3.3/15-810_V2

Valide du **21 octobre 2026**

au **21 octobre 2031**

Sur le procédé

Modulaire Architecturé

Famille de produit/Procédé : Gros-œuvre à structure acier

Titulaire(s) : Société COUGNAUD CONSTRUCTION SAS

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.3 - Structures tridimensionnelles, ouvrages de fondation et d'infrastructure

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette révision intègre les modifications suivantes : • Nouvelles liaisons entre modules superposés ; • Nouvelles liaisons entre toitures de modules juxtaposés ; • Nouvelles pièces de liaison au sol ; • Ajout d'un isolant plancher en PSE ; • Introduction du panneau de façade MONOLAINE B en plus du JI VULCASTEEL WALL FT ; • Intégration du bardage Cover de chez NEOLIFE ; • Remplacement de la tôle d'étanchéité entre module juxtaposé de niveau intermédiaire par un adhésif pare-pluie (étanchéité temporaire) - modification de la figure 68 ; • Mise à jour des références de toutes les certifications (DTA, ACERMI, …) par celles en vigueur • Nouveau montage fenêtres ; • Suppression du panneau sandwich MONOPANEL en support de toiture-terrasse ; Suppression des isolants PIR de relevé de toiture EPDM de marque KNAUF et UNILIN.	PAYET Loïc	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Cellules tridimensionnelles destinées à la réalisation, par juxtaposition ou superposition, de constructions à usage courant. Ils sont constitués de modules tridimensionnels fabriqués en usine, juxtaposés et/ou superposés sur site. L'ossature de ces cellules est constituée de profilés en acier laminé à chaud ou en tôle galvanisée pliée à froid.

Les murs extérieurs sont constitués de panneaux sandwich de bardage à 2 parements en acier et à âme laine de roche ou mousse polyuréthane :

- « JI VULCASTEEL WALL FT » et « MONOLAINE B Pose verticale et horizontale » sous DTA ;
- Panneaux sandwich à âme en mousse polyuréthane conformes à la norme NF EN 14509 (système 1), disposant d'un certificat ACERMI et d'une certification QB 42 et à fixation traversante visible.

Les planchers sont constitués soit de panneaux à base de bois liaisonnés aux solives métalliques soit d'un plancher béton supporté par les solives.

La toiture est réalisée à l'aide d'un revêtement d'étanchéité en PVC plastifié « Rhenofol fixé mécaniquement », sous DTA, fixée mécaniquement sur panneau sandwich « JI VULCASTEEL WALL FT », ou d'un revêtement d'étanchéité en EPDM « ElevateTM RubberCoverTM EPDM en adhérence totale », bénéficiant d'un DTA collé sur panneau à base de bois OSB4 ou CTBH P5.

Les dimensions des cellules sont :

- Longueur maximale : 14,40m ;
- Largeur maximale : 3,80m ;
- Hauteur maximale : 3,50m.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.1.1. Zone géographique 5
1.1.2. Ouvrages visés 5
1.2. Appréciation 5
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 5
1.2.2. Durabilité - Entretien 7
1.2.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre 7
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 7
2. Dossier Technique 9
2.1. Mode de commercialisation 9
2.1.1. Coordonnées 9
2.1.2. Identification 9
2.2. Description 9
2.2.1. Principe 9
2.2.2. Caractéristiques des composants 10
2.3. Eléments préfabriqués 14
2.3.1. Structure (voir Figure 1 à Figure 6) 14
2.3.2. Traitement de l'étanchéité a l'air (voir Figure 7 à Figure 9) 14
2.3.3. Enveloppe extérieure 14
2.3.4. Plancher (Voir Figure 67 à Figure 73) 18
2.3.5. Thermique 18
2.4. Durabilité 19
2.5. Dimensionnement 19
2.5.1. Fondations 19
2.5.2. Ossature principale (voir Figure 1 à Figure 6) 19
2.5.3. Ossature secondaire 19
2.5.4. Cas spécifique de la toiture EPDM Elevate 19
2.5.5. Cas spécifique de la toiture PVC 20
2.5.6. Stabilité pendant le grutage 20
2.5.7. Assemblage des modules entre eux 20
2.5.8. Liaison fondation-superstructure 20
2.5.9. Trémie escalier et ascenseur (voir Figure 75 à Figure 77) 21
2.5.10. Eléments secondaires en zone sismique 21
2.6. Dispositions de conception 21
2.6.1. Dispositions générales de conception 21
2.6.2. Dispositions de conception applicables aux zones sismiques 21
2.7. Dispositions de mise en œuvre sur site 22
2.7.1. Mise en œuvre des modules 22
2.7.2. Contrôles de mise en œuvre 22
2.8. Entretien et maintenance 22
2.9. Traitement en fin de vie 23
2.10. Assistance technique 23
2.11. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 23
2.11.1. Etapes de conception et fabrication générales 23
2.11.2. Contrôles en usine 24
2.12. Transport et grutage 24

2.13. Mention des justificatifs 25
2.13.1. Résultats expérimentaux 25
2.13.2. Références chantiers 26
2.14. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 27

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet Avis Technique a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine en climat de plaine (altitude ≤ 900 m).

1.1.2. Ouvrages visés

L'Avis Technique vise les constructions de type R+3 maximum pour des bâtiments régis par le code du travail, des Etablissements Recevant du Public ou des bâtiments d'habitation. Le type de panneaux utilisé sera conforme au tableau 10 en annexe selon la typologie du bâtiment.

Le domaine d'emploi vise les locaux à faible et moyenne hygrométrie ($W/n \leq 5g/m^3$) avec :

W : quantité de vapeur d'eau produite à l'intérieur d'un local par heure, exprimée en grammes par heure (g/h)

n : le taux horaire de renouvellement d'air exprimé en mètres cube par heure (m^3/h)

Les bâtiments sont destinés à répondre aux sollicitations maximales suivantes à justifier par un dimensionnement au cas par cas :

- Charge d'exploitation selon NF EN 1991 (600 daN/m² maximum) ;
- Charge de vent et neige hors zone de climat de montagne (H < 900m) ;
- Zones de sismicité 1 à 4 pour des ouvrages de catégorie I à IV moyennant des déplacements différentiels entre 2 niveaux consécutifs de hauteur h, limités à h/100 suivant les recommandations de la norme NF EN 1998 et ses annexes nationales.

Les balcons et loggias ne sont pas visés par le présent Avis Technique.

Les pentes des toitures sont au minimum de 1%.

Le procédé en toiture avec membrane EPDM « Elevate RubberGard EPDM LSFR » est limité à une dépression maximale sous vent extrême au sens des règles NV65 modifiées de :

- 4 000 Pa pour un entraxe de fixation du platelage de 370 mm ;
- 2 450 Pa pour un entraxe de fixation du platelage de 600 mm.

Pour le procédé en toiture avec membrane PVC « RHENOFOL CV », la dépression maximale doit être vérifiée en fonction de l'attelage et de la densité de fixation. Les valeurs maximales de vent sont indiquées au § 2.5.5..

L'aptitude au levage des modules n'est pas visée par le présent Avis Technique.

Cet Avis Technique ne vise pas l'utilisation du procédé dans la construction de bâtiments pour lesquels la réglementation incendie requiert des exigences en matière de propagation au feu par les façades (cf. § 1.2.1.2.3).

La Pression à l'état limite de service (ELS) doit être inférieure ou égale à la limite définie dans le DTA de la fenêtre.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des bâtiments réalisés avec ce procédé est convenablement assurée dans la mesure où les configurations de superposition et de juxtaposition des modules ainsi que l'ancrage au sol respectent les dispositions du Dossier Technique.

La stabilité globale est assurée par l'assemblage mécanique des modules, dimensionnés selon les règles en vigueur. Le schéma structural est constitué de portiques multiples. Les éléments d'enveloppe du module ne participent pas à la stabilité d'ensemble.

La fixation d'objet directement sur un ou deux parements des panneaux de bardage du procédé « JI VULCASTEEL WALL FT »et « MONOLAINE B » et des panneaux sandwich à âme en mousse PU est exclue à l'exception des accessoires de finition.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

1.2.1.2.1. Résistance au feu

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité de l'Appréciation de Laboratoire au feu n°13–A–626 délivrée par EFECTIS France permettant de justifier des performances allant de REI30 à REI60 en fonction des configurations. Il convient de se reporter à cette appréciation pour définir les éléments de protection rapportée à mettre en œuvre afin d'atteindre ces performances.

Conformément à cette Appréciation de Laboratoire au feu, la stabilité au feu des structures verticale peut être assurée :

- Soit par des panneaux en laine de roche, l'épaisseur des panneaux 60/80 mm est fonction du degré de protection à assurer, et complétés par des capotages en tôle, isolé par de la laine de roche épaisseur 50 ou 30 mm, les épaisseurs d'isolation étant en fonction de la température critique du profil à protéger (cf. figures 15 et 16) ;
- Soit par un parement de plaque de plâtre, fixé sur rails horizontaux et montants verticaux, isolé par de la laine minérale. L'épaisseur du parement est fonction du degré de protection à assurer.

La stabilité au feu des structures horizontale est assurée :

- Soit par un plafond tôle à structure renforcée isolé par de la laine de roche, l'épaisseur et la densité de l'isolant est fonction du degré de protection à assurer ;
- Soit par un parement de plaque de plâtres monté selon le Procès-Verbal de classement de résistance au feu du procédé de plafond visant ce type de support.

1.2.1.2.2. Réaction au feu

Le classement de réaction au feu des principaux matériaux associés à ce procédé sont donnés dans le Tableau 9 en annexe du Dossier Technique.

Il convient de se reporter aux procès-verbaux de classement pour une définition précise des configurations testées, des constituants assemblés, ainsi que des limites admises et la connaissance de leur date de fin de validité.

Sécurité en cas d'incendie pour une utilisation en support de couverture, en support d'étanchéité de toitures-terrasses et toitures inclinées

Le comportement au feu du complexe avec la membrane PVC-P « RHENOFOL CV F » n'est pas connu.

Le comportement au feu du système de couverture « EPDM LSFR » est classé Broof(t3) (Procès-verbal de classement au feu du WFIREGENT n°16085B).

Ces prescriptions ne présument pas de l'application de l'ensemble des exigences réglementaires associées aux ERP et aux bâtiments recevant des travailleurs.

1.2.1.2.3. Propagation du feu aux façades

Les dispositions constructives permettant de limiter le risque de propagation du feu par les façades dont la participation à l'indice C+D (écran thermique, jonction façade/plancher), doivent être déterminées au cas par cas, en fonction de la destination de l'ouvrage réalisé, sur la base d'une Appréciation de Laboratoire délivrée par un laboratoire agréé.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

La stabilité en cas de séisme est assurée par l'ossature en forme de cadres métalliques tridimensionnels soudés entre eux. Les panneaux de particules et plancher béton n'assurent pas la fonction diaphragme, la transmission des efforts étant assurée par les solives métalliques. Moyennant le respect de la norme NF EN 1998-1, le procédé est utilisable en zones sismiques 1 à 4 pour des ouvrages de catégorie I à IV.

1.2.1.4. Sécurité en cas de chocs sur les parois

La sécurité aux chutes des personnes par traversée des parois est normalement assurée.

1.2.1.5. Isolation thermique

Le système permet de satisfaire à la réglementation thermique moyennant l'utilisation suivant les configurations de façades d'un complexe de doublage isolant ou d'un bardage isolé (selon étude thermique). Les ponts thermiques peuvent également être traités au moyen d'isolation complémentaire lorsque nécessaire.

Le tenant de système doit produire sur demande les calculs thermiques exigés par la réglementation en vigueur.

1.2.1.6. Isolement acoustique

Les différentes configurations des constructions permettent d'obtenir divers niveaux de performance d'isolation acoustique. La justification est à apporter au cas par cas en fonction des exigences applicables.

1.2.1.7. Etanchéité des parois

Pour une durée de vie de 20 ans, l'étanchéité des parois est assurée sans disposition complémentaire autre que ce qui est décrit par ailleurs ou dans le Dossier Technique.

Outre un niveau de protection adapté des profilés, une durée de vie 30 ans nécessite notamment la mise en œuvre des éléments suivants :

- Un bardage type XIV ou type XIII avec pare pluie ;
- Une ventilation du vide sanitaire correspondant au minimum à 1/500ème de la surface.

De même, une durée de vie de 50 ans nécessite notamment la mise en œuvre des éléments suivants :

- Un écoulement des eaux pluviales réalisé par des descentes spécifiques, en dehors du plan d'étanchéité ;
- Un bardage type XIV ou type XIII avec pare pluie ;
- Une ventilation du vide sanitaire correspondant au minimum à 1/500ème de la surface.

Etanchéité de la toiture-terrasse : la Société COUGNAUD SAS a du personnel qualifié et agréée pour la mise en œuvre des membranes en PVC-P, dans les conditions fixées par le fabricant FDT. Elle est aussi qualifiée et agrée pour la mise en œuvre des membranes EPDM, dans les conditions fixées par le fabricant la Société Holcim Solutions and Products EMEA BV..

1.2.1.8. Finition, suspension d'objets

La paroi intérieure des murs ne permet pas la fixation d'équipements au-delà de 30 daN. Celle-ci doit être réalisée sur une ossature spécifique prévue à la conception des modules.

