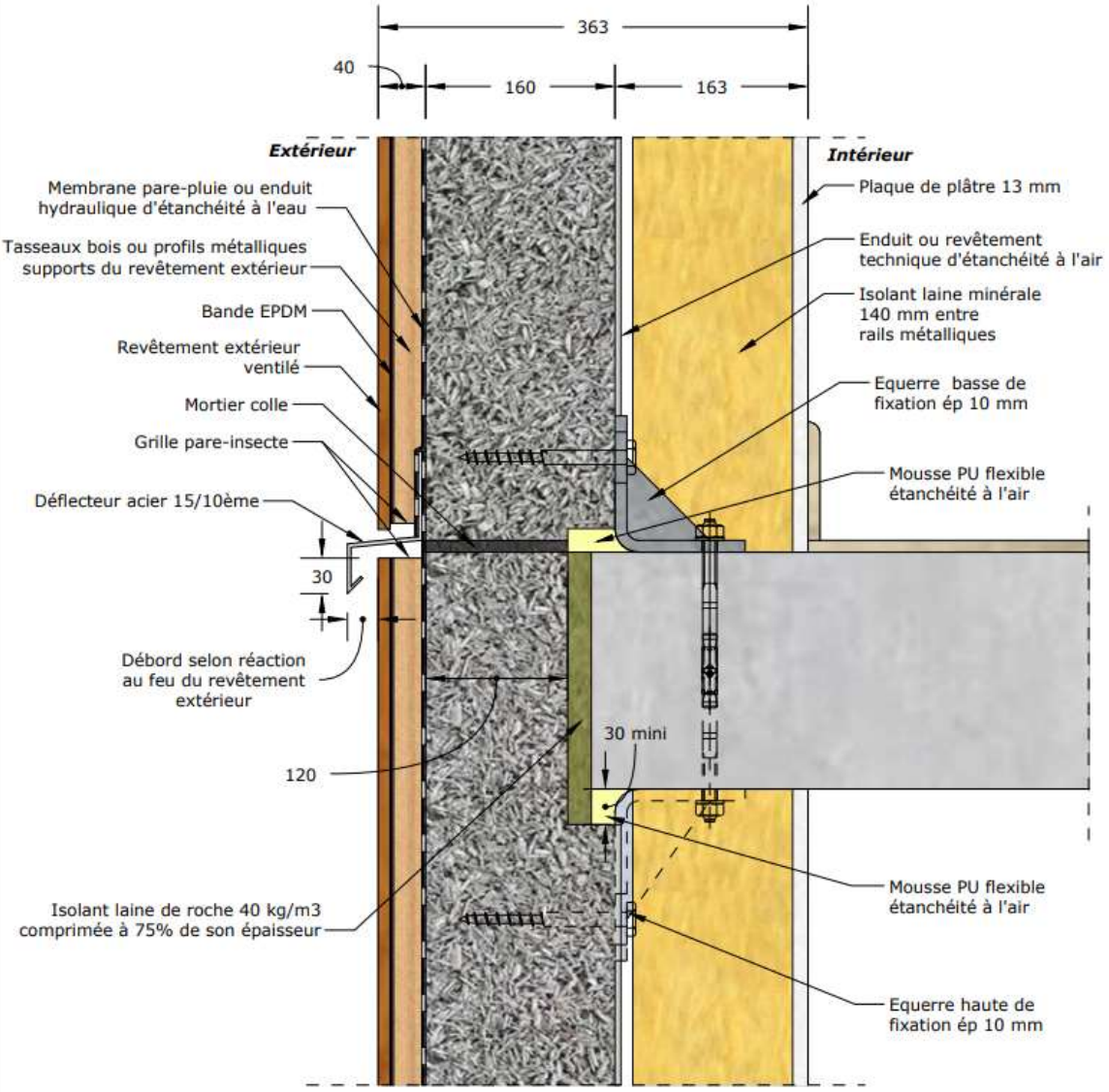
Pied de façade - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-1.2



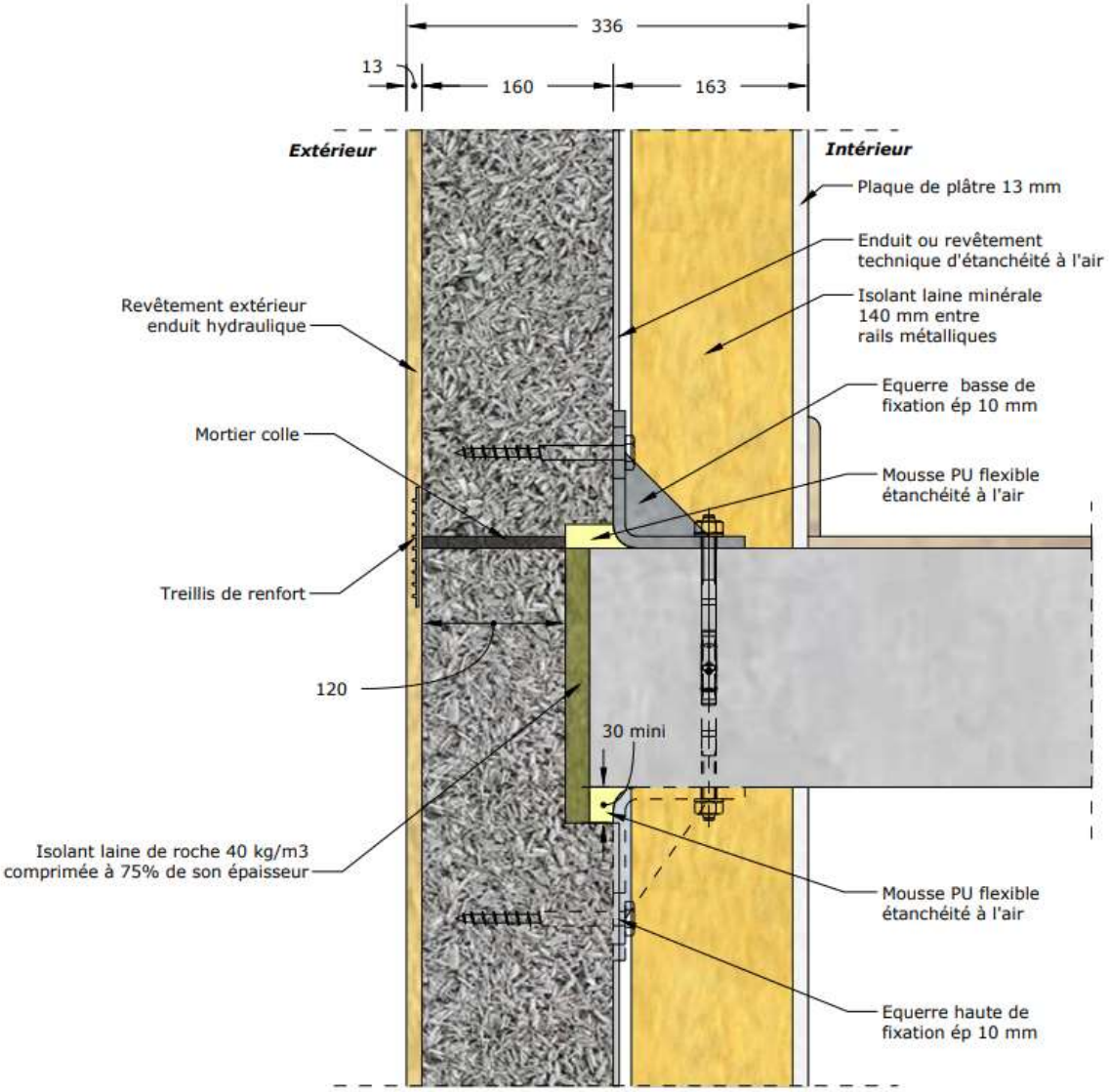
Jonction plancher béton - Montage FP2 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-2.1



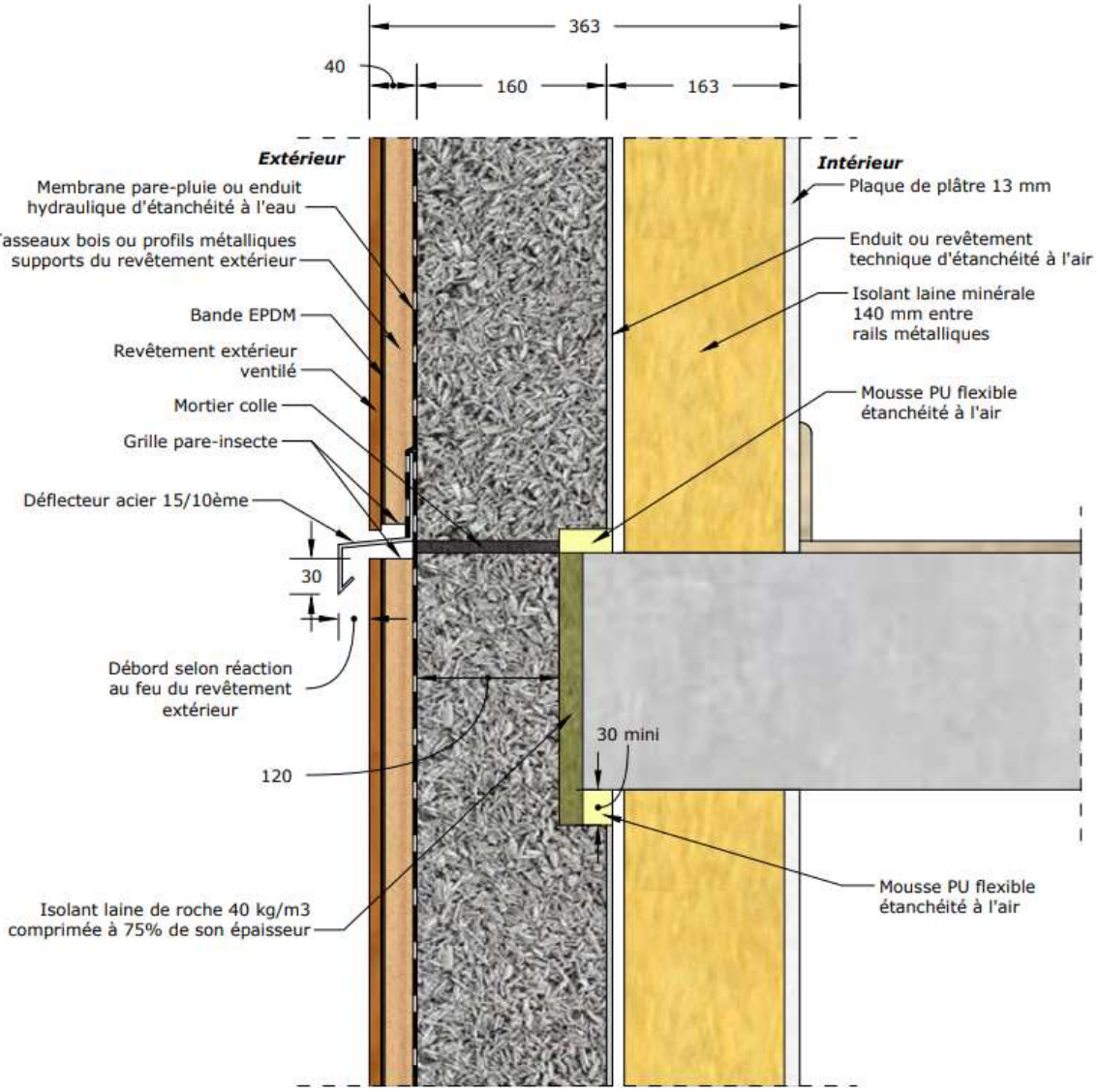
Jonction plancher béton - Montage FP2 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-2.2



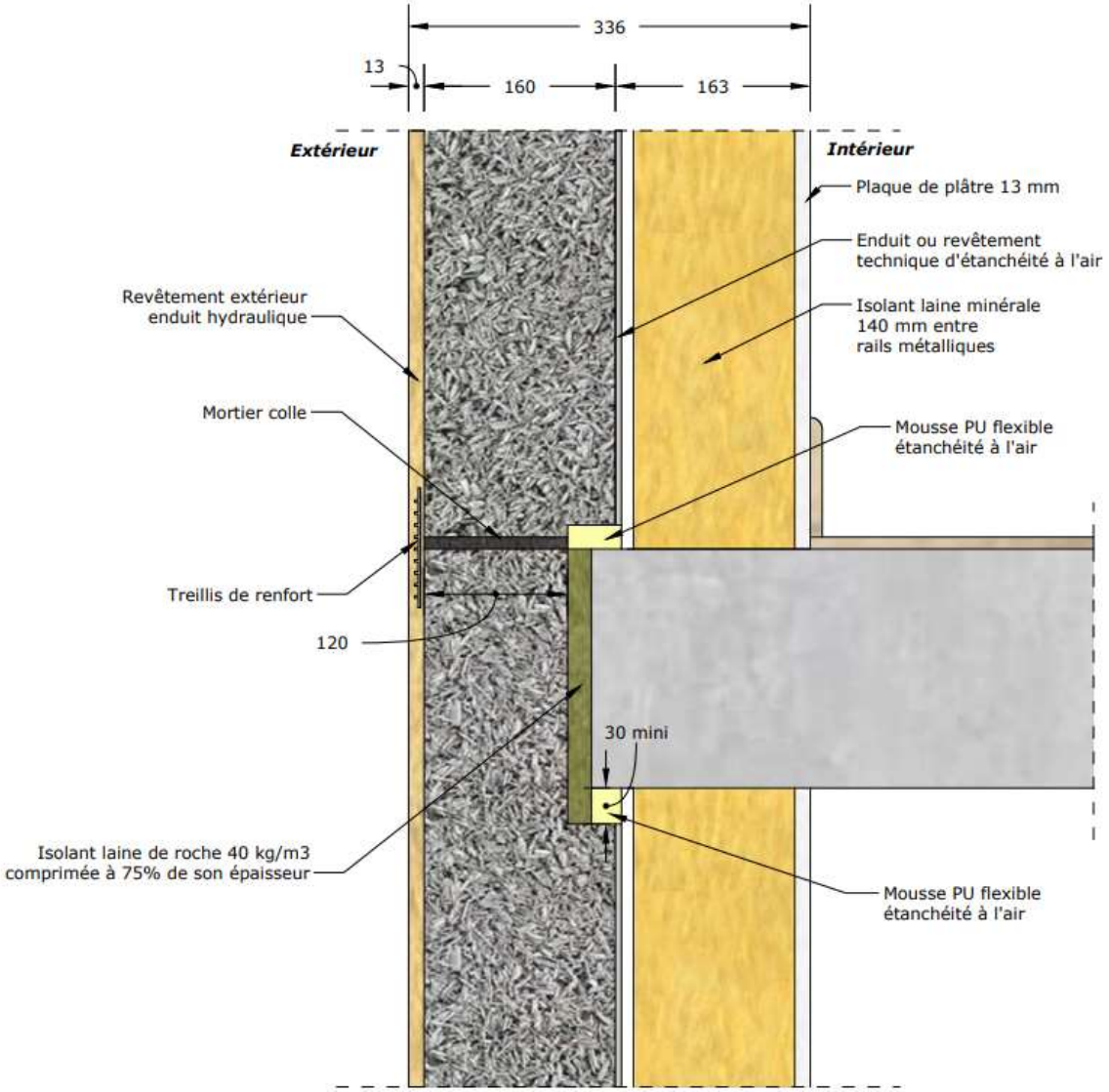
Jonction plancher béton - Montage FP2 (hors fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-2.3