1.2.1.9. Aspects sanitaires

Le procédé ne dispose d'aucune déclaration sanitaire.

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2. Durabilité - Entretien

La durée de vie des ouvrages constitués de Modules Architecturés est définie au §2.4 et dans le tableau 2 en annexe du Dossier Technique.

La durabilité des constructions est subordonnée à une maintenance et à un entretien régulier de l'ouvrage.

Les matériaux utilisés pour la fabrication des éléments et leur mise en œuvre ne présentent pas d'incompatibilité.

L'admissibilité de l'isolation thermique sous l'élément porteur de la toiture EPDM a été justifiée par des simulations numériques (cf. §2.13).

L'ossature métallique est protégée de la corrosion par galvanisation et/ou couche de protection rapportée en fonction de l'agressivité du milieu. Pour les ERP et établissements relevant du code du travail, une inspection et un entretien fréquents des ossatures extérieures, et plus particulièrement des points de soudure et mastics d'étanchéité, sont nécessaires pour s'assurer de la durabilité des constructions.

Les ouvrages situés à moins de 1,5 km de la mer et situés en classe inférieure ou égale à C3 (cf. NF EN 1993-1-1) doivent recevoir une protection complémentaire telle que décrite en fin du §2.2.2.1 du Dossier Technique.

Pour les autres cas de figures, les protections définies au §2.2.2.1 et dans le tableau 2 en annexe du Dossier Technique doivent être respectées.

Les chocs conventionnels de corps durs provoquent des empreintes risquant d'endommager l'aspect des constructions sans toutefois altérer mécaniquement le revêtement protecteur.

La durabilité de l'ouvrage est subordonnée à un entretien. Celui-ci doit être assuré par le Maître d'Ouvrage et respecter les prescriptions du §2.8 du Dossier Technique.

1.2.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre est effectuée par la Société COUGNAUD SAS qui dispose des moyens nécessaires.

Les modules sont transportés finis ou semi-finis sur le site. La manutention et le levage sont réalisés à l'aide d'élingues.

Les déformations attendues lors de ces opérations, sont compatibles avec les éléments de second œuvre.

La sécurité du travail sur chantier peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, moyennant les précautions habituelles à prendre pour la manutention d'éléments préfabriqués de grandes dimensions. Une attention particulière doit être portée à la manutention des modules. Dans le cas où la phase de manutention génère des efforts nettement supérieurs à ceux subis par le module mis en œuvre dans l'ouvrage, les points d'attaches conçus et prescrits par la société COUGNAUD SAS doivent être respectés sur chantier.

Lors des phases provisoires, et tant que l'ensemble des éléments nécessaires au contreventement définitif de l'ouvrage ne sont pas mis en œuvre, la stabilité des modules, en position verticale ou horizontale, doit être assurée au moyen d'un étaiement garantissant la stabilité particulière de chaque élément et la stabilité générale du bâtiment en cours de construction. D'une manière générale, la mise en œuvre des modules impose les dispositions usuelles relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

La mise en œuvre de la toiture impose les dispositions relatives à la sécurité des personnes contre les chutes de hauteur.

Dans le cas de soudures au solvant, la mise en œuvre de la membrane RHENOFOL CV fixée mécaniquement implique le strict respect des consignes de prévention et de sécurité prévues d'une part dans le mémento Formation aux Etanchéités à base de monocouche synthétique édité par la CSFE, et d'autre part à la fiche de données de sécurité du fabricant.

Dans le cas de sa préparation et de son collage, la mise en œuvre de la membrane EPDM LFSR implique également le strict respect des fiches de données de sécurité du fabricant.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La validation de ce procédé est basée sur l'expérience, l'expertise du demandeur COUGNAUD et sa maîtrise de la fabrication des modules. Ce procédé constructif n'est valable que dans sa globalité et n'est donc pas pleinement ou partiellement transposable à d'autres procédé.

Ce procédé est conçu et mis en œuvre directement par la société COUGNAUD SAS dans le cadre d'un contrat d'ouvrage avec obligation d'assurance décennale. Il n'est pas loué, ni destiné à une mise sur le marché directe.

Le Groupe précise que la conception des réseaux de toutes natures intégrés aux bâtiments n'est pas visée dans le cadre du présent Avis.

La membrane de toiture Elevate RubberGard EPDM LSFR est définie dans l'Avis Technique n°5.2/18-2619_V2 « Elevate™ Rubbergard™ EPDM en adhérence totale » qui vise uniquement les toitures terrasses inaccessibles. La toiture est intégralement

isolée sous l'élément porteur en panneaux OSB/4 ou de particules certifiées CTB-H. De ce fait, le soin apporté à la réalisation du pare-vapeur ou de la barrière hygrorégulante bénéficiant d'un DTA du GS 20 et décrite dans le Dossier Technique est fondamental pour limiter le risque de dégradation de l'élément porteur en panneaux à base de bois.

Lorsque la membrane de toiture RHENOFOL CV, définie dans l'Avis Technique n° 5.2/20-2667_V2 « Rhenofol fixé mécaniquement » qui vise les toitures terrasses inaccessibles, est utilisée, le support d'étanchéité doit être le panneau sandwich métallique « JI VULCASTEEL WALL FT » de la Société JORIS IDE.

Les travaux de réfection de toitures sont exclus de ce système.

La société COUGNAUD SAS doit informer le maître d'ouvrage sur les dispositions relatives aux Règlements Sanitaires Départementaux qui peuvent spécifier que les évacuations des eaux pluviales doivent être accessibles compte tenu des dispositifs envisagés dans le Dossier Technique qui prévoient l'évacuation des eaux pluviales :

- Dans les poteaux ;
- Dans la lame d'air du bardage rapporté.

Ces réalisations peuvent créer des points froids au niveau de l'isolant du bardage et entraine une durée de vie réduite de l'ouvrage.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :
Société COUGNAUD SAS
Mouilleron Le Captif
Parc d'Activité Beaupuy 2
CS 40028
FR - 85035 La Roche sur Yon Cedex
Tél. : 02 51 05 85 85
Courriel : info@cougnaud.com
Internet : www.cougnaud.com

2.1.2. Identification

2.1.2.1. Identification des bâtiments

Chaque bâtiment est identifié par une plaque indiquant :

- Adresse COUGNAUD SAS ;
- N° de projet.

Un modèle de plaque est représenté sur la Figure 81 en annexe du Dossier Technique.

L'emplacement de la plaque est défini par le bureau d'Etudes et figure sur le plan

2.2. Description

2.2.1. Principe

Il s'agit de cellules tridimensionnelles fabriquées en usine et destinées à la réalisation, par juxtaposition ou superposition, de constructions à usage courant.

L'ossature de ces cellules est constituée de profilés en acier laminé à chaud ou en tôle galvanisée pliée à froid.

Les murs extérieurs sont constitués de panneaux sandwich de bardage à 2 parements en acier et à âme laine de roche ou mousse polyuréthane :

- « JI VULCASTEEL WALL FT » sous DTA n°2.3/15-1675_V3 et « MONOLAINE B Pose verticale et horizontale » sous DTA n°2.3/14-1640_V2 ;
- Panneaux sandwich à âme en mousse polyuréthane conformes à la norme NF EN 14509 (système 1) d'une épaisseur comprise entre 60 et 100 mm) :
    - Disposant d'un DTA valide,
    - Ou conforme aux règles RAGE (QB 42, ACERMI et ayant le niveau EVCP 1 vis-à-vis des exigences de performances à la réaction au feu)

Le type de panneaux sera choisi en fonction de la typologie du bâtiment (voir tableau 10 en annexe)

Les planchers sont constitués de panneaux à base de bois liaisonnés aux solives métalliques ou de dalles de béton armé préfabriquées soudées à la structure sur des cornières métalliques.

La toiture est réalisée à l'aide d'un revêtement d'étanchéité en PVC plastifié « Rhenofol fixé mécaniquement », visé par le DTA n°5.2/20-2667_V2, fixée mécaniquement sur panneau sandwich (JI VULCASTEEL WALL FT de chez JORIS IDE NV), ou d'un revêtement d'étanchéité en EPDM «Elevate™ RubberCover™ EPDM en adhérence totale », bénéficiant d'un Avis Technique n°5.2/18-2620_V2 collé sur panneau à base de bois OSB4 ou CTBH P5 cités au § 2.3.3.6.2.2.

Le choix entre toutes ces versions de plancher bas et intermédiaire et de toiture est possible sur l'ensemble des typologies de bâtiments décrites dans le domaine d'emploi.

Les dimensions des cellules sont :

- Longueur maximale : 14,40 m ;
- Largeur maximale : 3,80 m ;
- Hauteur maximale : 3,50 m.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Structure métallique

Les protections anticorrosion décrites ici correspondent au niveau de protection minimal exprimé en termes d'épaisseur minimale locale. Ce niveau de protection peut être renforcé et doit être adapté aux conditions de site (voir §2.4). Le Tableau 2 en annexe du Dossier Technique indique le niveau de protection en fonction de la distance à la mer hors atmosphère industrielle.

La structure métallique est constituée de :

- Poteaux en acier de construction, tube de section rectangulaire ou carrée de 120x80 à 250x100 ou 200x200 mm, d'épaisseur 3 à 10 mm, de nuance jusqu'à S355JOH selon la norme NF EN 10219 galvanisé à chaud 80 µm minimum (NF EN IS0 1461) recevant 1 couche PU minimum 40 µm et 1 couche PU/AC mini 60 µm.
- Longeron long pan en acier de construction, tube de section carrée ou rectangulaire de 180x80 à 250x100 ou 200x200 mm, d'épaisseur 3 à 10 mm, de nuance jusqu'à S355JOH selon la norme NF EN 10219, grenaillé SA2.5 + apprêt riche en zinc (40µm) ou galvanisé à chaud recevant 1 couche d'apprêt PU (40 µm) et 1 couche PU/AC (60 µm).
- Longeron pignon en acier de construction, tube de section carrée ou rectangulaire de 100x50 à 200x200 mm, d'épaisseur 3 à 10 mm, de nuance jusqu'à S355JOH selon la norme NF EN 10219, grenaillé SA2.5 + apprêt riche en zinc (40 µm) ou galvanisé à chaud recevant 1 couche d'apprêt PU (40 µm) et 1 couche PU/AC (60 µm).
- Solives en acier de construction, tube de section rectangulaire de 80x50 à 120x80, d'épaisseur 2 à 5 mm, de nuance jusqu'à S355GD galvanisé selon la norme NF EN 10346 de qualité Z275.
- Pannes en acier de construction, tube de section rectangulaire de 60x50 à 100x50, d'épaisseur 2 à 3 mm, de nuance jusqu'à S355JOH selon la norme NF EN 10219, grenaillé SA2.5 + apprêt riche en zinc (40 µm) recevant 1 couche d'apprêt PU (40 µm).
- Cornière en tôle pliée galvanisée jusqu'à S355GD + Z275 selon la norme NF EN 10346.
- Chéneau en tôle pliée galvanisée d'épaisseur 3 ou 4 mm, de nuance jusqu'à S355GD + Z275 selon la norme NF EN 10346, recevant 1 couche apprêt PU (40 µm) et 1 couche PU/AC (60 µm).
- Traverse de trémie escalier ou ascenseur en acier de construction, tube de section rectangulaire de 180x80 d'épaisseur 3 à 5 mm, de nuance jusqu'à S355JOH selon la norme NF EN 10219, grenaillé SA2.5 + apprêt riche en zinc (40 µm).

Dans le cas des surfaces inaccessibles (au droit des fondations), une pré-couche (couche supplémentaire de polyuréthanne 60 µm) est appliquée sur ces zones. Le système de traitement est étendu sur une distance d'au moins 30 mm dans l'interface sur la longueur du longeron.

Pour les soudures sur chantier exposées lors de la vie de l'ouvrage (au droit des fondations notamment), l'utilisation d'une peinture dont la teneur en pigments à base de poussière de zinc conformes à la norme NF EN ISO 3549 est nécessaire. Un apprêt riche en zinc de type PF53 SIMAZINC sera appliqué en 2 couches de 60 µm chacune. Ce revêtement sera complété par une peinture PU bi-composant de type PF49 d'épaisseur 60 µm.

Dans le cas où la distance à la mer est inférieure à 1,5 km, cette protection sera renforcée par une couche supplémentaire de SIMAZINC (60 µm), soit au total SIMAZINC 3x60 µm + PF49 (60 µm).

L'application des peintures est réalisée selon la norme NF EN 12944.

Boulonnage : Entre modules par Vis HM 12 x 40 classe 6.8 rondelle M12 et écrou HM 12.