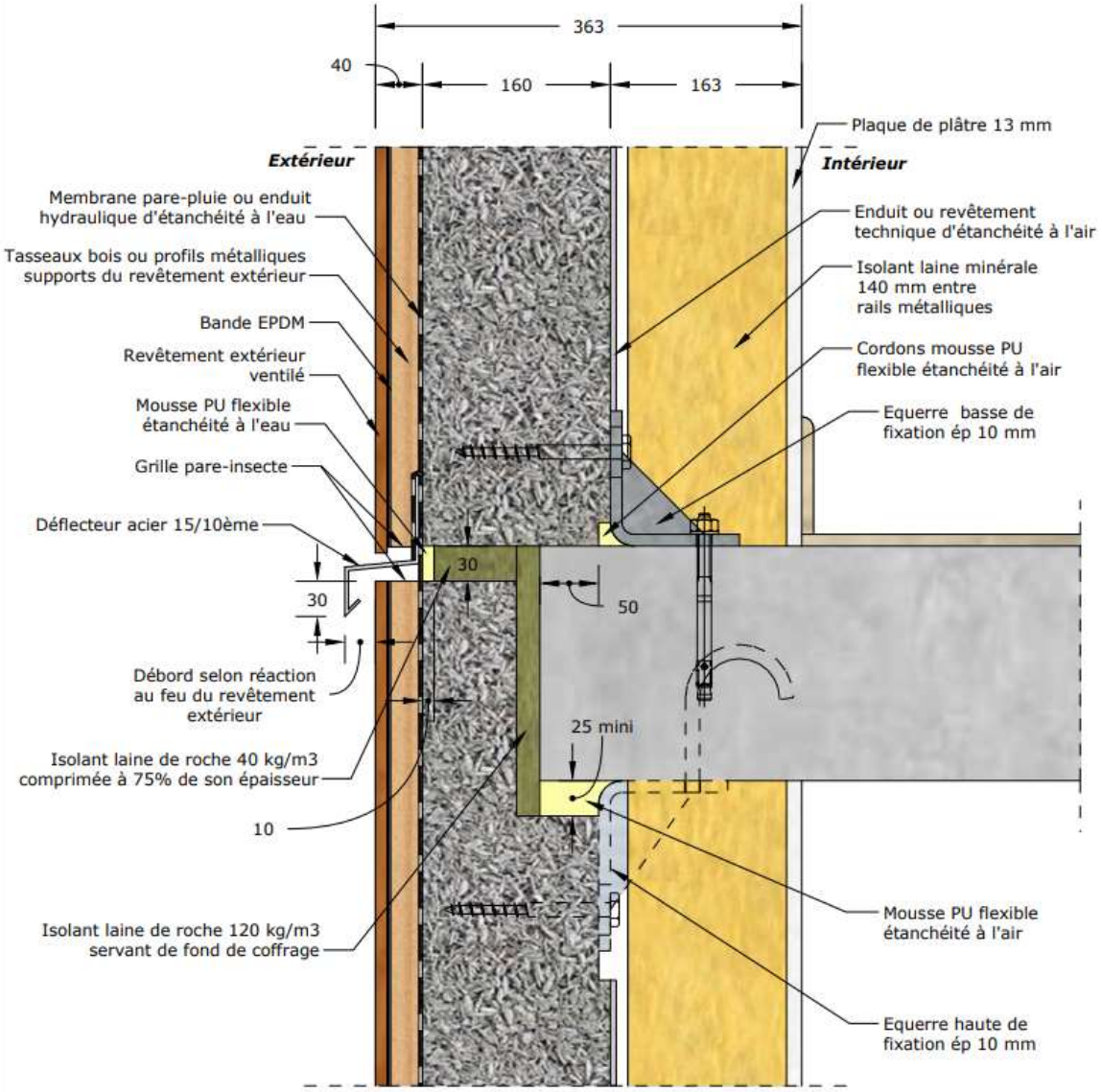
Jonction plancher béton - Montage FP2 (hors fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-2.4



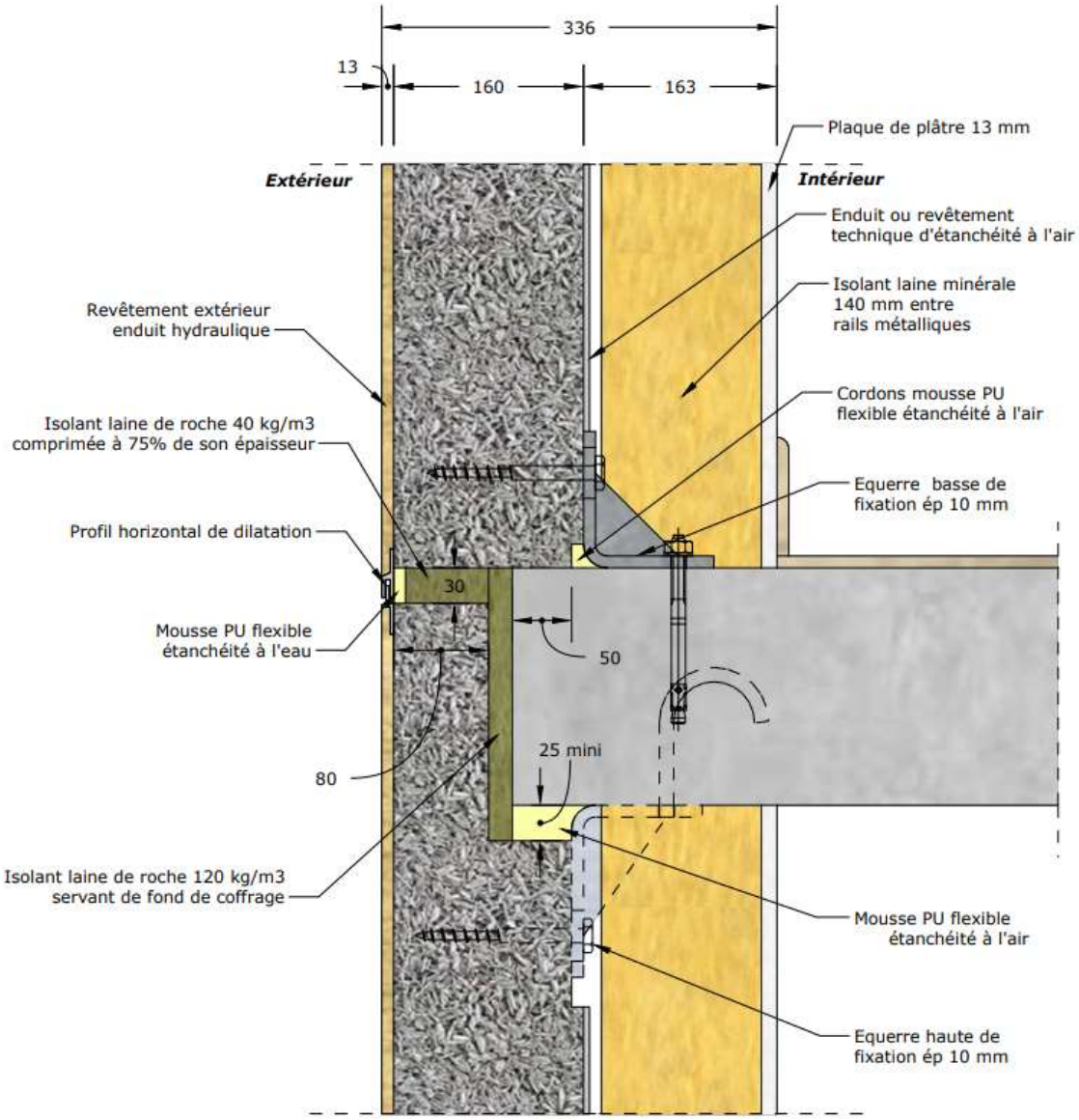
Jonction plancher béton - Montage FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-3.1



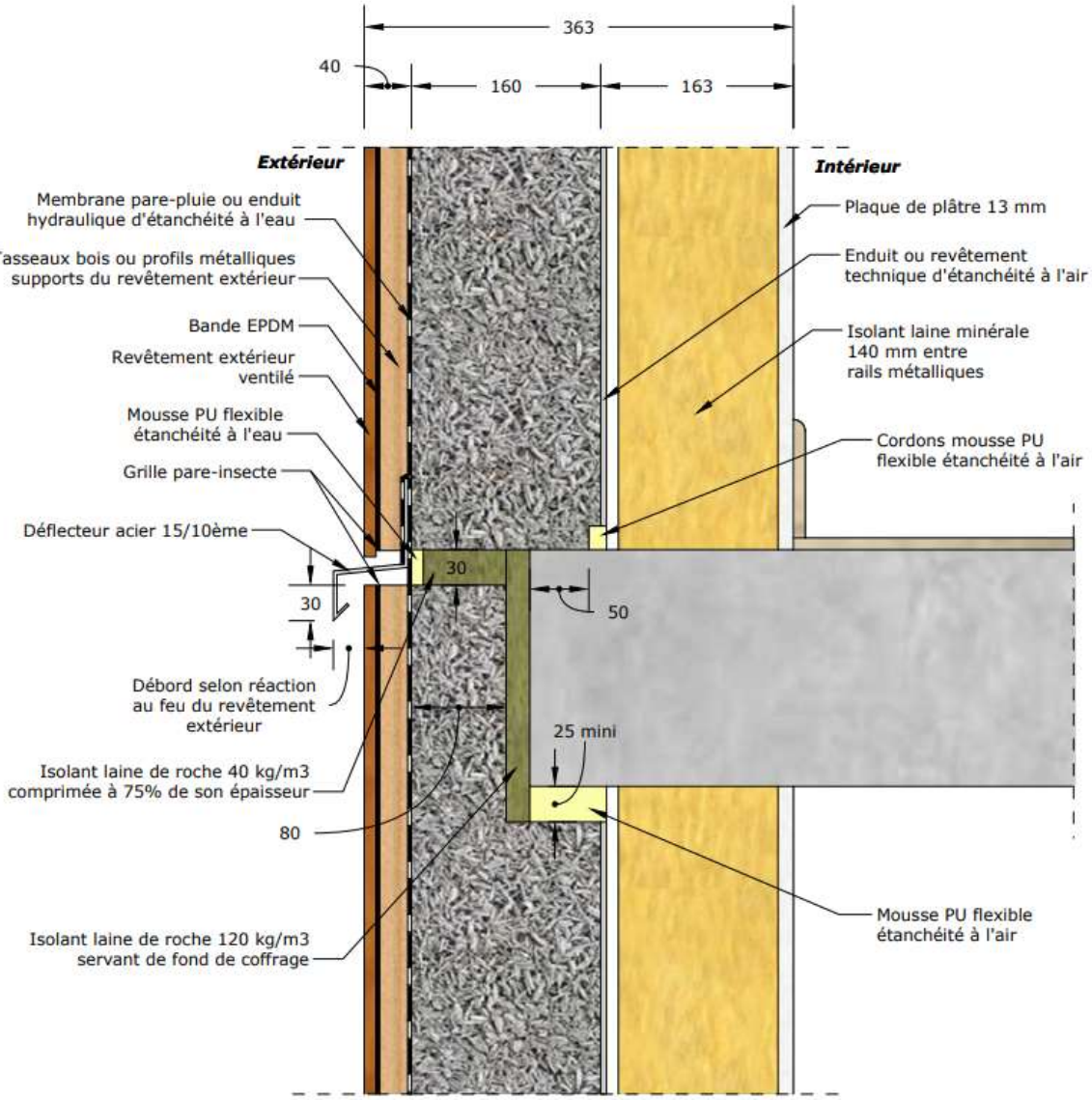
Jonction plancher béton - Montage FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-3.2



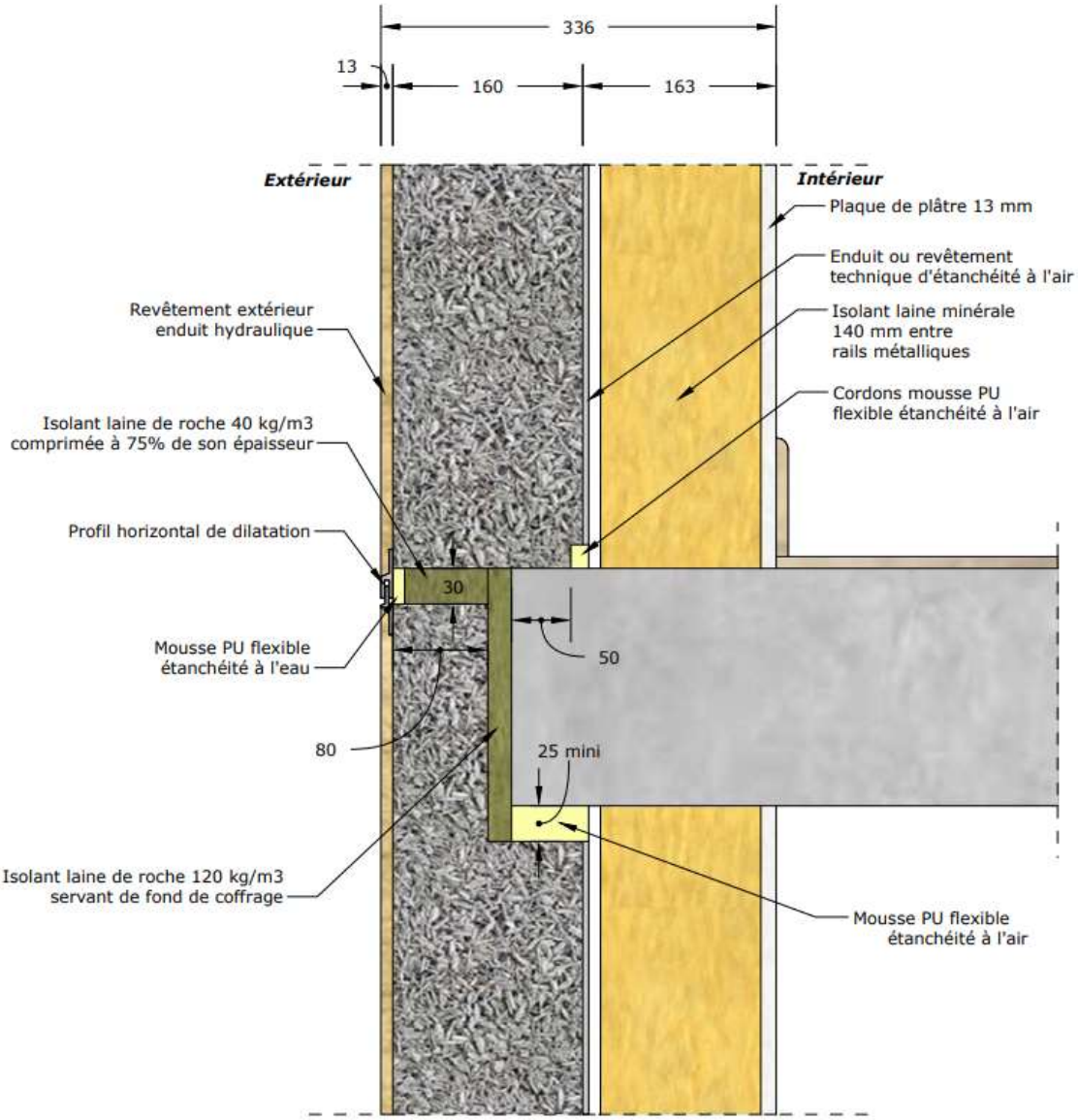
Jonction plancher béton - Montage FP3 (hors fixation) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-3.3



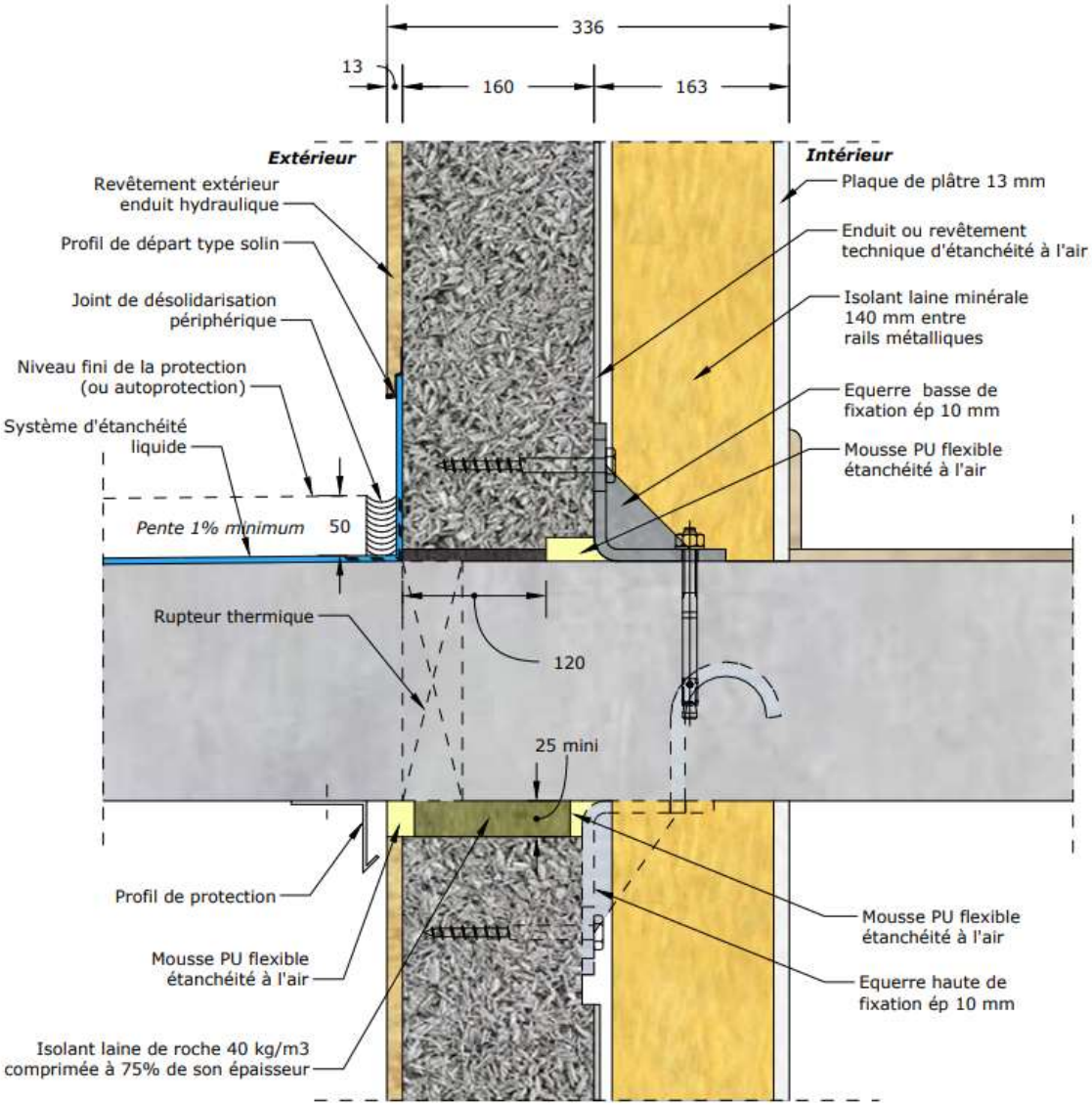
Jonction plancher béton - Montage FP3 (hors fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-3.4



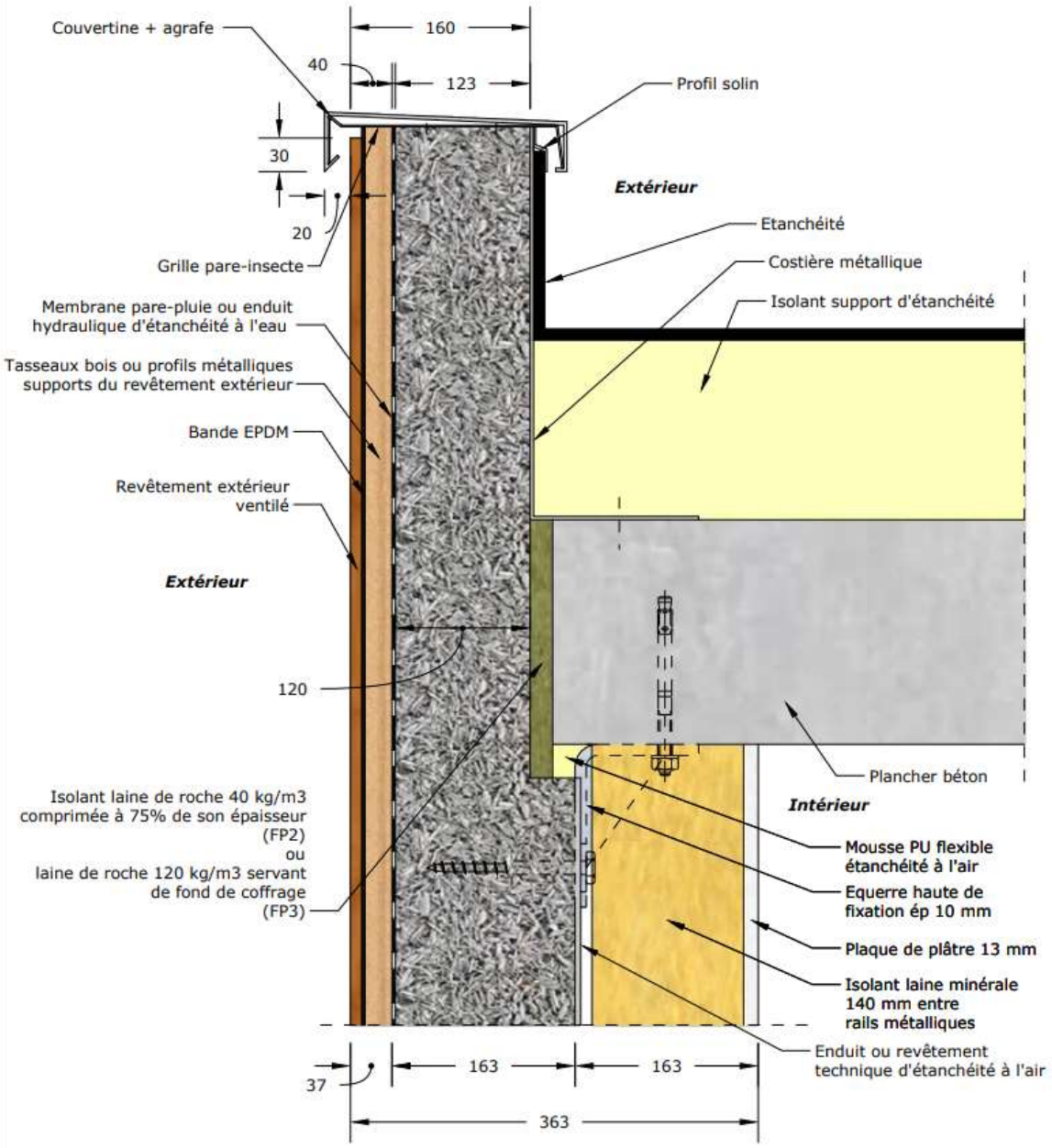
Jonction plancher / balcon béton - Montage FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

CV-3.5



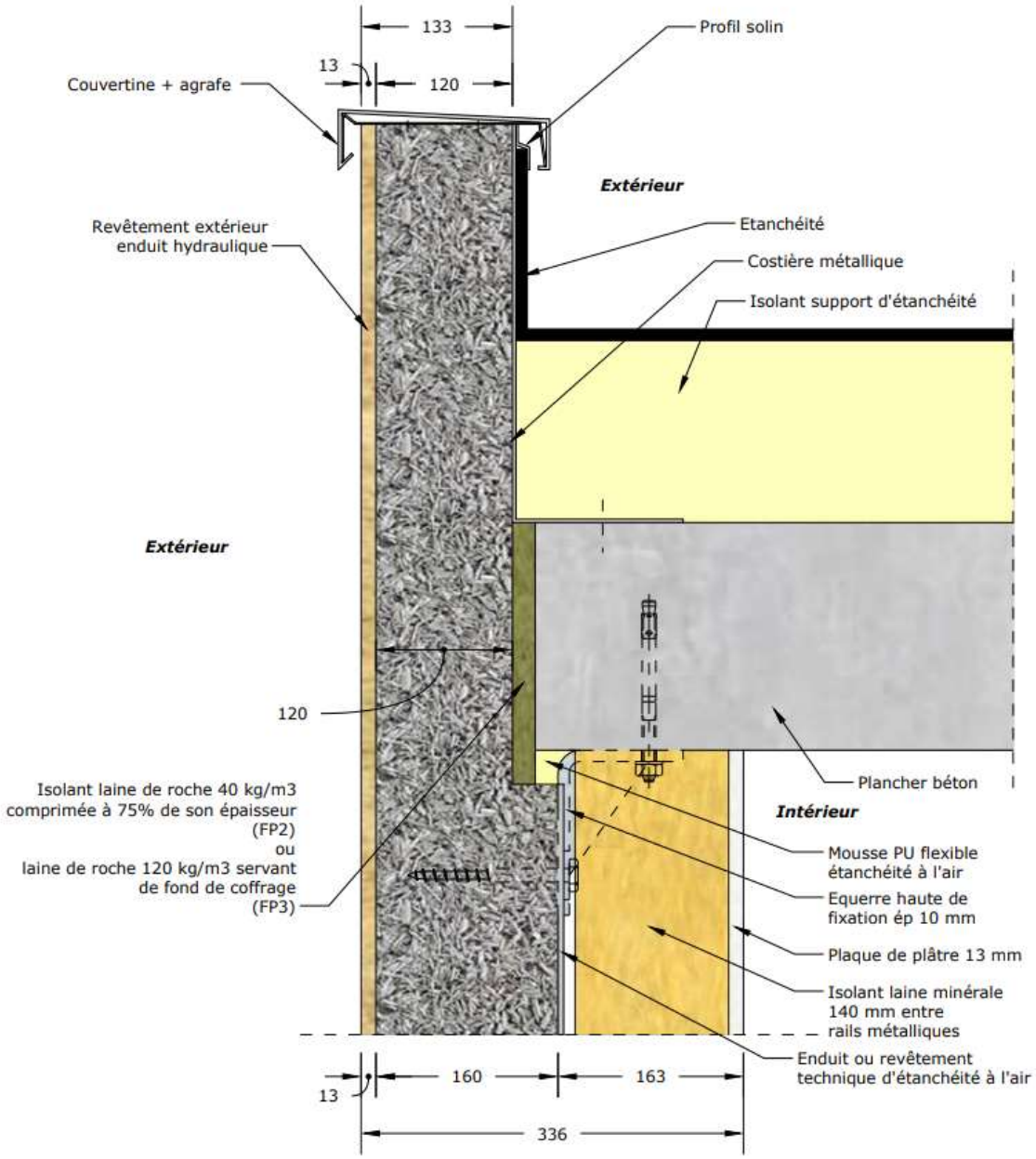
Acrotère - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CV-4.1