2.2.2.2. Parois verticales

2.2.2.2.1. Panneaux de façade

Le choix du type de panneaux de bardage :

- Panneaux " JI VULCASTEEL WALL FT" ou "MONOLAINE B Pose vertical et horizontale" :

	Ame	**Epaisseur(mm)**	**Tôles (mm)**	
			Ext	**Int**
MONOLAINE B Pose verticale et horizontale (Selon DTA n°2.3/14-1640_V2)	Laine minérale	80, 100	0,63	0,50
JI VULCASTEEL WALL FT (Selon DTA n°2.3/15-1675_V3)	Laine minérale	80, 100	0,60	0,50

Tableau 1: Panneaux sandwich de la société JORIS IDE NV ou la société MONOPANEL SAS

Les tôles extérieures des panneaux sandwichs « VULCASTEEL WALL FT » sont en acier S280 GD galvanisées Z225 ou Z275 et revêtues selon l'article 2.2.2 du DTA précité, les tôles intérieures en S250GD galvanisées Z225 ou Z275 et revêtues selon l'article 2.2.2 du même DTA.

Les tôles extérieures des panneaux sandwichs « MONOLAINE B » sont en acier S320 GD galvanisées Z225 ou ZA255 et revêtues selon l'article 2.2.2 du DTA précité, les tôles intérieures en S320GD galvanisées Z225 ou ZA255 et revêtues selon l'article 2.2.2 du même DTA.

- Panneaux en PUR.

Les panneaux sandwich à âme en mousse polyuréthane doivent être conformes à la norme NF EN 14509 « Panneaux sandwich autoportants, isolants, double peau à parements métalliques Produits manufacturés – Spécifications » (système 1) et d'épaisseurs 60, 80 et 100 mm. Ils doivent également disposer d'un certificat ACERMI et d'une certification QB42 ou d'un DTA valide.

Le choix des revêtements de tôles des panneaux à âme en laine de roche dépend des ambiances intérieures et atmosphères extérieures et respectera les recommandations de leur DTA respectif. Concernant les panneaux PU certifiés QB42, le choix des revêtements de tôles intérieures et extérieures sera réalisé conformément au § 1.4 du référentiel QB 42.

2.2.2.2.2. Fixation des panneaux

La fixation est réalisée en tête de panneaux à l'aide de (voir figures 12 et 17) :

- Cornières 28x40x3 en acier S235 Z275 éventuellement complété d'un apprêt et d'une peinture selon le niveau d'exposition ;
- Vis auto taraudeuses Ø6,3 mm à raison de 2 par largeur de panneau (pince de 20 mm).

En pied de panneaux (voir figure 13 et 18) :

- Profil en U de pied asymétrique : selon largeur L de panneaux 40 x L x 30 pour une épaisseur de 2 mm. La longueur et la largeur du profilé dépendent du panneau sandwich utilisé (cf. figure 13), en acier galvanisé Z275 éventuellement complété d'un apprêt et d'une peinture selon le niveau d'exposition.
- Verticalement au droit des poteaux de structure (voir figure 15) :
    - Profil en U vertical pour fixation des panneaux sur les poteaux : 22 x largeur suivant épaisseur de panneau x ép. 75/100 en acier prélaqué polyuréthane 25 µm ;

2.2.2.2.3. Accessoires panneaux

- Joint mousse PE à cellules fermées 40x3 ;
- Complément d'isolation par laine minérale dans les angles rentrant des poteaux + cache métallique 50 x 50 ép. 75/100 (figure 15).

2.2.2.3. Planchers et isolants associés

Trois types de plancher sont visés :

- Panneau de particules NF CTBH posé à joint non décalé, dans le sens transversal du module, systématiquement au droit d'une solive et vissé aux solives : épaisseur 25 mm (ou 30 mm pour locaux E2 selon classement UPEC), classement de réaction au feu D-s2,d0 ou B-s3,d0 ;
- Panneau de particules liées au ciment conforme à la norme EN 634. Classement de réaction au feu : B-s3,d0 ; Traitement fongicide insecticide ; Hydrofugé ; vissé aux solives
- Dalle béton d'épaisseur 60 mm, avec treillis soudé, en appui sur le solivage sur 2 ou 3 faces, fixée par soudure sur châssis plancher. Matériaux : Aciers HA B500B, Béton type C40/50. Enrobage 3 cm, Treillis soudé usuel : ST25C ou ST10.

Isolation en sous-face :

- Plaque de polystyrène d'épaisseur 60 et 100 mm, conductivité thermique de 0,032 à 0,040 W/(m.K), avec classement de réaction au feu E , bénéficiant d'un certificat ACERMI ;
- Laine de verre en deux couches d'épaisseurs 60 et 100 mm maintenues par des feuillards de section 50 x 1 mm (cf. APL 13-A-626), conductivité thermique de 0,032 à 0,040 W/(m.K), bénéficiant d'un certificat ACERMI ; densité 22 kg/m3 (remplaçable pour l'isolation au feu du plancher bas par de la laine de roche de même épaisseur et de masse volumique 30 kg/m^3).
- Plaque de mousse Polyuréthane d'épaisseur 58 et 103 mm, conductivité thermique de 0,021 W/(m.K), bénéficiant d'un certificat ACERMI.

La pose de carrelage sur support bois n'est pas visée par le présent Avis Technique.

2.2.2.4. Toiture

2.2.2.4.1. Toiture étanchée PVC

Le procédé « Rhenofol fixé mécaniquement » est visé par le DTA n°5.2/20-2667_V2 en cours de validité.

Feuille d'étanchéité en PVC plastifié armée « RHENOFOL CV » fabriquée par Flachdachtechnologie (FDT) dans son usine de Manheim :

- La membrane est composée de PVC-P souple avec plastifiants, pigments et stabilisants. L'armature se compose de fibres synthétiques polyester, 1100 dtex, 70 g/m^3 ;
- Caractéristiques spécifiées de la feuille RHENOFOL CV ;
- Epaisseurs de la feuille RHENOFOL CV : 1,2 mm en terrasse inaccessible.

Tôle plastée RHENOFOL : Elle est utilisée pour l'exécution des points particuliers en rive et en tête de relevés. Elle est constituée d'une tôle d'acier galvanisée épaisseur 0,60 mm, sur laquelle est colaminée une feuille de RHENOFOL C épaisseur 0,85 mm. Tôles de couleur gris, anthracite, blanc ou brique.

Colles : Colle contact FDT n°20 (principe du double encollage) de FDT pour le collage des relevées et autres points singuliers.

Confirmation des soudures : Pâte RHENOFOL (PVC liquide) de FDT.

Panneau sandwich d'épaisseur 50 mm, âme mousse polyuréthane ou laine de roche d'origine Joris Ide NV, avec tôle épaisseur 0,50mm sur les 2 faces, en acier galvanisé Z225 prélaqué polyester 15µm.

Coque isolante en Laine de Roche d'épaisseur 50mm utilisée pour isoler de dessus les longerons de structure et éviter les ponts thermiques en jonction de modules.

2.2.2.4.2. Toiture étanchée EPDM

2.2.2.4.2.1. Constitution du système

Le complexe de toiture est composé :

- De la membrane Elevate RubberGard EPDM LSFR définie dans l'Avis Technique n°5.2/18-2619_V2 en cours de validité (cf. tableau 3 du Dossier Technique) ;
- De panneaux à base de bois de type OSB-4 ou panneaux de particules de type CTBH P5 d'épaisseur 18 mm (cf. tableau 4 du Dossier Technique), disposant d'une certification de leur valeur « s_d » ou faisant l'objet de deux campagnes de contrôles par an par un laboratoire externe de cette même valeur « sd »;
- D'isolant laine minérale d'épaisseur minimale 200 mm et de conductivité thermique minimale 0,040 W/(m.K) (cf. tableau 6 du Dossier Technique) ;
- D'une structure en profil tubulaires en acier ;
- D'un système de suspentes et de fourrures conforme au NF DTU 25.41 ;
- D'un plafond bac acier non porteur ;
- D'un système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau faisant l'objet d'un marquage CE si son s_d est supérieur ou égal à 18 m ou d'un Avis Technique s'il est hygrovariable (cf. tableau 7 en annexe du Dossier Technique).

Les relevés d'étanchéité sont isolés de la structure du module par des panneaux isolants de polyisocyanurate bénéficiant d'un DTA d'épaisseur 30 mm (cf. tableau 5 en annexe du Dossier Technique) ou des panneaux à base de bois (OSB-4 ou CTBH P5).

Les étanchéités entre modules sont réalisées à l'aide de Bandes d'étanchéité Quickseam Flashing définies dans le DTA n°5.2/18-2619_V2 « Elevate™ RubberGard™ EPDM en adhérence totale ».

2.2.2.4.2.2. Accessoires de fixation du système sur panneaux bois

Fixation de la membrane :

- La colle BA-2012, définie dans l'Avis Technique n°5.2/18-2620_V2 « Elevate™ RubberCover™ EPDM en adhérence totale » en collage par contact pour le collage de la membrane sur les relevés périphériques.
- La colle WBBA, définie dans l'Avis Technique n°5.2/18-2619_V2 « Elevate™ RubberGard™ EPDM en adhérence totale » par collage mouillé pour le collage de la membrane sur panneaux à base de bois en partie courante.

Fixation des panneaux bois :

- Les vis utilisées sont auto-perceuse-taraudeuse en acier zingué, correspondant aux références suivantes :
  - SFS : SC5 / 24 – 12 – 5.5 x 38 :
    - Résistance à l'arrachement dans une tôle acier S235 de 2 mm obtenue selon la norme NF P30-310 Pk=376 daN ;
    - Résistance à la traversée de la tête, obtenu selon la méthode d'essai de la norme EN 1383 sur 12 éprouvettes avec un panneau OSB-4 ou panneau de particules P5 d'épaisseur 18 mm, Pk = 155 daN (valeur moyenne – 2 x Ecart-type).
  - MURO : RSM655BFL :
    - Résistance à l'arrachement dans une tôle acier S235 de 2 mm obtenue selon la norme NF P30-310 Pk=218 daN ;
    - Résistance à la traversée de la tête, obtenu selon la méthode d'essai de la norme EN 1383 sur 10 éprouvettes avec un panneau OSB-4 ou panneau de particules P5 d'épaisseur 18 mm, Pk = 140 daN (valeur moyenne – 2,33 x Ecart-type).

2.2.2.4.3. Plancher intermédiaire / Toiture temporaire intermédiaire (voir Figure 63 à Figure 66)

Cette toiture a pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'eau du module uniquement pendant les phases de stockage, transport et grutage.

Bac acier COBACIER 1004 de type MONOPANEL d'épaisseur 0,63mm, galvanisé Z275 ou équivalent de caractéristiques supérieures ou égales : nuance et inertie.

2.2.2.5. Plafond de finition

Les profils pour pose du plafond et cloison sont en acier S235 galvanisé Z275 et peints en usine.

L'épaisseur de l'isolant dans le plenum et la position du pare-vapeur dans le cas des laines minérales sont choisis afin d'éviter tout risque de condensation. Les plafonds décrits au §2.2.2.5.1et §2.2.2.5.2 ci-après peuvent être combinés.

2.2.2.5.1. Plafond bac acier (voir Figure 23)

Ce type de plafond est composé d'une Tôle profilée d'acier S320GD + Z225 conforme à la norme NF EN 10326, galvanisée et pré laquée polyester. Cette tôle est vissée sur des profilés soudés à l'ossature principale du module.

L'Isolation est constituée par au minimum une couche de laine minérale avec pare-vapeur. L'épaisseur est définie selon la note de calcul thermique.

2.2.2.5.2. Plafond dalles acoustiques (en option, voir Figure 24) (hors APL 13-A-626)

Ce type de plafond est visé par le NF DTU 58.1 dont les prescriptions sont respectées. Les composants du plafond suspendu sont :

- Dalles de type ETNA d'origine ARMSTRONG (α_w = 0,45) ou équivalent ;

- Porteur dans le sens longitudinal du module au pas de 600 mm pour la stabilité, le transport et sécurité des luminaires ;
- Entretoise au pas de 600 mm perpendiculaire aux porteurs ;
- Suspentes en tôle d'acier galvanisé d'épaisseur 1,20 mm, Z275 au pas de 1200 mm maximum.

2.2.2.5.3. Plafond plaques de plâtre

Ce type de plafond est visé par le NF DTU 25.41 dont les prescriptions sont respectées. Ce type de plafond est composé d'un parement en plaque de plâtre BA18 fixé sur fourrure clipsée sur un profil métallique support fourrure (en cas d'exigence coupe-feu se référer à APL n°13-A-626).

En alternative, il peut être composé d'un parement en plaque de plâtre BA13 vissée sous tôle d'acier S320GD + Z225 NF EN 10326, galvanisé et pré laquée polyester. Les vis utilisées sont des vis D3.5 x 35mm, réparties au pas maximal de 250mm parallèlement aux pignons et au pas maximal de 400mm parallèlement aux longerons.

2.2.2.6. Fenêtres

Fenêtre devant bénéficier d'un DTA du GS6 en cours de validité incluant à son domaine d'emploi la mise en œuvre sur construction modulaire avec un type de panneau sandwich compatible avec ceux visés dans le présent Avis Technique. Le montage de la fenêtre sera conforme à celui décrit dans le DTA.

Caractéristiques :

- AEV minimum A*3 E*6A V*A2 ;
- Les dimensions maximales des fenêtres sont définies dans le DTA de la fenêtre ;
- Le classement AEV des fenêtres mises en œuvre dans les constructions modulaires est fixé par le NF DTU 36.5 P3.