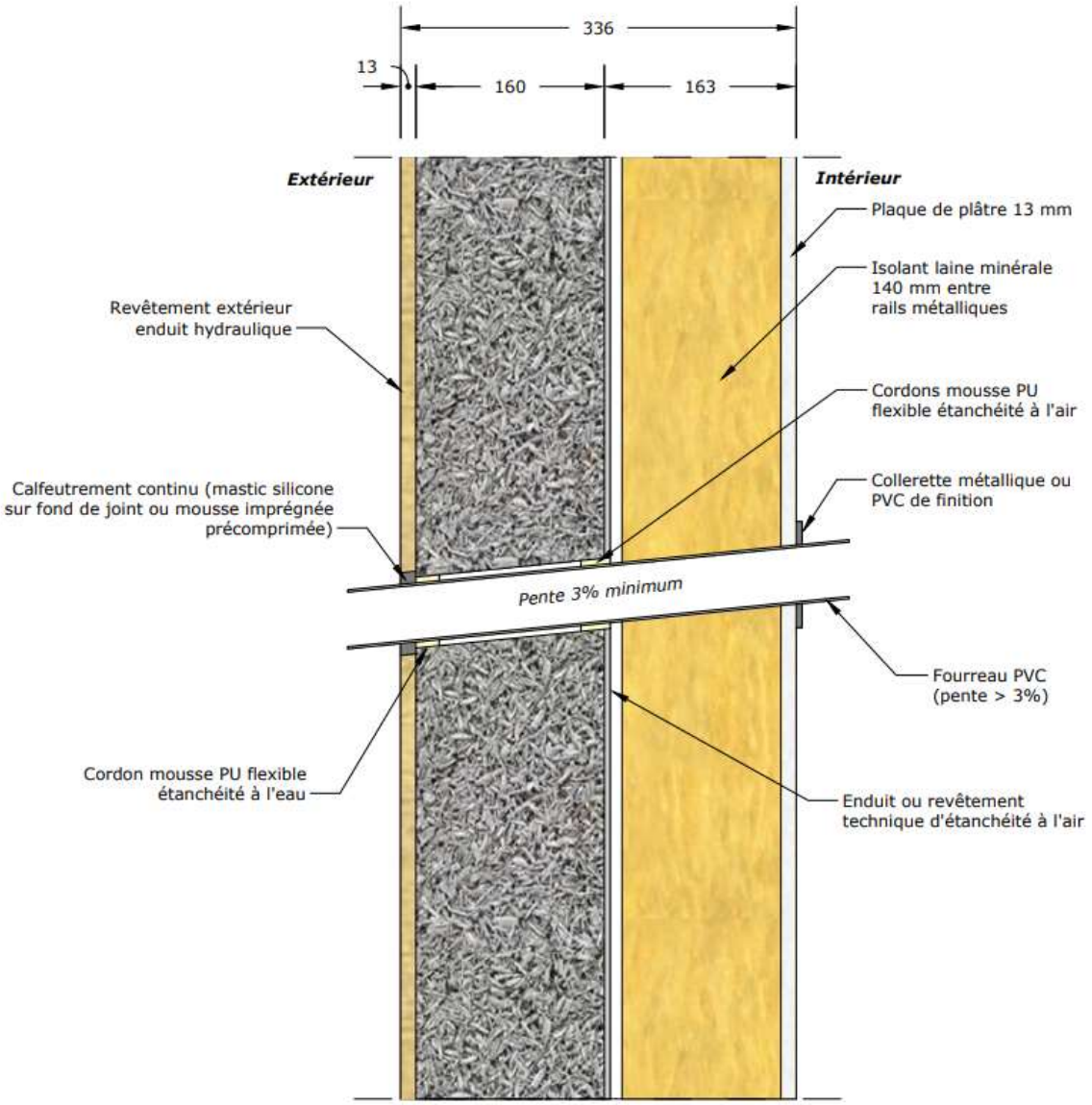
Acrotère - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

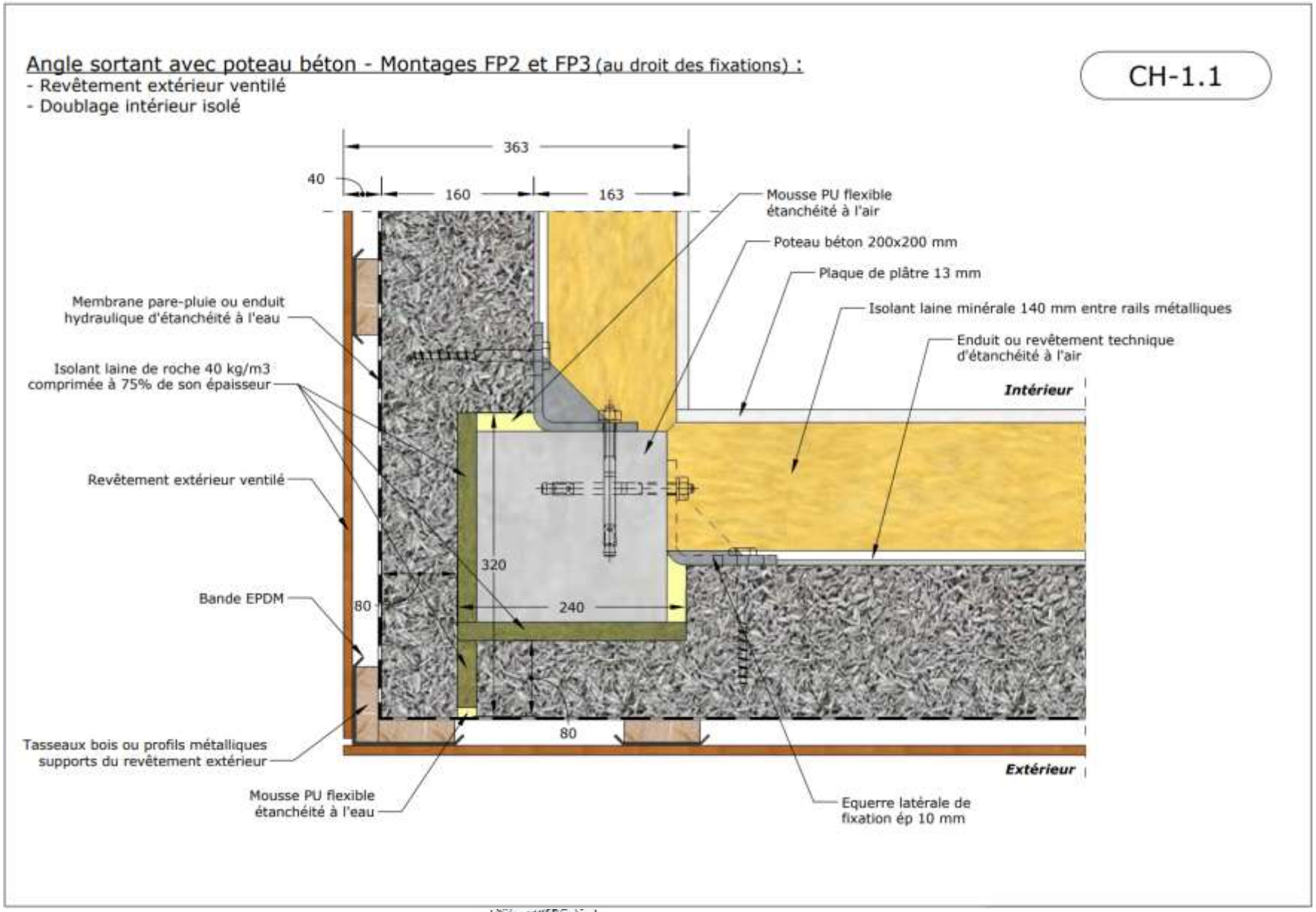
CV-4.2

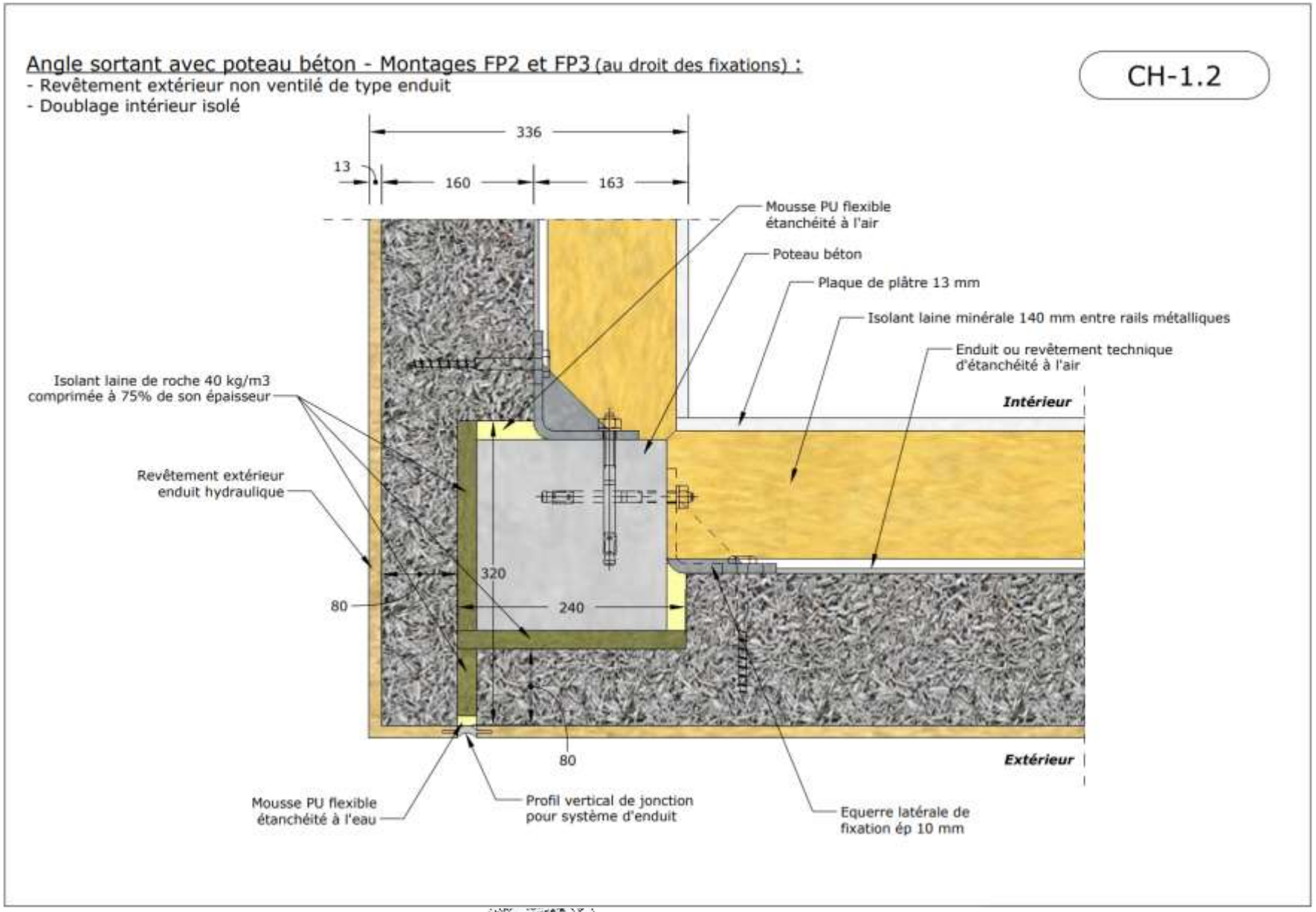


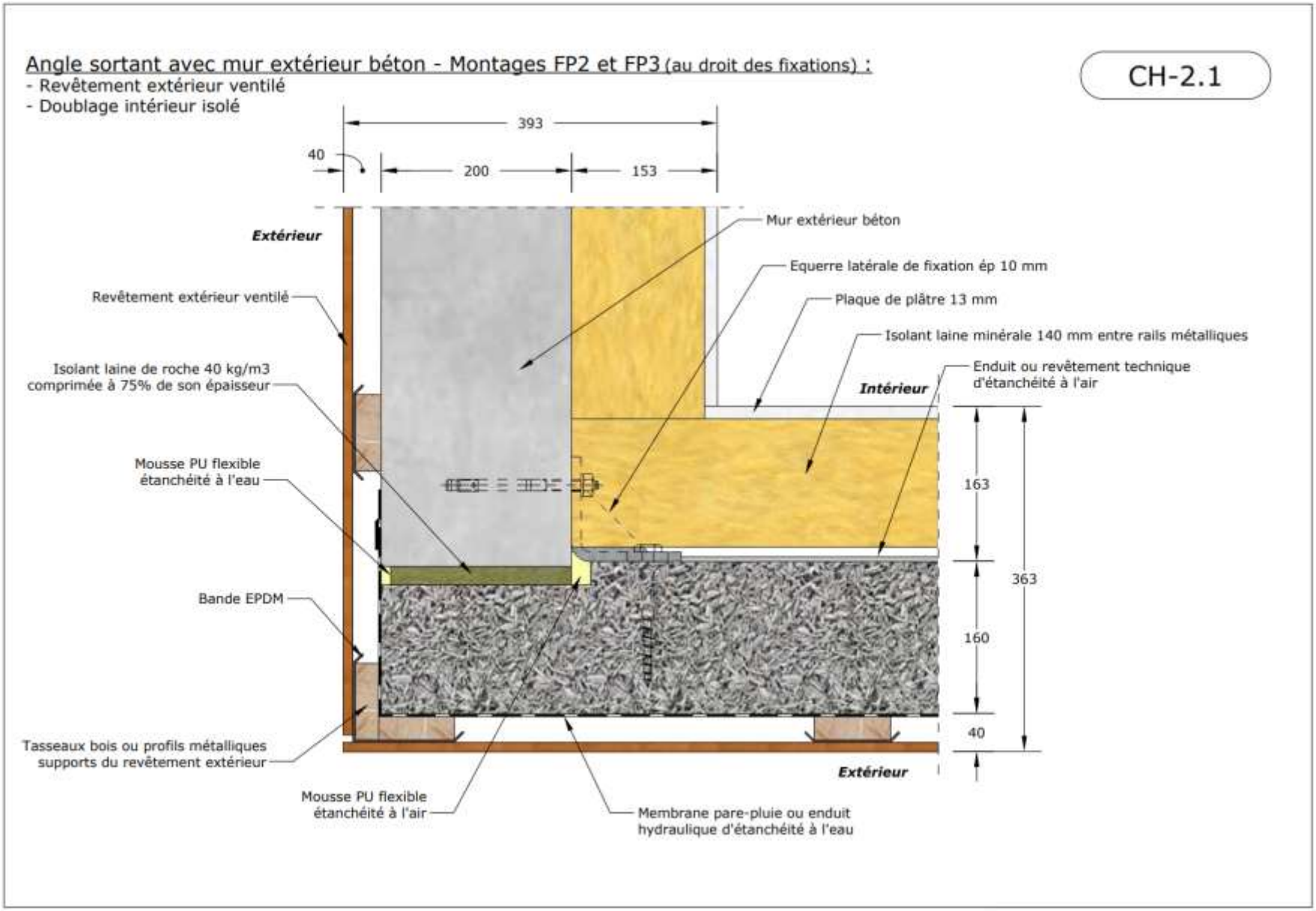
Traversée de paroi - Montages FP2 et FP3:
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

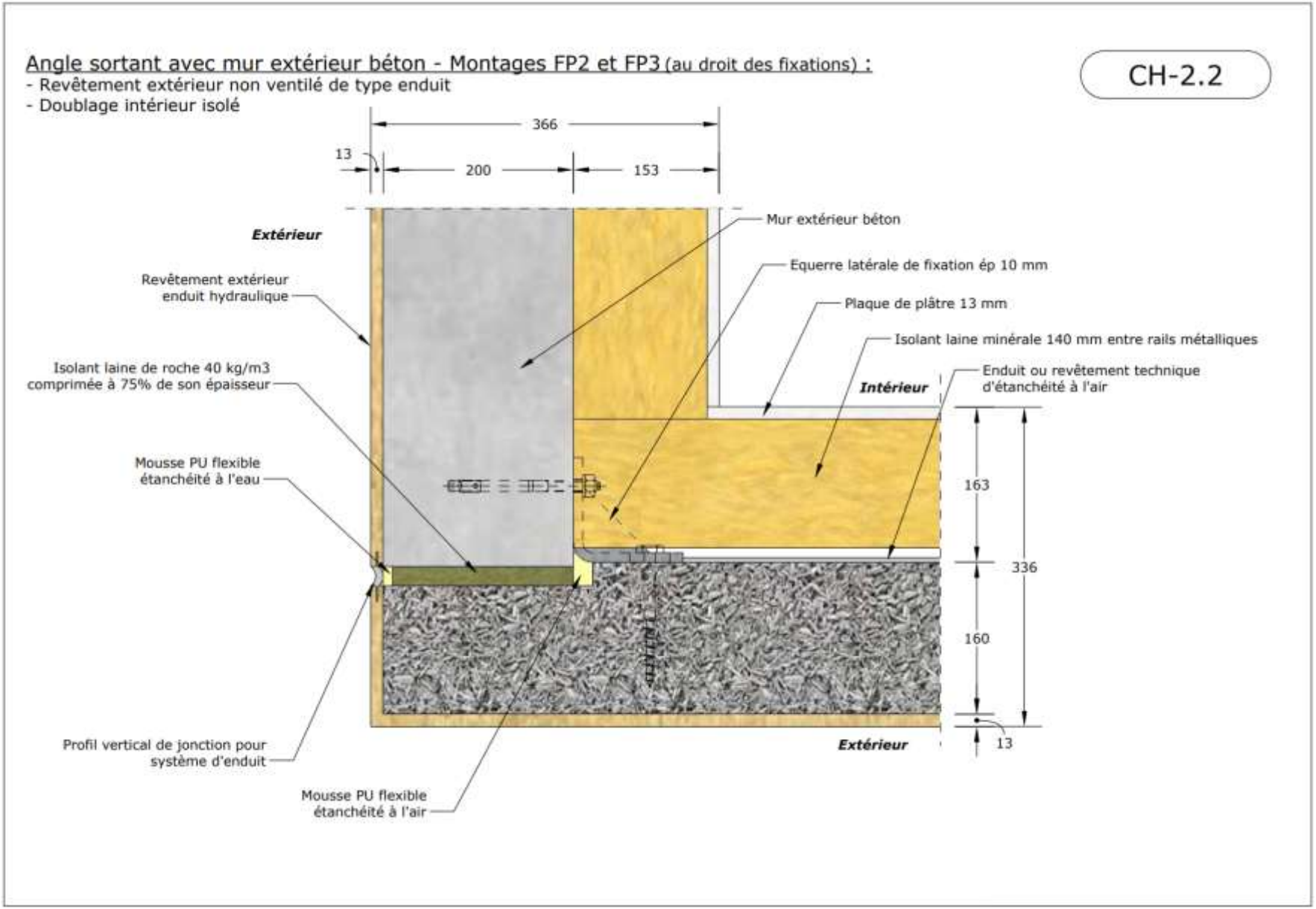
CV-7.1

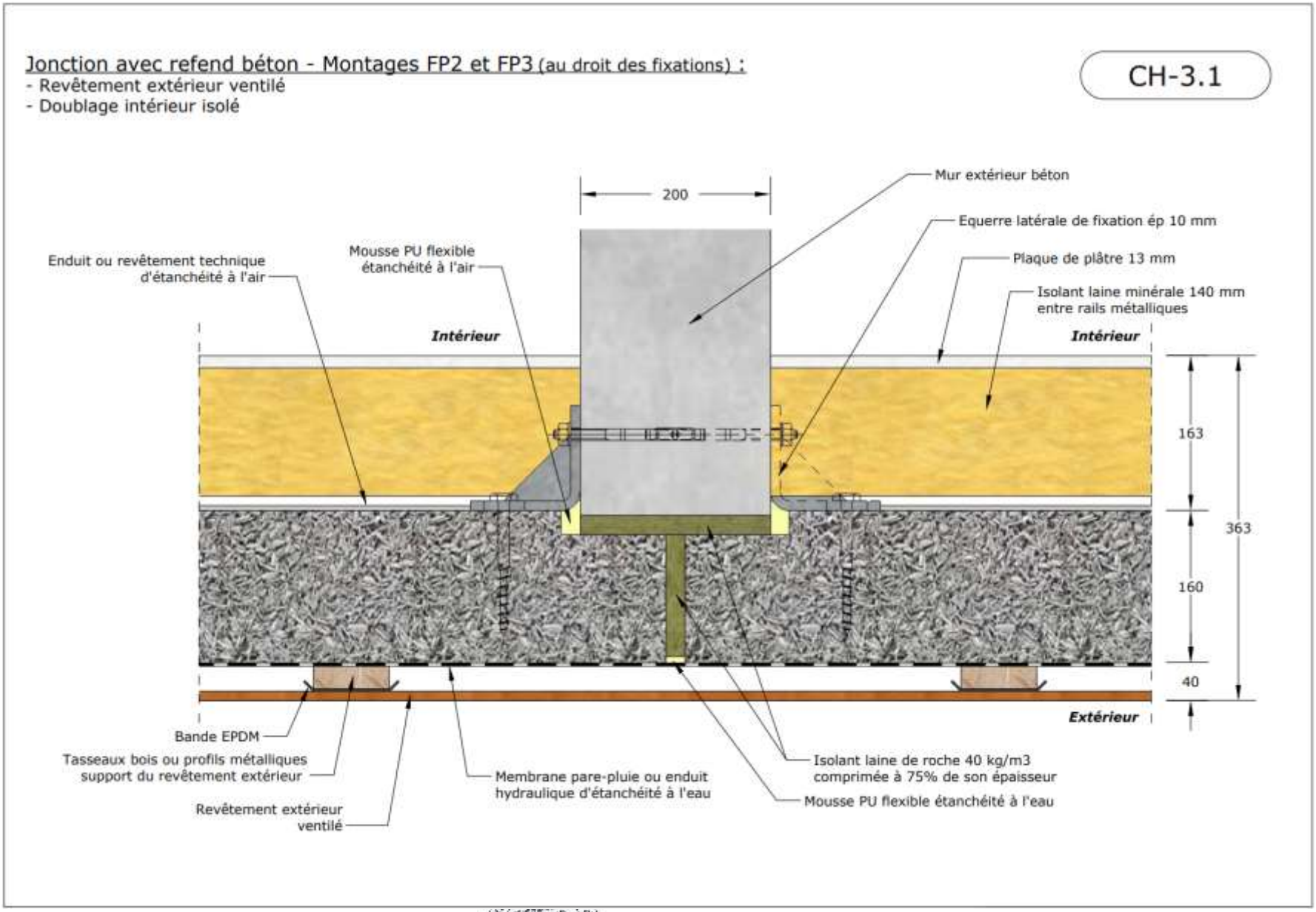



Angle sortant avec poteau béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CH-1.1
363
40
160
163
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Poteau béton 200x200 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Intérieur
Revêtement extérieur ventilé
320
Bande EPDM
80
240
80
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur
Extérieur
Mousse PU flexible étanchéité à l'eau
Equerre latérale de fixation ép 10 mm


Angle sortant avec poteau béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CH-1.2
336
13
160
163
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Poteau béton
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Intérieur
Revêtement extérieur enduit hydraulique
320
80
240
80
Extérieur
Mousse PU flexible étanchéité à l'eau
Profil vertical de jonction pour système d'enduit
Equerre latérale de fixation ép 10 mm

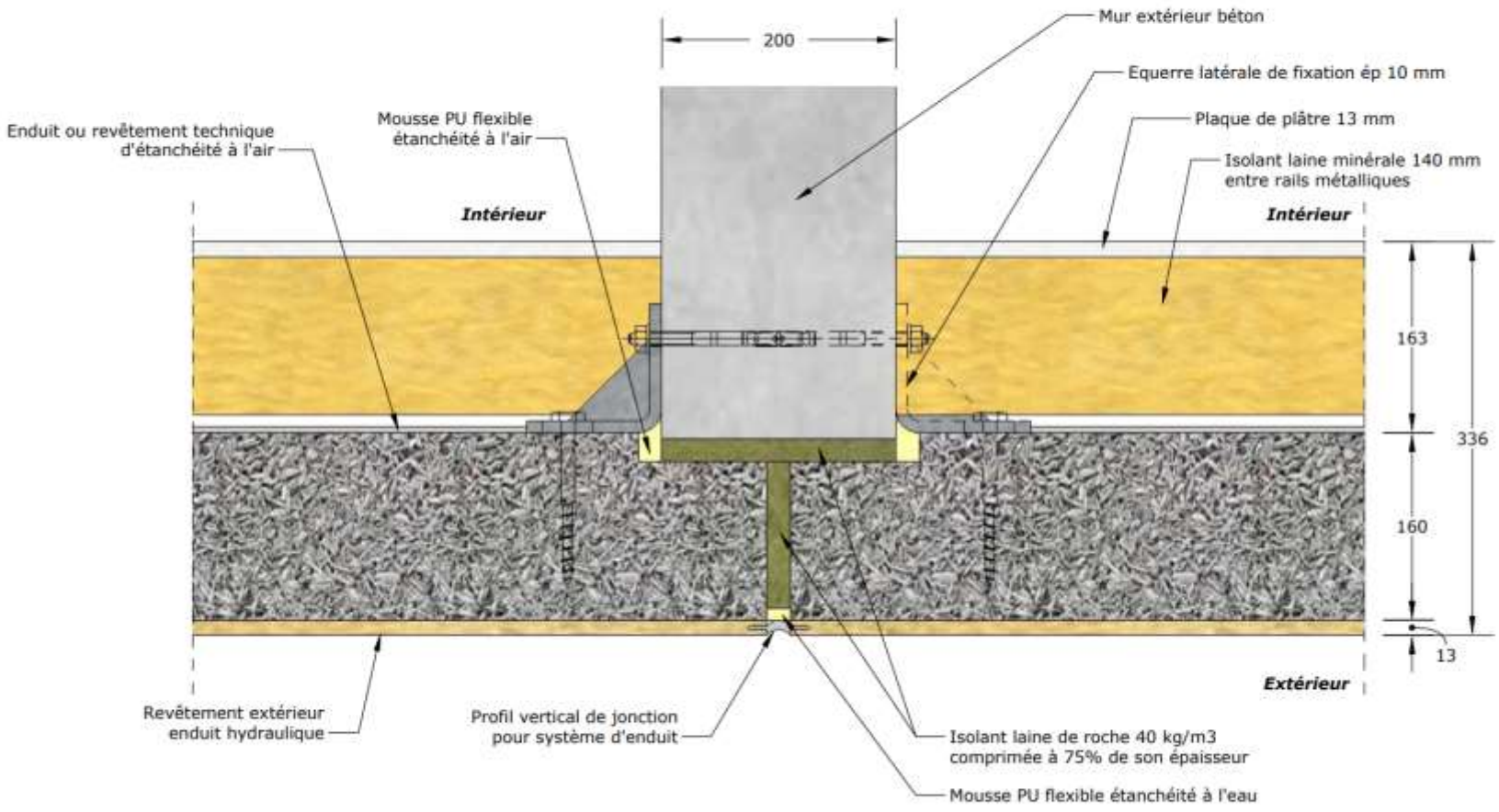

Angle sortant avec mur extérieur béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CH-2.1
393
40
200
153
Extérieur
Mur extérieur béton
Equerre latérale de fixation ép 10 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Revêtement extérieur ventilé
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Intérieur
Mousse PU flexible étanchéité à l'eau
163
363
Bande EPDM
160
40
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur
Extérieur
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau

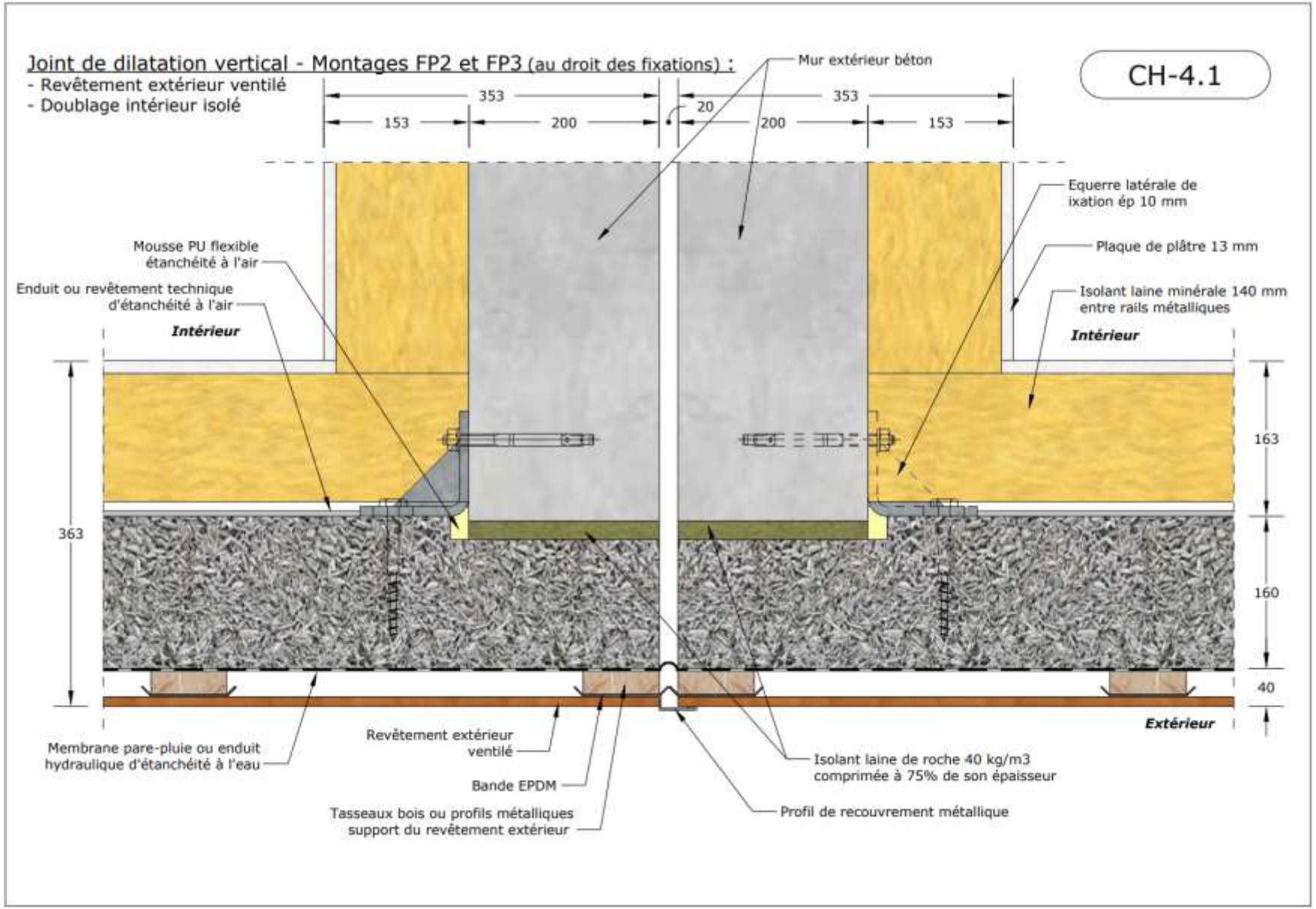

Angle sortant avec mur extérieur béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CH-2.2
366
13
200
153
Extérieur
Mur extérieur béton
Equerre latérale de fixation ép 10 mm
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Intérieur
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Mousse PU flexible étanchéité à l'eau
163
336
160
13
Extérieur
Profil vertical de jonction pour système d'enduit
Mousse PU flexible étanchéité à l'air