2.2.2.7. Bardage rapporté

Un bardage doit être fixé sur l'ossature des modules. L'isolation intégrée dans l'épaisseur de l'ossature secondaire augmente les performances thermiques de l'enveloppe extérieure.

Il est conçu en respectant le cahier 3194_V3 « Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'éventuelle isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un AT ou DTA » d'août 2021.

Aucun élément de bardage ne doit se trouver à moins de 20 cm du sol fini extérieur si le bardage ou l'ossature de bardage est en bois.

L'ossature secondaire est composée :

- Soit de profilés métalliques dont la forme sera choisie en fonction de la facilité avec laquelle elle permettra l'adaptation des revêtements ou du réseau de lisses horizontales, en acier galvanisé Z275, selon le Cahier du CSTB 3194_V3 ;
- Soit de lambourdes bois fixées sur la structure au moyen de pattes, tel que prévu dans la norme NF DTU 41.2 et dans le cahier du CSTB 3316_V3 juin 2021.
- Soit un mélange de réseau vertical et horizontal en bois et en acier ou vice versa.

Le bardage est de type :

- Soit en tôle d'acier nervurée, galvanisée 0,75 mm S350 GD + Z225 prélaquée selon NF P34-301. Exemples de profils proposés :
    - Gamme TRAPEZA ou FREQUENCE d'origine ARCELORMITTAL.
    - .
- Soit en lames métalliques en tôle d'acier galvanisé et prélaqué selon la norme NF P 34-301. Exemples de profils proposés :
    - HAIRPLAN 300 d'origine ARCELORMITTAL ;
    - CLADEO 300 d'origine BACACIER.
- Soit en lames de bois de classe 3 conformes au NF DTU 41.2 ;
- Soit en lames de bois composite de type Cover de chez NEOLIFE, conforme à l'Avis Technique n°2.2/19-1798_V5 ou de type Malo ou Nova de chez SYLNEO, conforme à l'Avis Technique n°2.2/22-1836_V2 ;
- Soit en clins en fibres ciment de la gamme HARDIEPLANK, d'origine James Hardie, conforme à l'Avis Technique n°2.2/16-1759_V2 ;
- Soit en plaque en fibres-ciment :
    - De la gamme EQUITONE, d'origine Etex France Exteriors, et certifiée QB15;
    - HARDIEPANEL d'origine James Hardie, conforme à l'Appréciation Technique de Transition ATT 20/021_V1;
    - COPANEL, conforme à l'Appréciation Technique de Transition ATT 21/027_V1.
- Soit en panneaux stratifiés :
    - MAX EXTERIOR, d'origine Fundermax, conforme aux Appréciations Techniques de Transition ATT 20/013_V1 pour l'ossature Bois et ATT 20/014_V1 pour l'ossature métallique ;
    - METEON, d'origine Trespa conforme aux Avis Techniques 2.2/13-1557_V1 et 2.2/12-1534_V1.
- Soit un bardage disposant d'un Avis Technique avec pose sur une ossature secondaire bois et/ou acier sur un gros œuvre béton ou maçonnerie ;
- Même si aucun Avis Technique cité ici n'inclut la mise en œuvre sur structure modulaire, la mise en œuvre sur les modules COUGNAUD, dont la structure est dimensionnée aux Eurocodes, est rendue possible par le présent Avis Technique.

Visserie :

- Pour l'ossature : GOLDOVIS Ø 6 x 35 mm de type LR ETANCO ou équivalent ;
- Pour la peau de bardage : se référer à l'Avis Technique correspondant au bardage ou au DTU pour ceux qui en relèvent.

2.2.2.7.1. Etanchéité au feu

A noter que des montages à base de plaques de plâtres sont également utilisées pour des protections coupe-feu horizontales ou verticales de degré jusqu'à 1 heure et ce dans le respect des conditions décrites dans le PV de résistance au feu du procédé considéré.

2.3. Eléments préfabriqués

Les éléments fabriqués en usine sont des modules dont les dimensions hors-tout de la structure métallique sont :

- Largeur maximale : 3 800 mm ;
- Hauteur maximale : 3 500 mm ;
- Longueur maximale : 14 400 mm.

Les modules se juxtaposent et se superposent pour réaliser un bâtiment R+3 maximum.

2.3.1. Structure (voir Figure 1 à Figure 6)

Chaque module est constitué d'une structure auto stable. Les longerons de plancher et arbalétriers de toiture sont soudés sur les poteaux formant des cadres dans les deux directions.

2.3.2. Traitement de l'étanchéité a l'air (voir Figure 7 à Figure 9)

L'étanchéité à l'air entre les éléments de structure en jonction de modules est assurée par les solutions suivantes :

- Entre modules juxtaposés par mastic d'étanchéité SNJF F25E vertical extérieur entre les poteaux de module quand l'étanchéité à l'eau est déjà assurée par le bardage, joint mousse + mastic SNJF F25E en gamme avantage sans bardage ;
- Entre les modules superposés, par mastic d'étanchéité SNJF F25E horizontal extérieur entre les plancher et toit ;
- Entre les longerons planchers des modules du Rez-de-chaussée, par masticage ou compression d'un joint mousse alvéolaire à cellules fermées ;
- En jonction d'arbalétriers, par la membrane PVC ou EPDM complémentaire soudée ou collée sur site.

2.3.3. Enveloppe extérieure

Les éléments d'enveloppe du module ne participent pas à la stabilité de la structure.

2.3.3.1. Parois verticales (voir Figure 10 à 18)

Les panneaux sandwich de paroi verticale sont mis en œuvre avec leurs rives longitudinales disposées verticalement.

Les panneaux sont maintenus par 2 vis auto-perceuses Ø6, 3 mm avec tête Ø12 mm par largeur de panneau ou au pas de 600 mm maxi, traversant une cornière en acier galvanisée 40x28 mm épaisseur 3 mm filante et les panneaux pour se visser dans l'ossature de plafond. Le profil de plafond est soudé à l'arbalétrier de chaque côté du profil en quinconce au pas de 500 mm sur une longueur de 30 mm et pour une épaisseur de 3 mm.

Un complément d'isolation en laine de roche est réalisé aux angles intérieurs entre panneaux (figure 15).

Les profils en U 40 x X x 30 mm avec X = 61,25 ou 81,25 ou 101,25 mm en fonction de l'épaisseur des panneaux, épaisseur 2 mm recevant les panneaux au niveau du plancher permettent un drainage sous les panneaux et sont percés d'orifices de drainage de section 6x20 mm au pas maxi de 500mm.

2.3.3.2. Intégration de fenêtres

Voir Figure 21 à titre informatif. Il est impératif de se reporter au DTA de la fenêtre en cours de validité afin de connaitre les dispositions de mise en œuvre à appliquer.

Pour l'intégration des fenêtres, les panneaux sont découpés en atelier pour constituer une réservation adaptée à la taille de la fenêtre.

Principe général de pose : la fenêtre est emboîtée dans la réservation panneau par l'extérieur ; le maintien est réalisé par un système de contre cadre crantés (type crocodile) posé par l'intérieur.

Selon mode opératoire 4042985/D.

Une étanchéité périphérique est réalisée entre le panneau et la fenêtre par cordon de mastic SIKAFLEX 11FC Pro classé SNJF F25E sur un fond de joint mousse PE.

Le système de fenêtre, quel que soit le matériau utilisé, doit bénéficier d'un DTA en cours de validité incluant à son Domaine d'emploi la mise en œuvre sur construction modulaire avec un type de panneau compatible avec le présent DTA. La mise en œuvre détaillée qui y est décrite est respectée.

2.3.3.3. Traitement de l'étanchéité

A l'eau (voir Figure 19)

En partie haute parois verticales : Par réalisation d'un joint au mastic classé SNJF F25E entre la cornière de fixation du panneau et la structure du châssis.

En partie basse : Par la réalisation d'un joint au mastic classé SNJF F25E entre le profil U recevant le panneau et le panneau et plancher.

En partie latérale : Par emboitement du panneau dans un profil métallique en U et réalisation d'un joint au mastic classé SNJF F25E entre le U vertical et la structure du châssis. Face intérieure et extérieure.

En jonction verticale de panneaux : Traitement des jonctions par la réalisation d'un joint au mastic classé SNJF F25E uniquement au-dessus des fenêtres.

A l'air

Le traitement de l'étanchéité à l'air des parois verticales est mis en œuvre systématiquement, et adaptée selon le niveau de performances requises.

En partie haute parois verticales : Par interposition d'un joint mousse à cellule fermée entre le panneau et le support plafond (voir Figure 12 et Figure 17).

En jonction de panneaux par une bande adhésive d'étanchéité a l'air sur la jonction :

- Soit à l'intérieur bâtiment si présence d'un doublage intérieur (voir Figure 20) ;
- Soit à l'extérieur bâtiment si présence d'un bardage ou par un joint extérieur au mastic classé SNJF F25E.

En partie basse parois verticale : Par un joint au mastic SIKAFLEX 11FC Pro classé SNJF F25E réalisé sur la jonction en bas de panneaux et plancher.

2.3.3.4. Doublage des parois extérieures par un complément d'isolation intérieure (ITI) (voir Figure 22 à Figure 28)

La mise en œuvre du doublage n'est pas systématique. Une étude thermique est réalisée au cas par cas.

Pour le complexe paroi double épaisseur :

- Soit intégration d'une cloison de doublage en panneaux sandwich, la nature et l'épaisseur du complexe est définie par la note de calcul thermique ;
- Soit intégration d'une couche de laine minérale et d'une cloison de doublage avec parement intérieur en plaques de plâtre selon le NF DTU 25.41, l'épaisseur du complexe est déterminée par la note de calcul thermique mais ne pourra excéder 55mm. De plus, ce type de doublage n'est pas compatible avec les panneaux à âme en Laine de Roche d'épaisseur 80mm.
- Pour le complexe paroi triple épaisseur : Intégration d'une couche de laine minérale d'épaisseur 80 mm derrière les panneaux et d'une cloison de doublage en panneaux sandwich. La nature et l'épaisseur du complexe est selon note de calcul thermique.

2.3.3.5. Bardage extérieur ITE (voir Figures 55 à 57)

La mise en place du bardage n'est pas systématique en dehors des ouvrages destinés à l'habitation. Une étude est réalisée au cas par cas suivant la région de vent, la hauteur du module, l'espacement, la hauteur d'acrotère, etc...Le dimensionnement de l'ossature acier ou bois est réalisé selon les Eurocodes. Cependant, un bardage devra obligatoirement être réalisé pour les hauteurs d'ossatures de modules supérieures strictement à 3,28 m et jusqu'à 3,50 m.

L'isolant de bardage d'épaisseur 100 à 160mm est fixé à l'ossature par des attaches de type équerre à dents telles que définies dans le DTU 45.4 P1-2 §3.4.2. La densité de fixation est de 2 attaches par panneau d'isolant, situées en quinconce sur chaque montant (voir figure 55 bis)

2.3.3.6. Toiture étanchée

2.3.3.6.1. Toiture étanchée PVC (voir Figure 29 à Figure 43)

2.3.3.6.1.1. Préparation et mise en œuvre du support d'étanchéité

Les panneaux sandwich sont emboités entre eux et posés sur les pannes sans les fixer. Ces panneaux sont disposés parallèlement aux pannes et également fixés par vis sur celles-ci (voir § 2.5.5).

Les tôles plastées, les naissances d'évacuation d'eau pluviale ou les hauts de pente, sont préparées sur un poste fixe avec les platines en RHENOFOL C.

Toutes les tôles plastées au niveau des acrotères sont collées au mastic colle SIKAFLEX 11 FC PRO sur la structure puis rivetées sur la face supérieure des panneaux. Un premier nettoyage de l'ensemble des panneaux à l'aspirateur est réalisé.

2.3.3.6.1.2. Mise en œuvre de la membrane RHENOFOL CV

Le procédé Rhenofol fixé mécaniquement est visé par le DTA n°5.2/20-2667 en cours de validité.

La membrane est posée longitudinalement par rapport au module.

La largeur et donc le nombre de lés de membranes ainsi que la densité de fixation dépend de l'exposition au vent (voir figure 32). La Société COUGNAUD réalise le dimensionnement sur la base de la valeur d'arrachement au vent donné au § 1.1.2.

On soude au solvant une des 2 extrémités d'un lé de membrane en pignon de module puis on déroule cette bande sur toute la longueur de la toiture. On soude la 2ème extrémité sur la tôle plastée en pignon et on fixe cette membrane par l'intermédiaire de feuillards vissées au travers du panneau sandwich et sur les pannes de toiture le cas échéant (voir figure 35).

On déroule ensuite la deuxième et éventuellement la troisième largeur en recouvrant la partie fixation mécanique de la membrane précédente. On réitère les opérations de soudures et de fixation mécanique pour chacune des laizes de membranes en soudant les rives de chaque laize sur la précédente laize.

2.3.3.6.1.3. Evacuation d'eaux pluviales

Elles sont toujours au nombre de deux au minimum par modules dans chaque angle de toiture situé en bas de pente (figures 36 et 37). Les raccordements aux tuyaux de descente et aux canalisations s'effectuent au moyen d'une platine en RHENOFOL C.