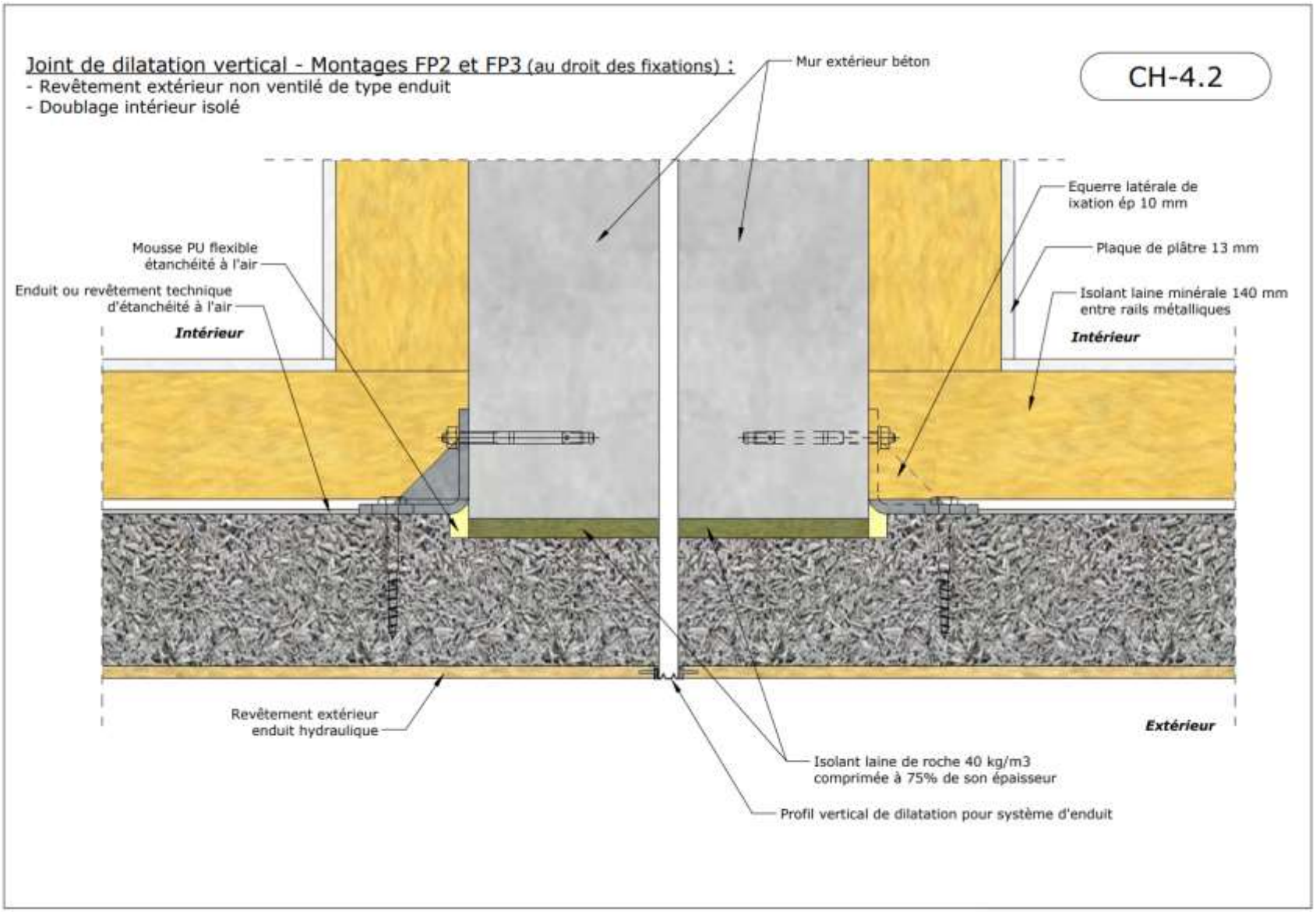

Jonction avec refend béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CH-3.1
200
Mur extérieur béton
Equerre latérale de fixation ép 10 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Intérieur
Intérieur
163
363
160
40
Extérieur
Bande EPDM
Tasseaux bois ou profils métalliques support du revêtement extérieur
Revêtement extérieur ventilé
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Mousse PU flexible étanchéité à l'eau

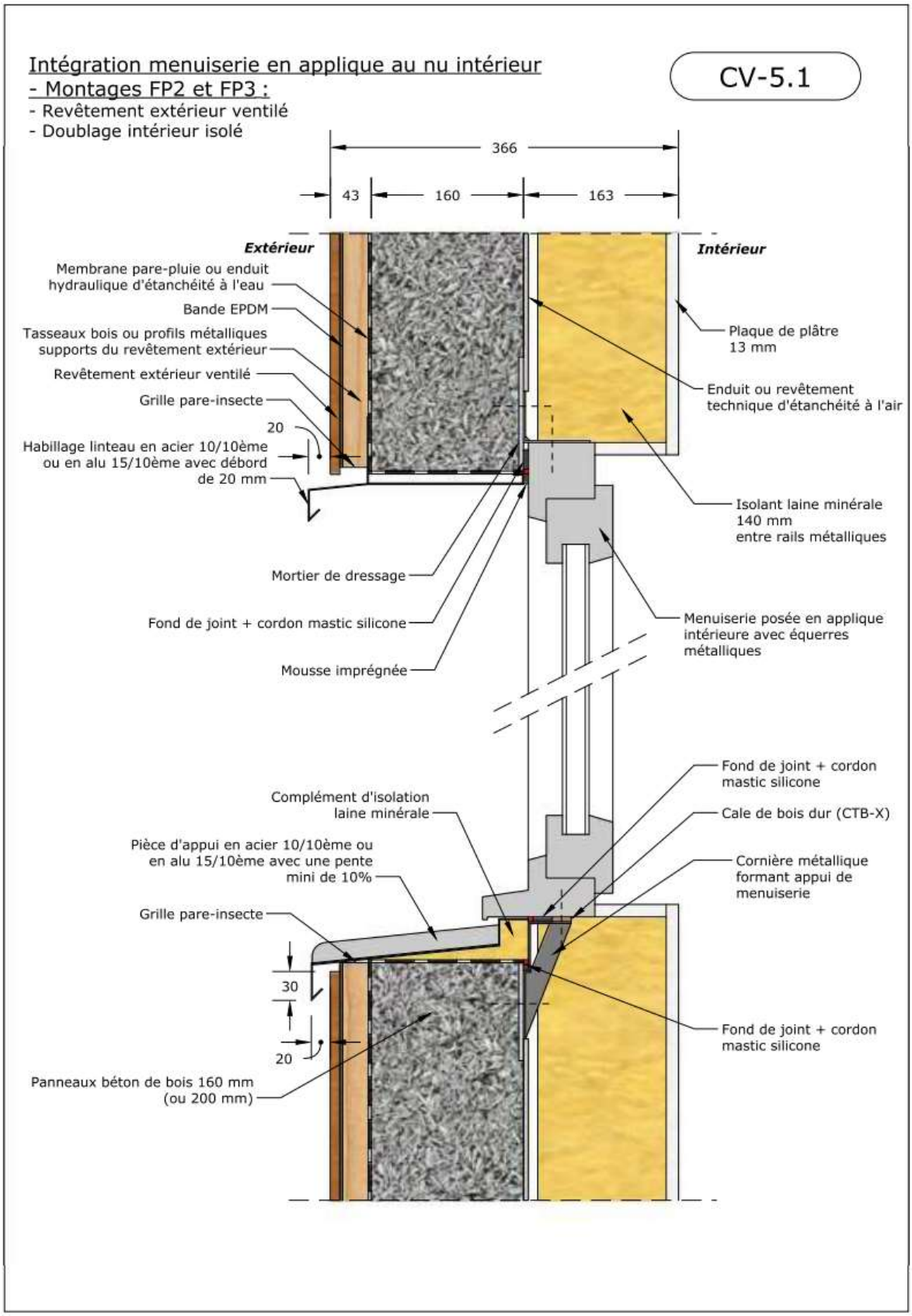
Jonction avec refend béton - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

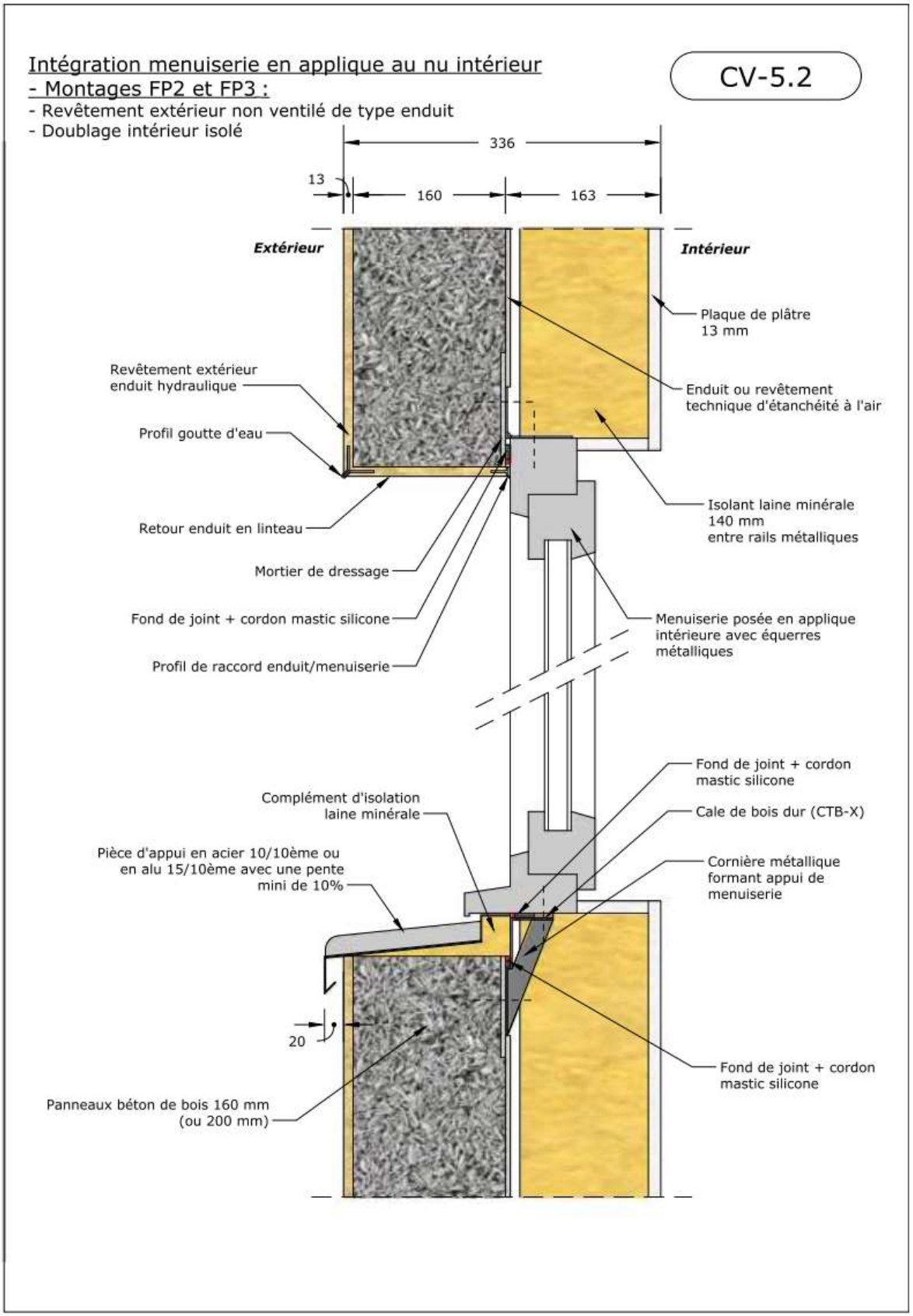
CH-3.2

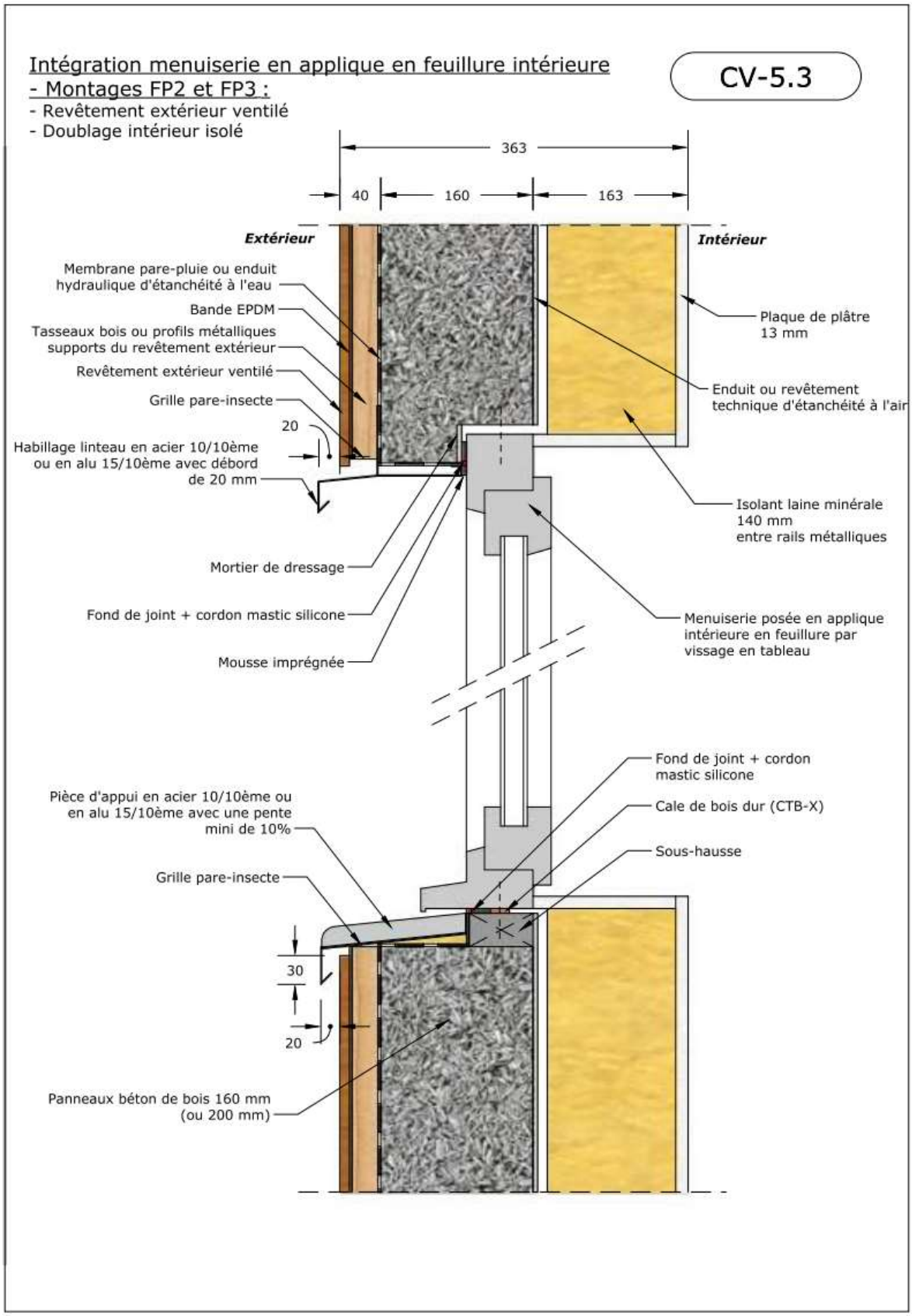


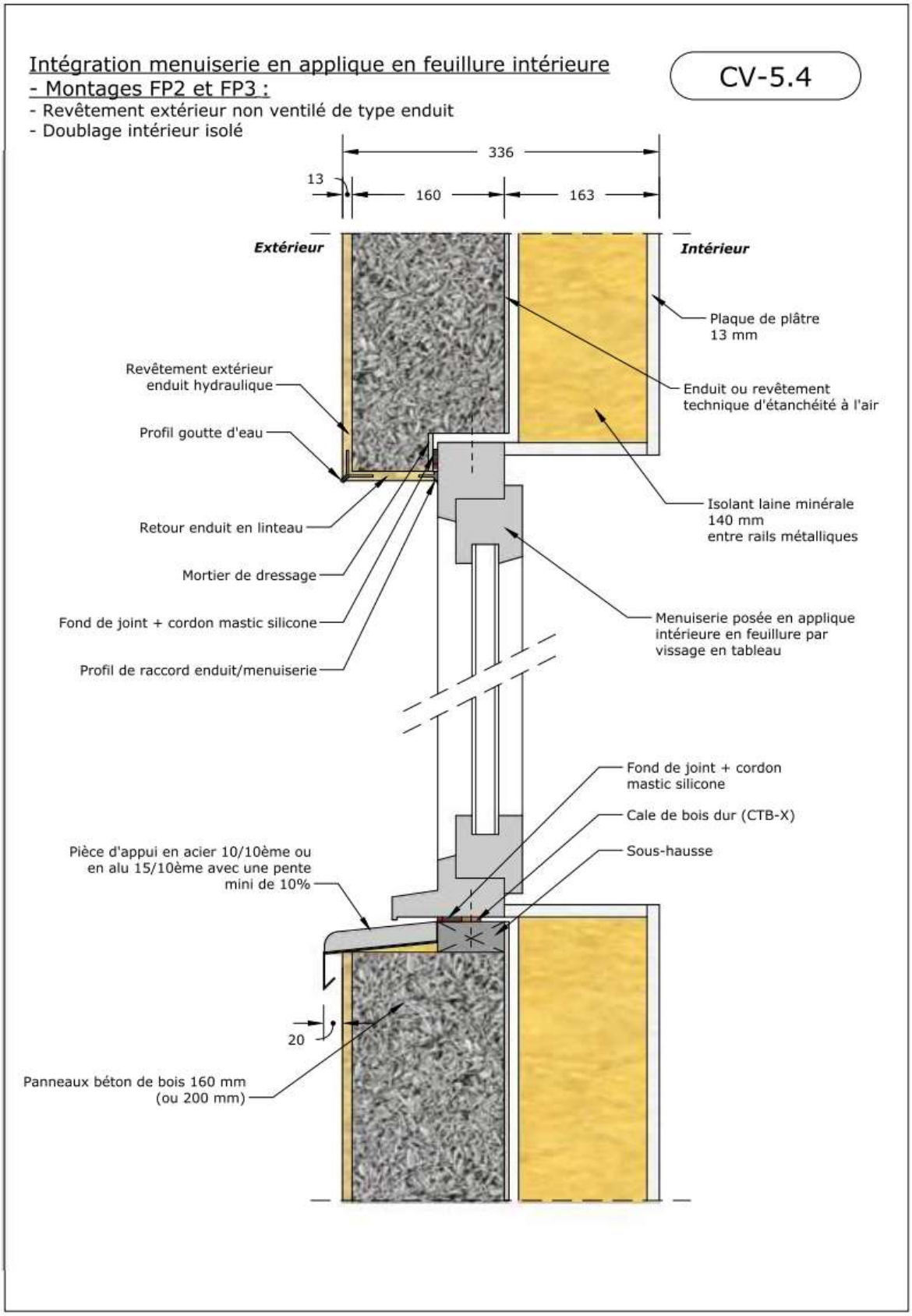

Joint de dilatation vertical - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CH-4.1
Mur extérieur béton
353
353
20
153
200
200
153
Equerre latérale de ixation ép 10 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Intérieur
Intérieur
363
163
160
40
Extérieur
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Revêtement extérieur ventilé
Bande EPDM
Tasseaux bois ou profils métalliques support du revêtement extérieur
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Profil de recouvrement métallique

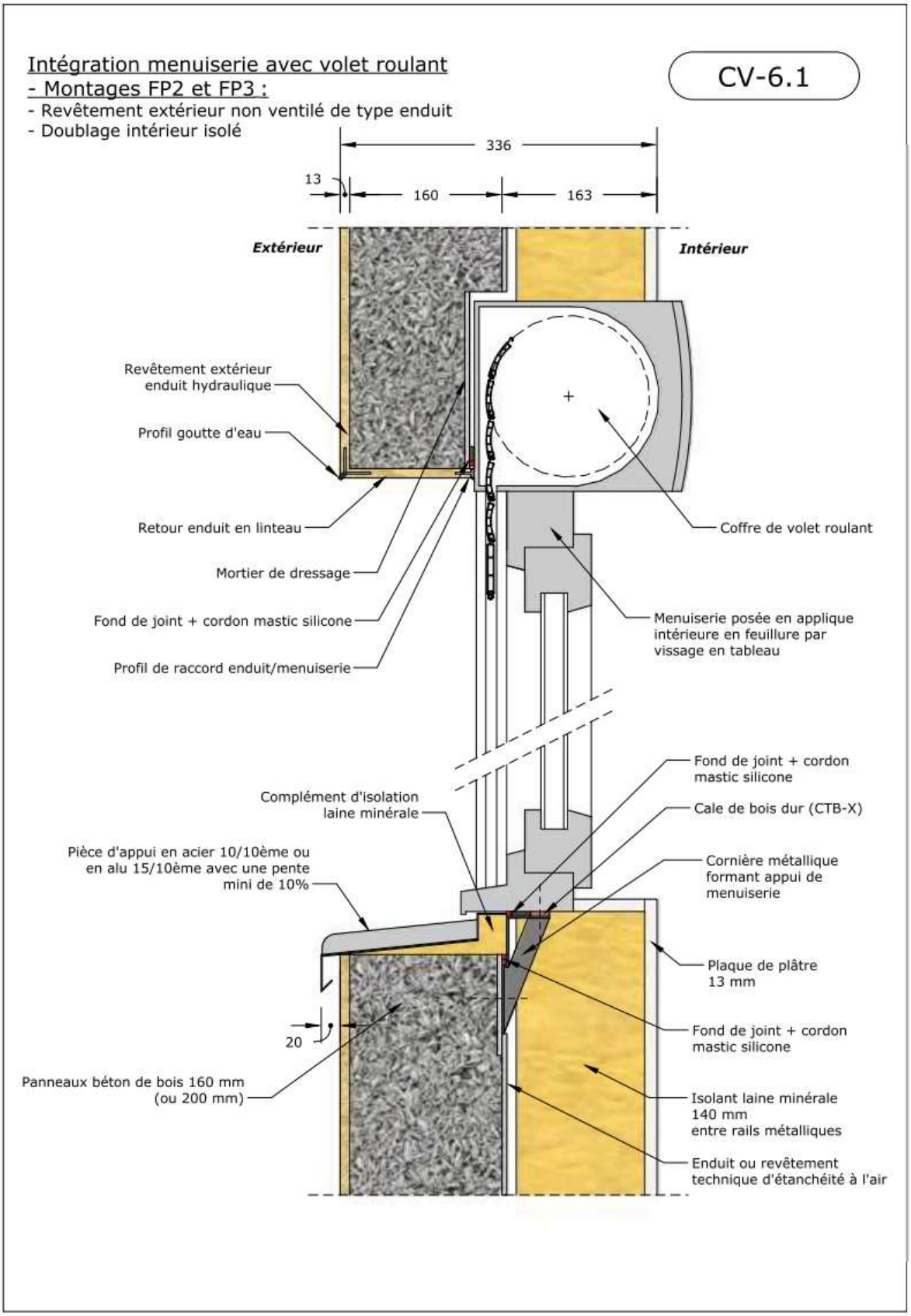

Joint de dilatation vertical - Montages FP2 et FP3 (au droit des fixations) :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CH-4.2
Mur extérieur béton
Equerre latérale de ixation ép 10 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Mousse PU flexible étanchéité à l'air
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Intérieur
Intérieur
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Extérieur
Isolant laine de roche 40 kg/m3 comprimée à 75% de son épaisseur
Profil vertical de dilatation pour système d'enduit


Intégration menuiserie en applique au nu intérieur
- Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CV-5.1
366
43
160
163
Extérieur
Intérieur
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Bande EPDM
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur
Revêtement extérieur ventilé
Grille pare-insecte
20
Habillage linteau en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec débord de 20 mm
Plaque de plâtre 13 mm
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Mortier de dressage
Fond de joint + cordon mastic silicone
Mousse imprégnée
Menuiserie posée en applique intérieure avec équerres métalliques
Fond de joint + cordon mastic silicone
Complément d'isolation laine minérale
Cale de bois dur (CTB-X)
Pièce d'appui en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec une pente mini de 10%
Cornière métallique formant appui de menuiserie
Grille pare-insecte
30
20
Fond de joint + cordon mastic silicone
Panneaux béton de bois 160 mm (ou 200 mm)


Intégration menuiserie en applique au nu intérieur
- Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CV-5.2
336
13
160
163
Extérieur
Intérieur
Plaque de plâtre 13 mm
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Profil goutte d'eau
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Retour enduit en linteau
Mortier de dressage
Fond de joint + cordon mastic silicone
Menuiserie posée en applique intérieure avec équerres métalliques
Profil de raccord enduit/menuiserie
Fond de joint + cordon mastic silicone
Complément d'isolation laine minérale
Cale de bois dur (CTB-X)
Pièce d'appui en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec une pente mini de 10%
Cornière métallique formant appui de menuiserie
20
Fond de joint + cordon mastic silicone
Panneaux béton de bois 160 mm (ou 200 mm)


Intégration menuiserie en applique en feuillure intérieure
- Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé
CV-5.3
363
40
160
163
Extérieur
Intérieur
Membrane pare-pluie ou enduit hydraulique d'étanchéité à l'eau
Bande EPDM
Tasseaux bois ou profils métalliques supports du revêtement extérieur
Revêtement extérieur ventilé
Grille pare-insecte
20
Habillage linteau en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec débord de 20 mm
Mortier de dressage
Fond de joint + cordon mastic silicone
Mousse imprégnée
Plaque de plâtre 13 mm
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Menuiserie posée en applique intérieure en feuillure par vissage en tableau
Fond de joint + cordon mastic silicone
Cale de bois dur (CTB-X)
Sous-hausse
Pièce d'appui en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec une pente mini de 10%
Grille pare-insecte
30
20
Panneaux béton de bois 160 mm (ou 200 mm)

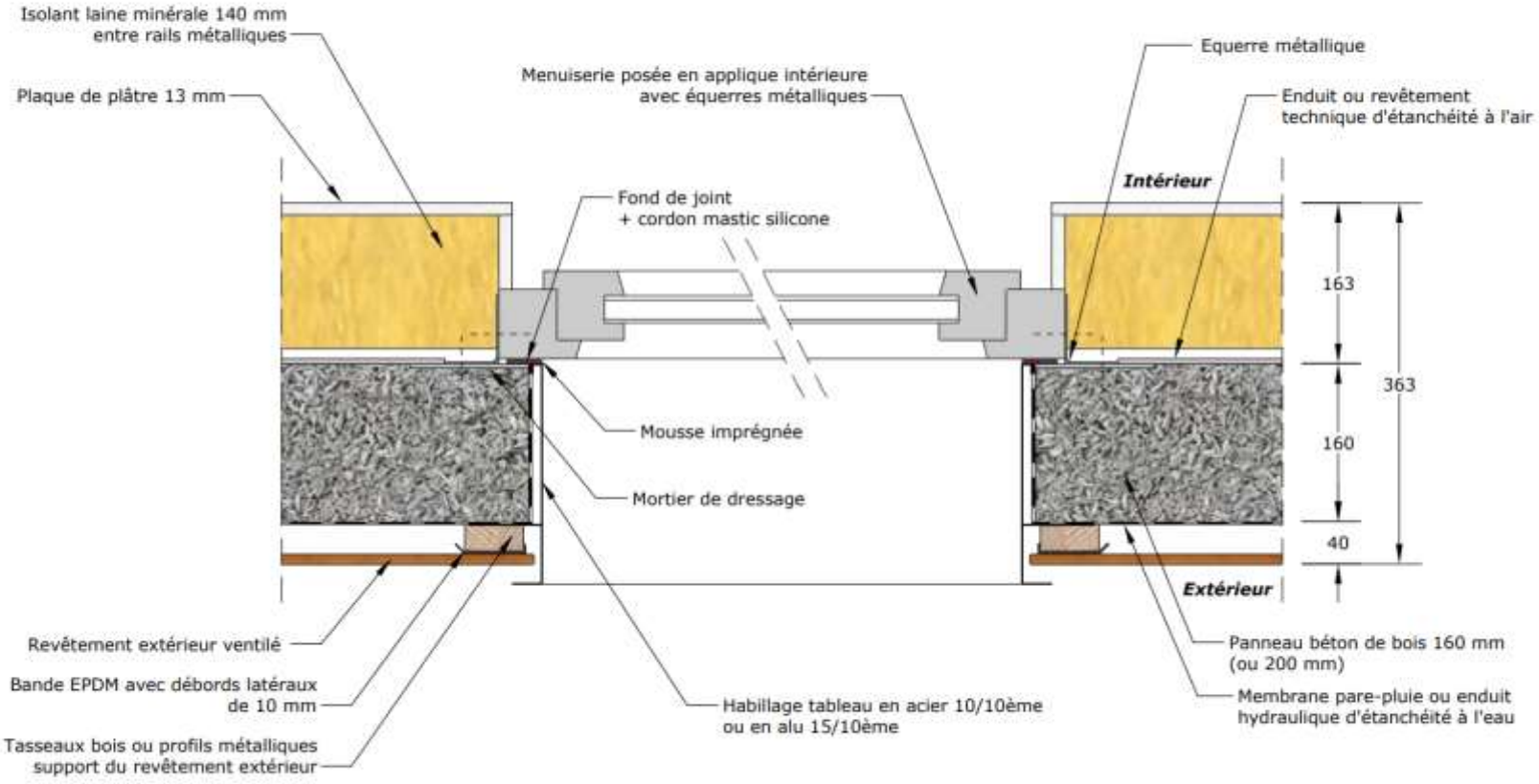

Intégration menuiserie en applique en feuillure intérieure
- Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CV-5.4
336
13
160
163
Extérieur
Intérieur
Plaque de plâtre 13 mm
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Profil goutte d'eau
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Retour enduit en linteau
Mortier de dressage
Fond de joint + cordon mastic silicone
Menuiserie posée en applique intérieure en feuillure par vissage en tableau
Profil de raccord enduit/menuiserie
Fond de joint + cordon mastic silicone
Cale de bois dur (CTB-X)
Sous-hausse
Pièce d'appui en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec une pente mini de 10%
20
Panneaux béton de bois 160 mm (ou 200 mm)