L'évacuation des EP est réalisée :

- Soit dans les poteaux de structure, uniquement pour des durées de vie escomptées jusqu'à 30 ans (figure 39) ;
- Soit avec une boite à eau ou un réseau de gouttières, par module en bas de pente et des descentes EP en applique (figures 40 et 41) ;
- Soit par des descentes intégrées dans l'épaisseur du bardage extérieur.

2.3.3.6.1.4. Traitement de l'étanchéité à l'air en toiture

Le complexe de la toiture avec membrane PVC assure l'étanchéité l'air, y compris en jonction de module, avec la coque (cf. § 2.2.2.4.1) posée sur site (cf. § 2.7) ainsi que le complément de membrane.

Suivant le niveau de performances requis, les traversées de toitures peuvent être traitées avec un manchon d'étanchéité souple intercalé entre la membrane et le panneau sandwich.

2.3.3.6.2. Toiture étanchée EPDM (voir Figure 44 à Figure 62)

2.3.3.6.2.1. Pose du système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau

Le système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau est mis en œuvre en partie inférieure du complexe de toiture avec les accessoires d'étanchéité conformément au Document Technique d'Application (cf. § 2.2.2.4.2). Il est appliqué en sous-face de la tôle de plafond de chaque module et collé par adhésif testé compatible (cf. annexe D du NF DTU 31.2) sur toute la périphérie de chaque plafond. Il est ensuite caché par la pose systématique d'un faux plafond. Les largeurs de modules permettent d'éviter le recouvrement de pare-vapeur.

En complément de la fixation périphérique, le système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau est fixé par l'intermédiaire des supports de plafond. Avec un entraxe de 600 mm maximum dans une direction, et 1200 mm maximum dans l'autre direction.

Les traversées du système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau et éventuelles réparations sont traitées conformément au Document Technique d'Application ou avec les produits issus de la gamme du fabricant de pare-vapeur si le pare-vapeur a un $s_d \geq 18$ mètres. Selon le système choisi, des manchettes seront donc utilisées pour les traversées (voir tableau 7). Dans le cas où les manchettes n'existent pas pour le système d'étanchéité à l'air retenu, des découpes et collages à l'adhésif compatible seront réalisés.

2.3.3.6.2.2. Pose des panneaux à base de bois supports d'étanchéité

Les panneaux à base de bois, de type OSB-4 ou panneaux de particules de type CTB-H P5, sont fixés aux pannes métalliques par des vis auto-perceuse-taraudeuses de diamètre ≥ 6 mm, par pas de 60 cm maximum.

Le principe de fixation est représenté suivant la Figure 59.

Les panneaux à base de bois sont mis en place avec un jeu entre plaques, permettant la dilatation des panneaux de 1 mm par mètre linéaire, tel que décrit dans le DTU NF 43.4 § 6.2.2. Ils sont posés tels que les grandes rives sont parallèles aux pannes de toitures. Ainsi les longueurs de plaques correspondent aux largeurs des modules.

Ces panneaux peuvent aussi être fixés sur la partie horizontale du relevé périphérique des toitures (voir Figure 54).

2.3.3.6.2.3. Pose des isolants PIR de 30 mm en périphériques supports d'étanchéité

L'isolant périphérique est collé sur les tubes arbalétriers en acier, par une colle polyuréthane visée par l'Avis Technique de l'isolant PIR support d'étanchéité pour revêtement d'étanchéité apparent.

La membrane EPDM recouvre cet isolant et est collée en retombée sur l'extérieur des profils périphériques de la toiture comme représenté sur la Figure 49 et la Figure 51.

En jonction de modules, la mise en place des modules accolés, et les liaisons mécaniques réalisées compressent les retombées de membranes comme illustré sur les Figure 46 à Figure 48.

En périphérie de bâtiment, en plus du collage, l'isolant PIR ou les panneaux bois sont fixés mécaniquement à la structure par l'intermédiaire de l'habillage périphérique (larmier, éclisses, ou pattes de bandeaux) comme illustré sur la Figure 54.

2.3.3.6.2.4. Mise en œuvre de la membrane d'étanchéité

Le procédé « Elevate™ Rubbergard™ EPDM en adhérence totale » est visé par l'Avis Technique n°5.2/18-2619 en cours de validité.

La membrane étant fabriquée à largeur des modules, elle n'est pas pliée lors de son utilisation.

- Les étapes de mise en place sont les suivantes :
    - Dérouler la membrane sur le toit, la couper à dimension, puis replier sur la moitié de la largeur la membrane sur elle-même de manière à exposer le support bois. La membrane Elevate RubberGard EPDM LSFR, est posée en adhérence totale ;

- Mélanger la colle avant et en cours d'application afin de maintenir un mélange homogène, sans dépôt. La colle Water based (WBBA) doit être appliquée au rouleau, en une couche régulière, sur le panneau à base de bois en partie courante ;
- Éviter les bulles et l'excès de colle par endroits ;
- Laisser évaporer les solvants jusqu'à ce que la colle soit sèche. Le temps de séchage varie selon les conditions climatiques, mais du fait que la pose soit faite en atelier, les conditions climatiques sont peu influentes ;
- Coller la membrane, en commençant au pli. Dérouler lentement la partie à coller sur le support encollé ;
- Presser la moitié encollée sur le support avec une brosse raide afin d'assurer un contact uniforme ;
- Répéter l'opération pour coller l'autre moitié de la membrane.

- Relevés périphériques des toitures EPDM :
  - Les surfaces de toitures étant inférieures à 50 m², il n'est pas prévu de fixations complémentaires en pied d'acrotère ;
  - Les relevés sont habillés par la membrane EPDM de la partie courante, qui remonte sur la partie verticale sans aucune interruption. La membrane est encollée sur le relief en utilisant la colle Bonding Adhésive (BA2012) en collage par contact ;
  - Pour coller la périphérie des toitures, la membrane EPDM LSFR est repliée en laissant une bande d'au moins 10 cm avant le relevé périphérique. La colle BA2012 est pulvérisée sur l'isolant PIR et sur la membrane EPDM. Puis on laisse évaporer les solvants jusqu'à ce que la colle soit sèche.
- Le contrôle du séchage de la colle s'effectue en deux temps :
  - Toucher la surface avec le doigt (sec et propre) et vérifier si la colle ne file pas. Cela signifie que la surface est sèche ;
  - Pousser ensuite le doigt vers l'avant pour vérifier le séchage sur toute l'épaisseur ;
  - Ensuite la membrane est collée, en commençant au pli, puis elle est déroulée lentement avant d'être marouflée ;
  - La membrane est également collée par colle de contact BA2012 autour des évacuations d'eaux pluviales.

2.3.3.6.2.5. Jonctions des lés

Les membranes Elevate EPDM LSFR, sont mises en œuvre de manière à éviter autant que possible les contre-joints par rapport au sens de l'écoulement des eaux pluviales.

Si une jonction est nécessaire, la préconisation est faite d'éviter autant que possible les contre-joints par rapport au sens de l'écoulement des eaux pluviales.

Etant donné que les membranes sont à la largeur des modules, il n'y pas de joints transversaux à traiter.

Pour le traitement des joints : La largeur du recouvrement est de 150 mm au minimum. Les jonctions sont effectuées au moyen de la bande autoadhésive en butyle QuickSeam Splice Tape de 76 mm de large.

Les deux faces du recouvrement sont enduites du primaire d'adhérence QuickPrime LVOC ou Plus à raison de 60 m par bidon, ce qui correspond à 60 m de joint de largeur 150mm ; bidon de 1 US Gallon (3,8 litres).

La bande autoadhésive double face QuickSeam Splice Tape est appliquée sur le bord de la membrane inférieure avant de laisser retomber librement le lé supérieur.

Le papier de protection du QuickSeam Splice Tape est alors enlevé, et la jonction est fermée et marouflée au moyen d'un rouleau en caoutchouc siliconé.

On vérifie que le QuickSeam Splice Tape reste apparent sur 5 à 15 mm.

2.3.3.6.2.6. Evacuation d'eaux pluviales

En pignon, en partie basse des pentes de chaque module, un chéneau métallique est mis en œuvre permettant d'accueillir le tubage de cheminement des eaux pluviales. Ces chéneaux sont par la suite isolés par de l'isolant laine minérale après mise en place des naissances d'eaux pluviales.

L'évacuation des eaux pluviales est réalisée par l'intermédiaire de platines EEP de diamètre extérieur 63 mm, ou rectangulaire avec une section d'écoulement supérieure ou égale.

Ces platines sont fixées sur la membrane courante. Elles sont positionnées à plus de 50 mm des angles des bas de pentes, et reliées à un ensemble tubulaire pour permettre l'évacuation à l'intérieur des poteaux modules. Dans le cas d'évacuations extérieures, des boîtes à eaux sont fixées en façades des modules, et le tubage est réalisé selon le même principe de manière à rejoindre les boîtes à eau (voir Figure 64).

Les platines sont recouvertes d'une pièce de Quickseam Formflash en atelier au poste toit, après application du primaire LVOC.

Chaque bas de pente contient 2 platines EEP, et chaque module évacue de manière indépendante les eaux pluviales

En option, l'évacuation des EP est proposée :

- Soit avec une boite à eau par module en bas de pente, ainsi qu'un trop plein de sécurité ;
- Soit dans un réseau de gouttières PVC qui peut être masquée par un bandeau profilé type Sigma ;
- Soit par des descentes intégrées dans l'épaisseur du bardage extérieur.

2.3.3.6.2.7. Finitions de rives (voir Figure 54 à Figure 57)

Plusieurs solutions de rives sont possibles en fonction des bâtiments, de leurs usages et des demandes client, elles sont représentées sur la Figure 54 :

- Larmier en rive, sans remontée supplémentaire d'acrotère : La finition est réalisée en atelier, l'étanchéité est effectuée au moyen de la bande autoadhésive Quick-Seam Splice Tape, entre la membrane EPDM et le Larmier, après fixation de ce dernier à la toiture par vis auto-perceuse. La membrane EPDM et le profil métallique sont enduits du primaire d'adhérence LVOC sur les zones de collage. La bande autoadhésive double face QuickSeam Splice Tape est appliquée de la même manière que décrite au § 23.3.6.2.5 ;
- Finitions avec bandeaux : La membrane courante est collée en retombée sur la périphérie à l'extérieur des toitures. Le bandeau est clipsé sur des pattes de fixations qui sont vissées à travers l'ossature périphérique par vis auto-perceuses. Les pattes de fixations sont espacées de 1500 mm maximum. Les bandeaux protègent ainsi la retombée périphérique de membrane EPDM des actions climatiques ;
- Bâtiments bardés sans remontée supplémentaire d'acrotère : Le traitement de l'étanchéité entre la couvertine et la membrane courante est soit réalisée par l'intermédiaire d'une bande Quickseam, soit par la mise en œuvre d'une latte d'ancrage (sorte de feuillard épais) et d'un mastic EPDM ;
- Bâtiments bardés avec remontée d'acrotère : Une costière métallique forme le relevé. Elle est ensuite étanchée soit par une bande Quickseam, soit par la membrane courante collée sur la costière et protégée en tête par un profil d'habillage (costières métalliques des figures 58et 59, fixées mécaniquement).

2.3.3.6.2.8. Traversées de toitures

Le traitement des traversées de toitures est représenté en annexe du dossier technique suivant la Figure 62 ou la Figure 63.

Pour la mise en place de la traversée, une ouverture est réalisée sur la membrane courante, le panneau à base de bois sous-jacent aura déjà été préalablement découpé en atelier. Le fourreau de traversée est fixé à la structure à travers la membrane courante.

Le point haut du solin doit être situé à 150 mm minimum de la partie courante.

Au niveau de l'étanchéité, 2 principes peuvent être appliqués :

- L'étanchéité de la traversée peut être préfabriquée sur un poste en amont, qui étanche la traversée avec un recouvrement de 50mm à l'aide de bandes de Quickseam Formflash (voir Figure 62) ;
- Les traversées peuvent aussi être étanchées par la mise en place de manchons EPDM préfabriqués tels que représentés sur la Figure 63, avec l'application de primaire LVOC ou Quickprime avant mise en place.

Conformément au NF DTU 43.4 (§ 6.2.2.3), des chevêtres en structure acier sont réalisés pour les pénétrations dont les dimensions dépassent 25 cm.

Deux traversées doivent être espacées d'au moins 20 cm, pour permettre l'étanchéité suivant les préconisations de Elevate.

2.3.4. Plancher (Voir Figure 67 à Figure 73)

Les planchers sont constitués de panneaux fixés sur les solives :

- CTB-H : 25 mm vissé aux solives ;
- Bois ciment : 22 mm vissé aux solives ;
- Dalle béton épaisseur 60 mm soudée sur le châssis.

L'isolation est réalisée par 2 couches d'isolants respectivement de 100 mm entre solives et 60 mm sous les solives :

- Soit en polystyrène ou plaque de mousse de Polyuréthane avec feuillards acier de maintien en sous-face ;
- Soit en laine minérale avec tôle de maintien de 0,7 mm galvanisée selon la norme NF P 34-310 (Z275 minimum).

Le module du rez-de-chaussée est posé sur vide sanitaire de 100 à 300 mm suivant les zones techniques. La surface totale de ventilation du vide-sanitaire est de 1/500ème de la surface totale du rez-de-chaussée.

Traitement étanchéité à l'air des planchers :

En périphérie de plancher : Par joint polyuréthane entre plancher et bas de parois verticales sur la périphérie du bâtiment.

En juxtaposition de module :

- Par masticage de la jonction plancher et recouvrement par le revêtement de sol si cette jonction est accessible ;
- Par interposition d'un joint mousse à cellule fermée entre les modules avant juxtaposition si la jonction est inaccessible.

Dans le cas de trappe en plancher, par la mise en œuvre d'un joint mousse alvéolaire en périphérie de la trappe.

Les fuites d'air dues aux passages des eaux usées et des alimentations en eau dans le plancher sont traitées par colmatage avec joint polyuréthane.

2.3.5. Thermique

2.3.5.1. Etude thermique globale du bâtiment

Une étude thermique du bâtiment est systématiquement réalisée à l'aide d'un logiciel utilisant le moteur de calcul RT en vigueur.

2.3.5.2. Prise en compte des ponts thermiques

Les ponts thermiques ont été évalués sur la base de dispositions types. Ces valeurs sont ensuite reprises dans les études thermiques globales du bâtiment. Il est vérifié que le ratio moyen des ponts thermiques ne dépasse pas le seuil réglementaire.

2.3.5.3. Etanchéité à l'air

L'ensemble des dispositions décrites dans le présent document permet d'atteindre le niveau de performances (Q4 Pa-surf) requis de 0,6 à 1 $m^3/(h.m^2)$ pour les bâtiments d'habitations et 1,7 $m^3/(h.m^2)$ pour les autres types de bâtiments.

2.4. Durabilité

3 niveaux de durabilité sont possibles selon le niveau d'équipement du bâtiment. Ce niveau de protection peut être renforcé et doit être adapté aux conditions de site et au type de bâtiment.

Les modules Modulaire Architecturé sans bardage avec la protection des profils de structure par défaut (voir tableau 2 en annexe) peuvent être utilisés pour les bâtiments de catégories de durée d'utilisation de projet 1, 2 et 3 conformément à la norme NF EN 1990, sans pour autant dépasser une durée indicative d'utilisation de projet de 20 ans.

Outre un niveau de protection adapté des profilés (voir tableau 2), les bâtiments de catégories de durée d'utilisation de projet 2 et 3 conformément à la norme NF EN 1990 nécessitent notamment la mise en œuvre des éléments suivants :

- Un bardage type XIV ou type XIII avec pare pluie ;
- Une ventilation du vide sanitaire correspondant au minimum à 1/500ème de la surface.

De même, en plus de la protection adaptée des profilés (voir tableau 2), les bâtiments de catégories de durée d'utilisation de projet 4 conformément à la norme NF EN 1990 nécessitent notamment la mise en œuvre des éléments suivants :

- Un écoulement des eaux pluviales réalisé par des descentes spécifiques, en dehors du plan d'étanchéité ;
- Un bardage type XIV ou type XIII avec pare pluie ;
- Une ventilation du vide sanitaire correspondant au minimum à 1/500ème de la surface.

La durabilité des éléments constituant la paroi, notamment des panneaux sandwich s'ils sont exposés (en cas d'absence de bardage par exemple), doit respecter les dispositions détaillées dans les référentiels dont ils relèvent (DTA, Recommandations professionnelles RAGE ou NF EN 14509 pour les panneaux sandwich en PU).

2.5. Dimensionnement

Dimensionnement des ossatures réalisé au cas par cas par la Société COUGNAUD SAS par application des Eurocodes et leurs annexes nationales françaises.

2.5.1. Fondations

La Société COUGNAUD SAS fournit des plans guides précisant les descentes de charges pour un dimensionnement au cas par cas.

Les fondations sont réalisées par une entreprise de maçonnerie suivant les plans d'exécution d'un bureau d'étude béton.

Les fondations doivent présenter une tolérance de planéité conforme au DTU dont elles relèvent sur l'ensemble du bâtiment avec une vérification supplémentaire de 5 mm sous la règle de 2 m. Les éléments de liaison aux fondations sont dimensionnés au cas par cas.

2.5.2. Ossature principale (voir Figure 1 à Figure 6)

L'ossature des modules est composée des éléments suivants : Arbalétrier, longeron plancher, pignon plancher, pignon toit, poteau ossature sont encastrés par soudure formant un module auto stable (cadre sur les 6 faces du parallélépipède rectangle).

Les poteaux renforts sont articulés ou encastrés par soudure sur l'arbalétrier et longeron du plancher.

Les panneaux de mur ne participent pas au contreventement du module.

L'assemblage par soudure est réalisé à l'atelier avec reconstitution de la matière minimum des profilés.

La valeur du coefficient de comportement est prise égale à q = 1,5 selon les règles l'Eurocode 8 en restant dans le domaine élastique pour les sections (mode non dissipatif).

2.5.3. Ossature secondaire

Les solives sont articulées ou encastrées par soudure sur l'ossature principale.

Les pannes sont articulées par soudure sur l'ossature principale

L'assemblage est réalisé en l'atelier.

2.5.4. Cas spécifique de la toiture EPDM Elevate

La résistance de la membrane EPDM LSFR en adhérence totale est caractérisée suivant l'Avis Technique n°5.2/18-2620_V2 «Elevate™RubberCover™ EPDM en adhérence totale ».

Les panneaux à base de bois supports d'étanchéité ne participent pas au contreventement de la structure (effet diaphragme), ils ont pour fonction de supporter la membrane EPDM, et de reprendre les charges en toiture.

Les panneaux sont d'épaisseur 18 mm à bord droit. Ils sont utilisés en pose sur 3 appuis, avec les grandes rives parallèles aux pannes de toitures.

Ils sont dimensionnés également conformément au NF DTU 43.4 et au §4.3.4.2 des Recommandations professionnelles RAGE « Isolation thermique des sous-faces de toitures chaudes à élément porteur en bois relevant du NF DTU 43.4 ».

Le procédé est limité à une dépression maximale sous vent extrême au sens des règles NV65 modifiées de :

- 4 000 Pa pour un entraxe de fixation du platelage de 370 mm ;
- 2 450 Pa pour un entraxe de fixation du platelage de 600 mm.

La pente calculée en tout point de l'élément porteur en partie courante, est au moins égale à 1% en tenant compte de toutes les charges (y compris long terme). Une note de calcul est effectuée pour chaque configuration.

2.5.5. Cas spécifique de la toiture PVC

La résistance de la membrane RHENOFOL CV par fixation mécanique et des panneaux sandwich supports a été caractérisée par essai (essai CSTB TO04-023).

Les panneaux sandwich ne participent pas au contreventement de la structure (effet diaphragme), ils ont pour fonction de supporter la membrane PVC et de reprendre les charges en toitures.

Les panneaux sont d'épaisseur 50mm, à emboitement mâle-femelle, et posés sur 3 appuis que sont les pannes en tube d'acier. Les grandes rives de panneaux sont parallèles aux pannes. La fixation des panneaux sur la largeur du module est la même que celle de la membrane, selon la largeur de la membrane 1 030 mm ou 1 500 mm.

Le procédé est limité à une dépression maximale sous vent extrême au sens des règles NV65 modifiées de :

- 3 000 Pa pour des bandes de membrane de largeur maxi de 1 030 mm ;
- 2 000 Pa pour des bandes de membranes de largeur maxi de 1 500 mm.

2.5.6. Stabilité pendant le grutage

Il est nécessaire d'utiliser des élingues de 6 à 8 m.

Flèche admissible des éléments horizontaux sous charges permanentes L/250.

2.5.7. Assemblage des modules entre eux

Les liaisons entre module du même niveau est réalisé par des boulons M12 x 40 classe 6.8 a minima à chaque poteau des modules. Le nombre de boulons nécessaire est calculé selon les efforts à transmettre issus de la note de calcul (voir Figure 74), avec un minimum de deux boulons par poteau.

La liaison entre niveaux de modules est assurée par vissage dans l'arbalétrier du module inférieur d'une platine sur laquelle est soudé le longeron du plancher supérieur. Le nombre minimal de platines est de deux par jonction. Chaque platine est fixée par huit vis autoperceuses (voir Figure 75).

Les soudures sont réalisées par cordons de 80 mm de longueur et font l'objet d'un contrôle visuel conformément à la fiche de contrôle présentée à la Figure 82 en annexe.

2.5.8. Liaison fondation-superstructure

Le type d'ancrage utilisé pour les modules Modulaire Architecturé dépend des efforts à reprendre qui sont directement issus des calculs de descentes de charges du bâtiment réalisés conformément aux Eurocodes 0, 1 et 8 et leurs annexes nationales. Deux exemples d'ancrage sont représentés en Figure 79 et Figure 80.

La répartition des platines est telle qu'en zone sismique pour les catégories d'importance des bâtiment nécessitant la prise en compte de dispositions parasismiques, les platines sont positionnées au droit des poteaux principaux des modules. Vis-à-vis des sollicitations de vent, elles sont disposées en périphérie du bâtiment (cf. figures 83).

Le calcul de ces efforts est systématiquement réalisé pour chaque bâtiment. Plusieurs types de liaison au génie civil sont utilisés.

Il peut être installé des platines soudées sur les longerons de modules et fixées dans des longrines en béton armé par 2 vis béton. Les vis béton utilisées bénéficient d'une ETE, sont marquées CE et sont dimensionnées dans les conditions prévues à l'annexe C du guide EOTA 001.

Dans le cas de zone sismique, les vis utilisées bénéficient d'une ETE visant l'utilisation en béton fissuré, sont marquées CE et sont dimensionnées dans les conditions prévues à l'Annexe C du Guide EOTA 001 + recommandation CISMA séisme.

Dans les cas où les efforts à reprendre sont plus importants dépassent, pour la solution en pignon (petit côté du module), Vx=2720 daN, Vy =3500 daN ; en long-pan (long côté du module), Vx=2850daN, Vy=5700daN ; la limite du système est étudiée au cas par cas à l'aide du configurateur de liaisons, des platines avec crosses d'ancrage et/ou bêche sont utilisées. Les soudures sur ancrages de type bêche sont réalisées par cordons de 100 mm de longueur et font l'objet d'un contrôle visuel, conformément à la fiche de contrôle présentée à la Figure 82 en annexe. Suivant la valeur des efforts à reprendre, les crosses seront reprises par l'armature du génie civil afin de transmettre directement une partie de ces efforts (voir Figure 80). Le dimensionnement de ces éléments est réalisé conformément à la norme NF EN 1993-1-8 qui fait elle-même référence aux normes NF EN 1993-1-1 et NF EN 1992-1-1 et l'ensemble des annexes nationales associées. Ces platines sont également soudées aux longerons de modules.

Dans tous les cas de platines, le dimensionnement du cordon de soudure sur le longeron est vérifié conformément à la NF EN 1993-1-8 et son annexe nationale.

Le dimensionnement des massifs béton est lui réalisé conformément à la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale à partir des efforts à reprendre issus du calcul de descentes de charges du bâtiment.

La fixation des modules au soubassement béton sera effectuée :

- Soit par des tiges d'ancrage et/ou bêches, le dimensionnement étant réalisé selon les dispositions de la NF EN 1993-1-8 pour les boulons d'ancrage tendus ;
- Soit par des chevilles bénéficiant d'une ETE visant une utilisation en béton fissuré et sous sollicitation sismique (catégorie de performance C2), le dimensionnement tenant compte des dispositions spécifiques de l'ETE pour cet

usage. On considère en outre un diagramme d'interaction linéaire pour justifier les chevilles sous charges combinées de traction et de cisaillement.

Pour les organes de fixation dans les supports béton, la liaison du cône béton avec la structure doit être assurée avec un ferraillage suivant le schéma bielle-tirant conformément à la norme NF EN 1992-1-1.

2.5.9. Trémie escalier et ascenseur (voir Figure 75 à Figure 77)

Pour les escaliers une trémie est réalisée dans la structure des châssis plancher et toit des niveaux intermédiaires, par fla mise œuvre d'une traverse de section rectangulaire 180 mm x 80 mm d'épaisseur 3 mm minimum (selon note de calcul). Dimension de la trémie selon la dimension de l'escalier et la hauteur à gravir.

Les paliers intermédiaires sont repris par une traverse soudée aux poteaux du module.

Pour les ascenseurs un linsoir est réalisé dans la structure des châssis plancher et toit des niveaux intermédiaires, par la mise en œuvre de traverse de section rectangulaire 180 mm x 80 mm d'épaisseur 3 mm minimum, selon note de calcul. Quatre poteaux de renfort et de section rectangulaire ou carrée (selon note de calcul), sont positionnés aux quatre coins du linsoir.

2.5.10. Eléments secondaires en zone sismique

Les dispositions du guide « DIMENSIONNEMENT PARASISMIQUE DES ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX DU CADRE BÂTI » sont respectées (conditions de masse surfacique et de hauteur maximales non dépassées).

Tout déplacement différentiel entre 2 niveaux consécutifs est strictement limité aux recommandations de la norme NF EN 1998-1 §4.4.3.2 (limites qui dépendent de la nature des éléments non structuraux présents dans le bâtiment).

Les planchers n'ont pas de rôle de contreventement.