Intégration menuiserie avec volet roulant
- Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CV-6.1
336
13
160
163
Extérieur
Intérieur
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Profil goutte d'eau
Retour enduit en linteau
Mortier de dressage
Fond de joint + cordon mastic silicone
Profil de raccord enduit/menuiserie
Coffre de volet roulant
Menuiserie posée en applique intérieure en feuillure par vissage en tableau
Fond de joint + cordon mastic silicone
Complément d'isolation laine minérale
Cale de bois dur (CTB-X)
Pièce d'appui en acier 10/10ème ou en alu 15/10ème avec une pente mini de 10%
Cornière métallique formant appui de menuiserie
Plaque de plâtre 13 mm
20
Fond de joint + cordon mastic silicone
Panneaux béton de bois 160 mm (ou 200 mm)
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air

Intégration menuiserie en applique au nu intérieur - Montages FP2 et FP3 :

- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

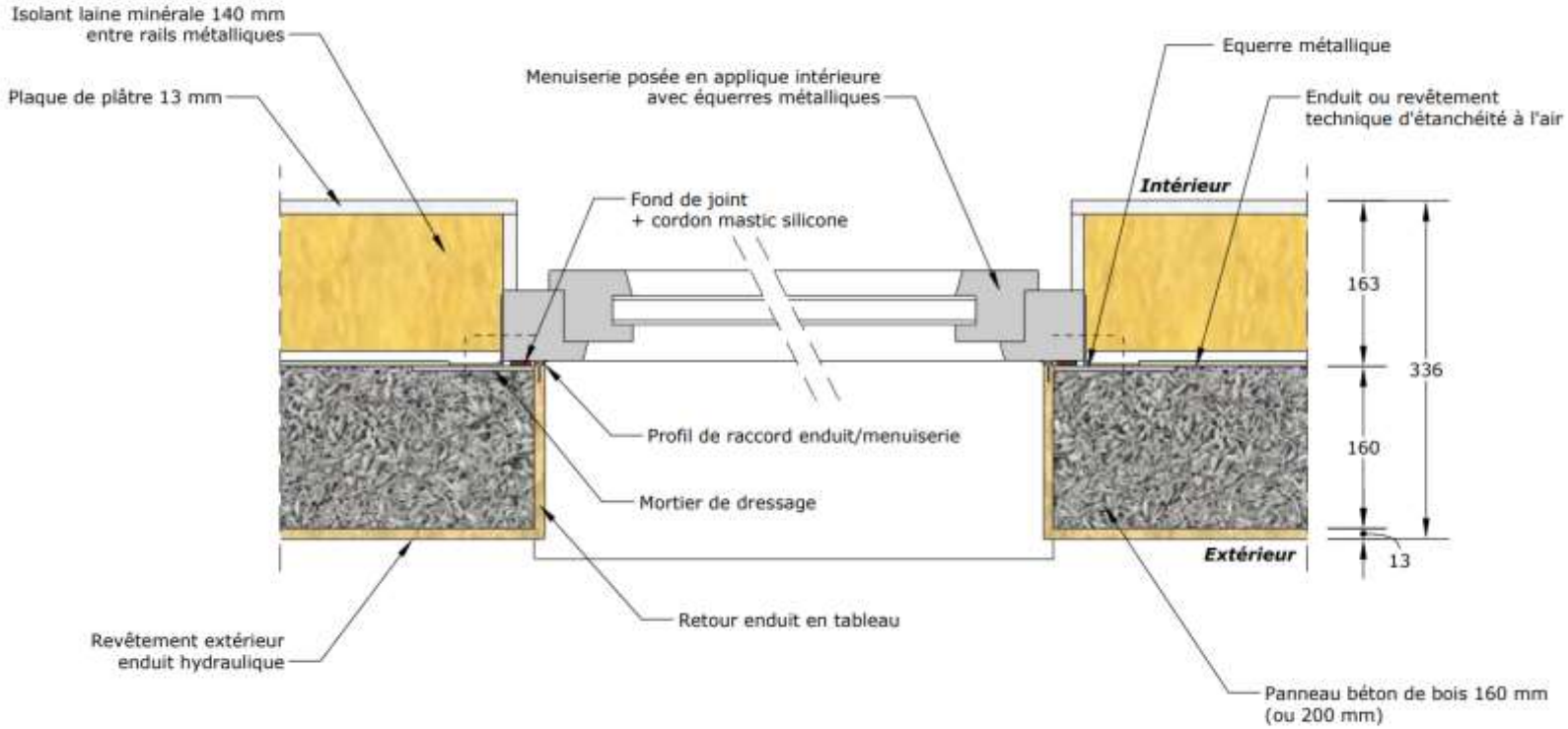
CH-5.1



Intégration menuiserie en applique au nu intérieur - Montages FP2 et FP3 :

- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé

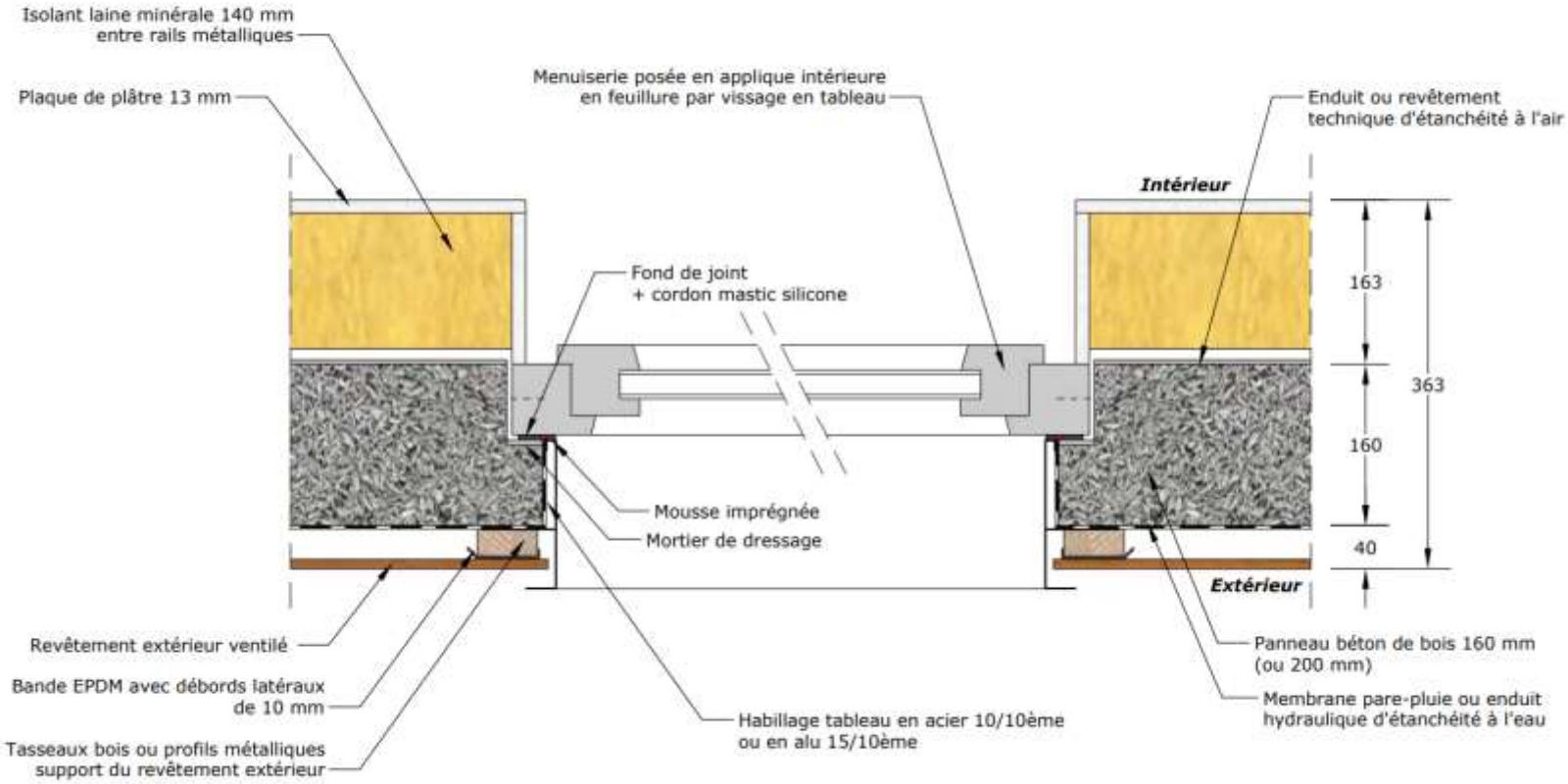
CH-5.2

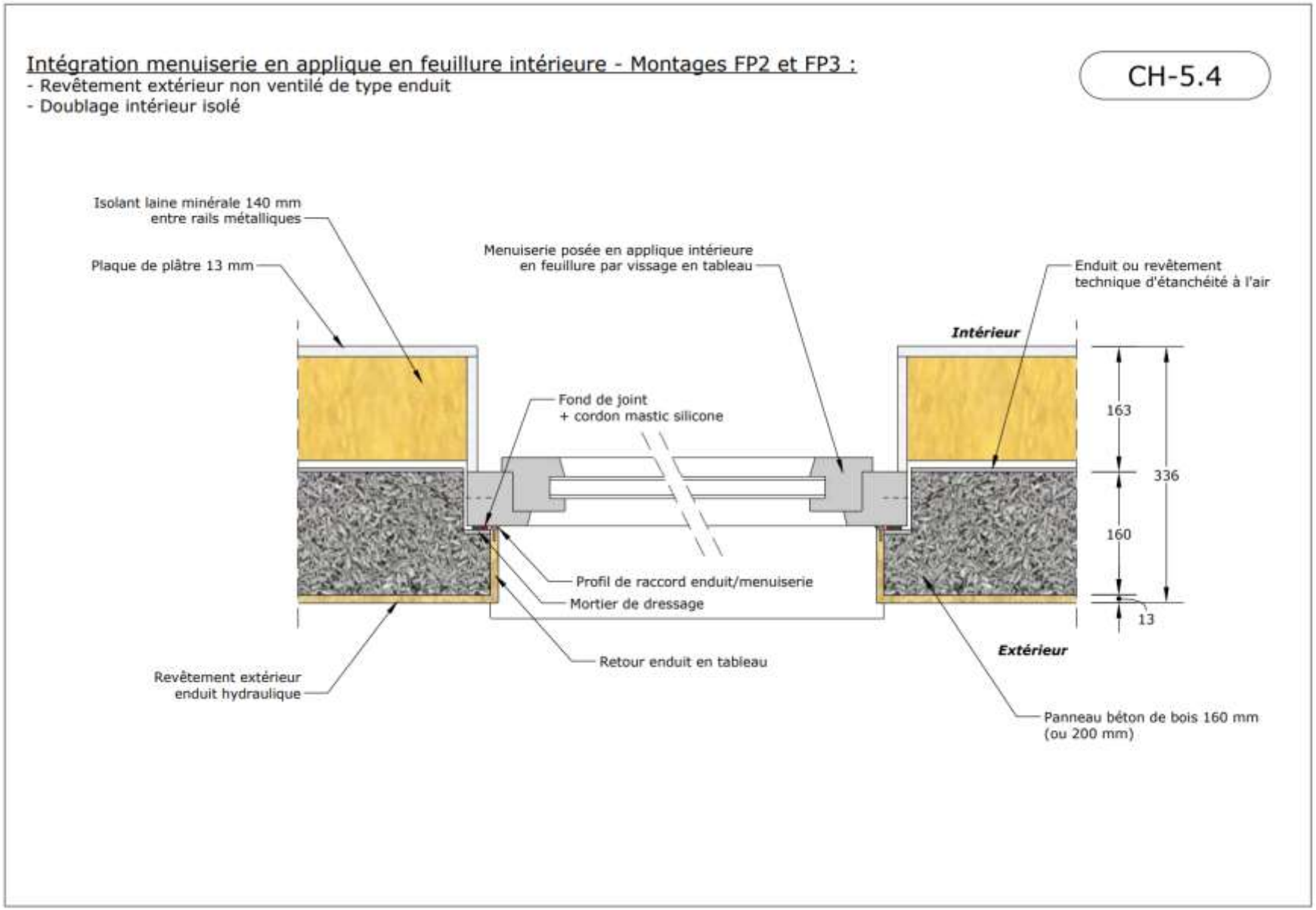


Intégration menuiserie en applique en feuillure intérieure - Montages FP2 et FP3 :

- Revêtement extérieur ventilé
- Doublage intérieur isolé

CH-5.3




Intégration menuiserie en applique en feuillure intérieure - Montages FP2 et FP3 :
- Revêtement extérieur non ventilé de type enduit
- Doublage intérieur isolé
CH-5.4
Isolant laine minérale 140 mm entre rails métalliques
Plaque de plâtre 13 mm
Menuiserie posée en applique intérieure en feuillure par vissage en tableau
Enduit ou revêtement technique d'étanchéité à l'air
Intérieur
Fond de joint + cordon mastic silicone
163
336
160
13
Profil de raccord enduit/menuiserie
Mortier de dressage
Retour enduit en tableau
Extérieur
Revêtement extérieur enduit hydraulique
Panneau béton de bois 160 mm (ou 200 mm)