Les plafonds de type dalles acoustiques sont conçus selon les prescriptions du NF DTU 58.1.

L'ossature du bardage est dimensionnée selon la norme NF EN 1998-1 dans sa partie dédiée aux éléments non structuraux (§ 4.3.5).

L'ossature des bardages est fractionnée à chaque niveau.

La pose des panneaux du procédé « JI VULCASTEEL WALL FT » est exclue pour les bâtiments de catégorie d'importance IV avec la classe de sol E.

2.6. Dispositions de conception

2.6.1. Dispositions générales de conception

La Société COUGNAUD SAS apporte son assistance technique lors de la conception de bâtiment notamment vis à vis du dimensionnement des modules, de leur assemblage en partie courante et aux fondations, du contreventement de l'ouvrage définitif, du bardage rapporté.

Le titulaire doit fournir au bureau d'étude chargé de dimensionner les fondations l'ensemble des efforts à transmettre aux fondations (y compris les efforts de soulèvement et horizontaux). Le titulaire fournit et pose le système d'ancrage aux fondations.

La structure métallique est calculée par le bureau d'étude du titulaire suivant la norme NF EN 1993-1-1, en tenant compte des particularités des profilés minces (NF EN 1993-1-3).

Un système d'ancrage et de butée est nécessaire afin de reprendre les efforts horizontaux et verticaux de la structure. Le nombre de points d'ancrages aux fondations est dimensionné au cas par cas.

Le choix des composants entrant dans la constitution des modules doit être examiné au cas par cas par le maître d'ouvrage et la Société COUGNAUD SAS en fonction de la destination des locaux et de l'ensemble des exigences applicables.

La durabilité de la structure vis-à-vis des risques de corrosion doit être justifiée au cas par cas lorsque l'ouvrage est situé à moins de 1,5 km de la mer ou dès que l'atmosphère peut être classée comme sévère. Pour les bâtiments d'habitation, il est nécessaire de concevoir la protection de la structure métallique dans tous les cas afin de ne pas nécessiter d'inspection au cours des 50 ans de durée de vie escomptée.

Compte tenu de leur exposition, les fenêtres doivent être conçues en tenant compte des performances prévues par la norme NF DTU 36.5 P3 et dans les situations pour lesquelles la méthode A de l'essai d'étanchéité à l'eau est requise.

Les fenêtres incorporées dans ce système doivent bénéficier d'un DTA prévoyant dans leur domaine d'emploi la pose dans des panneaux sandwich compatible avec le présent DTA.

La fixation directe de bardage ou d'ITE sur les panneaux sandwich métalliques est interdite.

Les revêtements intérieurs sont interrompus au droit de la jonction entre modules.

Les EP étant de diamètre 63 mm, une attention particulière doit être portée par le maître d'ouvrage lors des opérations d'entretien.

2.6.2. Dispositions de conception applicables aux zones sismiques

- Compte tenu des bardages et des cloisons utilisés, les déformations horizontales différentielles entre deux niveaux consécutifs de hauteur h doivent être limitées à h/100. Seule la sécurité est visée dans ce cas de figure, dans le cas où les constructions ne comportent pas de bardage extérieur ou respectent les prescriptions du Dossier Technique §2.2.2.7(bardage) ;
- La superstructure doit être reliée aux fondations par un système d'ancrage ;

- Le coefficient de comportement doit être pris égal à 1,5 pour les catégories d'importance II et III et égal à 1 pour les bâtiments de catégorie d'importance IV ;
- Les bâtiments doivent être réguliers en plan et en élévation lorsqu'ils entrent dans la catégorie d'importance IV.

2.7. Dispositions de mise en œuvre sur site

2.7.1. Mise en œuvre des modules

Le montage des modules sur site est réalisé par les propres équipes COUGNAUD. Il comprend les étapes suivantes :

- Mise en place des modules au moyen d'une grue adaptée aux caractéristiques et conditions de levage (la construction s'effectue par juxtaposition et superposition des modules) ;
- Toutes les opérations de liaisonnement de modules, d'étanchéité ou de mise en place d'équipement en toiture se font après mise en sécurité par un équipement de protection collective temporaire ou définitif. La mise en place de l'équipement de protection collective se fait à partir d'une nacelle élévatrice ou, pour les zones difficiles d'accès, avec des Equipements de Protection Individuelle ;
- Assemblage des modules entre eux ;
- Liaisons au Génie Civil ;
- Les opérations de soudage sur site sont décrites dans le cahier de soudage présent dans le dossier technique ;
- Etanchéité entre modules à toiture PVC : soudure d'une membrane en jonction de module, pose de la coque sur cette membrane de jonction et soudure d'une autre membrane RHENOFOL CV au-dessus de la coque en laine de roche en jonction des toitures en longs pans sur modules (cf. figure 34). Mise en place d'une membrane RHENOFOL C, sur la tôle plastée en jonction des toitures en pignon des modules, fixation par soudure. Installation des crapaudines. Nettoyage de la toiture terrasse de l'ensemble modulaire ;
- Etanchéité entre modules à toiture EPDM : L'étanchéité entre jonctions de modules est réalisée par l'intermédiaire d'une bande de pontage en Quicksteam Flashing 5', après la mise en œuvre d'un mastic EPDM entre modules, et la fixation mécanique des modules entre eux.
- Etanchéité des singularités des toitures EPDM (traversées de toitures, ...) : Elles sont réétanchées soit par mastic waterblock seal de compression, soit par la mise en place de primaire quickprime et de bandes de quickseam formflash ou quickseam SA flashing
- Raccordement de réseaux et mise en place des finitions.
- Pose du bardage rapporté le cas échéant
- A toutes les étapes du montage sur site, un autocontrôle est réalisé par l'exécutant et vérifié par le chef monteur selon la fiche de contrôles COUGNAUD. Pour exemple, une synthèse de l'ensemble des contrôles relatifs à l'étanchéité des toitures EPDM est présentée dans le tableau 11 en annexe.

La mise en œuvre est réalisée exclusivement par le titulaire sauf pour le bardage mis en œuvre en respectant le cahier des charges de la société COUGNAUD et sous son contrôle.

Une attention particulière est nécessaire pour la superposition ou la juxtaposition des modules afin d'éviter toute dégradation de l'enveloppe et des revêtements extérieurs (reprise des soudures, continuité des étanchéités, ...).

Les opérations réalisées sur chantier sont réalisées avec la même constance de qualité qu'en usine moyennant la formalisation de l'autocontrôle.

Le titulaire doit fournir un dossier d'exécution complet comprenant :

- Les plans d'exécution avec les détails des assemblages entre modules et aux fondations ;
- La note de calcul justifiant de la stabilité d'ensemble de l'ouvrage et de ses ancrages aux fondations ;
- Un calepin de manutention et stabilité provisoire précisant le protocole de montage avec les modes de manutention et les points de levage (type, nombre, résistance) au cas par cas, ainsi que les dispositifs pour assurer la stabilité provisoire des ouvrages.

2.7.2. Contrôles de mise en œuvre

Les contrôles réalisés lors de la mise en œuvre des modules sur chantier portent principalement sur les liaisons entre modules et les soudures exécutées sur site.

Les liaisons font l'objet d'un contrôle visuel visant à vérifier le respect des plans d'exécution, le nombre et le serrage des fixations, la présence des bandes d'étanchéité entre longerons, le positionnement des cales ainsi que la mise en œuvre correcte des platines de liaison.

Les soudures réalisées sur chantier sont contrôlées visuellement afin de vérifier leur géométrie (gorge et longueur), leur aspect et l'absence de défauts tels que caniveaux, soufflures, grattons ou nids de soufflures. Après contrôle, les soudures reçoivent une protection anticorrosion adaptée conformément au présent Avis Technique.

L'ensemble de ces contrôles fait l'objet d'un enregistrement sur des fiches d'autocontrôle assurant la traçabilité des opérations de montage. Les fiches d'autocontrôle des soudures et des liaisons entre modules sont présentées respectivement en annexe de l'Avis Technique aux Figures 82 et 83.

2.8. Entretien et maintenance

Conformément à ce qui est indiqué au §1.2.2, la durabilité de l'ouvrage est subordonnée à un entretien.

Celui-ci doit être assuré par le Maître d'Ouvrage et respecter les prescriptions du présent paragraphe du Dossier Technique.

Les dispositions d'entretien et de réparation définies dans les différents DTU, Avis Techniques ou DTA s'appliquent selon chaque ouvrage.

Conformément à la NF EN 1993-1-1 §4, les structures des modules susceptibles de subir la corrosion sont conçues de manière à permettre l'inspection et la maintenance. Si certains éléments ne peuvent être inspectés, la protection de l'acier devra être choisie et exécutée pour correspondre à la durée d'utilisation du projet.

Concernant les toitures EPDM et PVC, il conviendra de respecter les recommandations prévues dans les DTU série 43 (ex : annexe A du NF DTU 43.4). En cas de présences abondantes de feuilles ou autre débris végétaux, adapter la périodicité de contrôle et d'entretien des entrées d'évacuations d'eaux pluviales.

Les opérations d'entretien et de maintenance des façades seront réalisées conformément au §2.5 des 'Avis techniques n°2.3/15-1675_V3 pour les panneaux JI VULCASTEEL WALL FT et n°2.3/14-1640_V2 pour les panneaux MONOPANEL, au §7 du guide RAGE « Bardage en panneaux sandwich à 2 parements en acier et à âme Polyuréthane » pour les autres panneaux. Pour les bardages, on se référera aux Avis Techniques des fabricants de bardage, aux prescriptions du fournisseur de la finition sur les revêtements extérieurs en bois conformément au DTU 41.2 et à l'annexe A du guide rage « Bardage en acier protégé et en acier inoxydable » pour les bardages acier.

Les recommandations prévues dans les DTA des fenêtres au chapitre « durabilité – Entretien » devront être respectées

Les fiches techniques d'entretien et/ou maintenance sont données par la Société COUGNAUD SAS dans le DOE (Dossiers ouvrages exécutés) et/ou un DIUO (Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage) est rédigé par le coordonnateur SPS. Un plan d'Entretien et de Maintenance est également fourni. Il définit les opérations de nettoyage, d'inspections et éventuellement de reprise à mener tout au long de la durée de vie du bâtiment ainsi que leur périodicité. Elles portent notamment sur la structure, la toiture, les fenêtres et les façades.

2.9. Traitement en fin de vie

Le procédé constructif modulaire architecturé permet, par sa conception, un démontage, un transport et un réemploi possible sur un autre site. Sa fin de vie se voit ainsi potentiellement repoussée au maximum. Quand le module devient hors d'usage, il peut être transporté en atelier pour être déconstruit et permettre un tri efficaces des différents matériaux non collés (métaux, plastique, isolants, bois, béton, ...) dans des filières dédiées.

2.10. Assistance technique

Les modules COUGNAUD de la gamme "Modulaire Architecturé" sont assemblés sur site par une équipe régulièrement formée à l'ensemble des techniques utilisées dans ces modules au fur et à mesure des évolutions des produits. Ils peuvent également bénéficier en plus d'une assistance technique au cas par cas par le Bureau d'Etudes COUGNAUD.

2.11. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.11.1. Etapes de conception et fabrication générales

La fabrication est effectuée à l'usine COUGNAUD SAS de la Roche-sur-Yon où est regroupé le personnel compétent pour l'ensemble des corps d'état. Les bâtiments construits avec les modules Modulaire Architecturé sont conçus à partir de solutions techniques dites « standardisées » crées et validées par deux services supports :

- Le pôle S du Bureau d'Etudes garant de la conformité de ces solutions par rapport à la réglementation ;
- Le service Qualité et Industrialisation garant de la mise en place de moyens (outils ou méthodes) de production adaptée pour assurer une qualité de fabrication constante ;
- Le service Qualité Sécurité Environnement (QSE) garant que la solution est mise en œuvre avec le niveau de qualité exigée par le client et avec un niveau de risque minimal pour les opérateurs.

L'adaptation de ces solutions est réalisée par d'autres pôles du Bureau d'Etudes en suivant les étapes suivantes :

- APS : dessin architecturé ;
- Commande : dessin technique détaillé suivant les options retenues par le client. Le bâtiment est modélisé en 3D ;
- Les plans et nomenclatures sont directement issus des modèles 3D. Plusieurs types de plans sont réalisés : génie civil avec les différents réseaux, planchers, toits, poteaux, plafonds, plomberie, VMC, climatisation, électricité ;
- Vérification des plans entre collaborateurs et ensuite par le responsable de chaque pôle projet ;

Ensuite arrivent les étapes de contrôle sur chantier :

- Vérifications par un conducteur de travaux ou d'opérations COUGNAUD de la maçonnerie et des réseaux sur le site :
- Contrôle de la planéité et dimensionnel en plan de la maçonnerie ;
- Contrôle des réseaux d'alimentation en attente pour les modules.

Puis les étapes de fabrication :

- Fabrication Atelier COUGNAUD;
- Réception et contrôle quantitatif et qualitatif des matières premières ;
- Chaque module est fabriqué en atelier COUGNAUD à la Roche sur Yon ;
- Les éléments de structure sont assemblés sur différents postes de fabrication en fonction des plans et fiches suiveuses propres à chaque module ;

- Les éléments sont ensuite assemblés entre eux pour constituer des modules tridimensionnels ;
- Les opérations de soudage en Atelier sont décrites dans le cahier de soudage présent dans le dossier technique ;
- En fonction des destinations, les revêtements intérieurs et les équipements sont également disposés en atelier par les équipes spécialisées de la Société COUGNAUD.

Les travaux de structure métallique doivent se conformer aux prescriptions de la norme NF EN 1090-2 complétées par les spécificités décrites dans le Dossier Technique.

Les travaux d'étanchéité relèvent exclusivement de l'entreprise COUGNAUD, et sont définis étape par étape dans un mode opératoire atelier, et un mode opératoire chantier.

2.11.2. Contrôles en usine

L'ensemble des points de contrôle permettant de garantir la qualité du produit et la maîtrise du procédé sont décrites dans le Manuel de Contrôle Production en Usine, dans le Plan d'Assurance Qualité et dans le tableau des contrôles Matières Premières / Semi-finis / Produits Finis.

Les contrôles de fabrication réalisés en usine couvrent l'ensemble des étapes de production des modules. Ils comprennent en particulier le contrôle des approvisionnements (vérification de la conformité des matières premières, fournitures et documents associés), le contrôle des soudures structurelles par autocontrôle visuel systématique des châssis et structures 3D, ainsi que le contrôle du traitement anticorrosion des structures métalliques. Des contrôles visuels et dimensionnels sont également réalisés aux postes plancher et toiture afin de vérifier le respect des plans, la planéité et les caractéristiques des composants mis en œuvre. Un suivi de l'humidité des panneaux OSB est réalisé de manière hebdomadaire. Enfin, chaque module fait l'objet d'un contrôle final « 0 défaut » portant notamment sur la toiture, les cloisons, les panneaux, les menuiseries, les plafonds, les revêtements de sol, les réseaux techniques (électricité, plomberie, VMC, climatisation), l'étanchéité à l'air et les façades. L'ensemble de ces contrôles est formalisé au moyen de fiches d'autocontrôle assurant la traçabilité de la fabrication.

(Voir synthèse des contrôles pour la toiture EPDM dans le tableau 11).

Habilitation du personnel pour l'étanchéité des toitures EPDM :

Afin de délivrer une habilitation interne, la Société COUGNAUD réalise, avec une société extérieure habilitée par Elevate, une formation constituée d'une partie théorique et une partie pratique sur maquette de formation concernant l'étanchéité avec membrane EPDM.

Cette formation permet de délivrer une attestation de stage technique nominative pour la mise en œuvre de l'EPDM.

Les mêmes dispositions doivent être retenues lors de l'assemblage sur site des modules préfabriqués, conformément au paragraphe §2.7.2 ci-dessus. Elle s'accompagne d'un contrôle de production, de nature à assurer une constance de qualité suffisante, notamment de la valeur « sd » des panneaux à base de bois utilisés.

Les panneaux CTB-H P5 et OSB-4 définis au tableau 4 du Dossier Technique doivent disposer d'une certification de leur valeur « s_d » ou faire l'objet de deux campagnes de contrôles par an, a minima, dans un laboratoire externe, de cette même valeur « sd ». Les résultats de ces contrôles doivent être transmis une fois par an au CSTB.

En complément, un suivi de fabrication est réalisé par un organisme tiers compétent afin de vérifier la bonne application du Plan d'Assurance Qualité (PAQ) de fabrication, au travers de deux audits annuels.

2.12. Transport et grutage

Des points d'ancrage sont disposés sur les structures des modules. Leur nombre varie selon le poids et la longueur du module.

Les règles d'élingage définissant les types, longueurs et capacités des élingues à utiliser suivant le module à manutentionner sont reprises dans le document « règles d'élingage ».

Le comportement des structures lors de la phase de levage est vérifié par calcul.

Les modules sont attachés sur le plateau du camion par sanglage.

Les modules sont protégés des intempéries par le toit du module et un filmage plastique des parties verticales.

2.13. Mention des justificatifs

2.13.1. Résultats expérimentaux

Type de document	Origine et Référence du document	Résultats obtenus
Essais de résistance au vent de la toiture PVC	CSTB : rapport n°TO04-023	Charge de test ultime = 5,5 kPa Charge admissible = 3.31 kPa
Notes de calcul de la structure	COUGNAUD : NDC globale pour Avis Technique indice C	Conformité aux Eurocodes sur un exemple de bâtiment R+3 zone sismique et zone de vent 3 cat terrain II
Notes de calcul thermique	COUGNAUD : P.2302904 CHU MONTPELLIER - Note de calcul RE2020 P.2304828 -SEMITAN Note de calcul RE2020	Résultats des études thermiques avec le logiciel Perrenoud sur 2 exemples (1 ERT et 1 ERP) conformes à la RE2020
Rapports de mesures exemples – Bâtiments d'habitations.	ITAC : 4203 CROUS Villetaneuse - Mesures acoustiques de réception SOCOTEC : P.1306301 RESIDENCE PELTIER n° rapport : 11460/15/5721 ALHYANGE : P.1400350-423 T3-T4 ref rapport : AL 14 / 18121	Mesures acoustiques in situ de bâtiments d'habitations avec résultats conformes à la réglementation en vigueur
Synthèses Mesures acoustiques	COUGNAUD : Configurateur acoustique cloisons 1241052B Configurateur acoustique extérieur Rapport de mesures ABS 16/20086	Synthèses de mesures acoustiques in situ avec : • 60 dB en isolement aux bruits aériens de cloison dans une configuration de cloison constituée de 2 demi-cloisons chacune sur ossature, 2 plaques de BA13 et 45 mm Laine de Verre, séparée l'une de l'autre d'un vide d'air de 20 mm d'épaisseur ; • 51 dB en isolement aux bruits aériens de paroi extérieure dans une configuration de paroi constituée de panneaux 100 mm Laine de Roche (JI VULCASTEEL WALL FT) en panneau extérieur, sans bardage et d'un panneau de doublage d'épaisseur 50 mm Laine de Roche côté intérieur.
Mesures de perméabilité à l'air	ENEXCO : P2302904 Mesure perméabilité à l'air BATIPERFORM : P.2304828 : Mesure perméabilité à l'air	Mesures d'infiltrométrie in situ de bâtiments ERT et ERP avec résultats conformes à la réglementation en vigueur (jusqu'à Q4 Pa-surf = 0,19 $m^3/(h.m^2)$)
Essai AEV sur mur pignon avec menuiserie	CSTB : CL06-025	Etanchéité et déplacements conformes aux critères

Essai de résistance au vent Firestone RubberCover EPDM LSFR sur OSB	BDA KEUR : ARH/GZ du 29 mars 2005	Charge de test ultime = 6,5 kPa
Rapport de classement au feu Firestone Rubbergard EPDM LSFR	WARRINGTONFIREGENT : n°16085B du 03 octobre 2013	Classement Broof T3 de la membrane EPDM et son support bois
Simulation hygrothermique des risques de condensation et de développement fongique sur le complexe Toiture EPDM	CSTB : EMI 16-26064704/A du 03 octobre 2016	Absence de risque de développement fongique dans le complexe toiture EPDM pour une utilisation conforme au domaine d'emploi de l'avis technique.
Etude complémentaire à la Simulation hygrothermique	CSTB : EMI 18-26076872 du 06 septembre 2016	Détails des hypothèses considérées dans l'étude initiale et description des critères limitants
Appréciation de laboratoire résistance au feu	EFECTIS : 13-A-626 rev3 du 18 mars 2025	Performance EI30 et EI60 pour le complexe plafond/plancher Performance R30 et R60 pour les éléments structurels Performance EI30 pour les cloisons pleines intérieures.
Essai d'arrachement vis MURO selon la NF P 30-310	MURO : 2018-RA0011 du 29 juin 2018	Valeur caractéristique Pk=217,95 daN
Essai d'arrachement vis SFS selon la NF P 30-310	SFS : 32-18 v2 du 10/07 2018	Valeur caractéristique Pk=155 daN
Note de calcul de dimensionnement structure	COUGNAUD : P.1501773 du 30 septembre 2015	Exemple de justification structure selon Eurocode et vérification pente toiture sous charge > 1%
Notes de calcul fixation platelage toiture et dimensionnement OSB 4 et CTBH P7	COUGNAUD : JUSTIFICATIONS STRUCTURE TOITURE NG_001_C NDC_OSB4_TOITURE_EPDM_V1_04082017 NDC_CTBH_P7_TOITURE_EPDM_V1_04082017 NDC_CTBH_P5_TOITURE	La toiture EPDM est utilisable en configuration de modules R+3 pour toutes les catégories de vents et de terrains, car les pressions de vent calculées sont en tout point inférieures à 4 KPa.
Essai de résistance à la traction perpendiculaire aux faces (PIR/colle BA 2012/Acier) suivant la norme NF EN 1607	COUGNAUD : 2017-B00 du 19 décembre 2017	Valeur de cohésion de l'assemblage = 75 KPa
Note de calcul de dimensionnement des évacuations d'Eaux Pluviales	COUGNAUD : Dimensionnement des Evacuations d'Eaux Pluviales – Toiture EPDM	Vérification des débit max et surfaces collectées admissibles selon le DTU 60.11
Etude hygrothermique	COUGNAUD : REH-25-100 indice C CSTB : Rapport de contre-expertise AFF 25-011 version 1	Simulation hygrothermique dynamique du complexe paroi panneau sandwich avec doublage plaques de plâtre suivant les recommandations du guide SimHuBat

2.13.2. Références chantiers

Fabrication de bâtiments avec toiture PVC = 500 000m² de surface de bâtiments en 10 ans.

Fabrication de bâtiments avec bardage = 200 000m² de surface de bâtiments en 10 ans.

Fabrication de bâtiments avec toiture EPDM = 372 bâtiments en 4 ans d'une surface comprise entre 50 et 6260 m².

2.14. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Repères de la figure a)	Durabilité	Protection Structure 20 ans	Protection Structure 30 ans		Protection Structure 50 ans	
	Type(s) de bâtiment concerné(s)	ERT, ERP sans bardage	ERT, ERP avec bardage		Habitation par défaut, ERT et ERP sur demande	
	Gamme de bâtiments (tableau 1)	Avantage	Architecturée		Habitat, ERT/ERP sur demande	
	Caractéristiques principales	Sans bardage	Bardage isolé + Evacuation Eaux Pluviales dans les poteaux		Bardage isolé + Evacuation Eaux Pluviales externe	
	Situation géographique	France métropolitaine	France métropolitaine à une distance par rapport à la mer ≥ 1.5km	France métropolitaine à une distance par rapport à la mer < 1.5km	France métropolitaine à une distance par rapport à la mer ≥ 1.5km	France métropolitaine à une distance par rapport à la mer < 1.5km
1	Poteaux angles modules en périphérie de bâtiment	Galva à chaud 80µm + sur les faces exposées : SIMAPRIM PU(40µm) + EMACRYL PU(60µm)	Galva à chaud 80µm	Galva à chaud 140µm	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
sans	Poteaux angles modules intérieurs bâtiment (volume chauffé)	Galva à chaud 80µm	Galva à chaud 80µm	Galva à chaud 140µm	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
sans	Poteaux renforts en périphérie de bâtiment	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
sans	Poteaux renforts intérieurs bâtiment (volume chauffé)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
2	Longerons en périphérie (dans l'enveloppe)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
2 bis	Longerons plancher RDC	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)		Galva à chaud 80µm	Galva à chaud 140µm
3	Longerons intérieurs bâtiment (volume chauffé)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
4	Pignon plancher	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
4 bis	Pignon plancher RDC	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)		Galva à chaud 80µm	Galva à chaud 140µm
5	Chéneaux	Z275 + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)	Z275 + SIMAPRIM PU (40µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU (80µm)		Z275 + SIMAPRIM PU (40µm)	
6	Protection pannes de toiture	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)		Grenaillage SA2.5 + EMAPOX bi-composant (40µm) + SIMAPRIM PU (40µm)	
7	Protection solives planchers	Z275	Z275		Z275	
sans	Soudures intérieures bâtiments	SIMAPRIM PU (2x60µm)	SIMAPRIM PU (2x60µm)		SIMAPRIM PU (2x60µm)	
sans	Soudures extérieures (dans l'enveloppe)	SIMAPRIM PU (2x60µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU 80µm	SIMAPRIM PU (2x60µm)		SIMAPRIM PU (2x60µm)	
sans	Soudures chantier	SIMAPRIM PU (2x60µm) + sur les faces exposées EMACRYL PU 60µm	SIMAPRIM PU (2x60µm)		SIMAZINC (2x60µm) + PF49 (60µm)	SIMAZINC (3x60µm) + PF49 (60µm)

Tableau 2 : Choix des revêtements en fonction de l'atmosphère extérieure

NB : L'intitulé du procédé Modulaire Architecturé désigne l'ensemble des gammes cités dans le tableau 2 (Avantage, Architecturé, Habitat ERT/ERP)

Caractéristiques	**Méthodes d'essai, selon le guide technique UEAtc (1)**	**Valeurs spécifiées**
Epaisseur, tolérances : • Valeur moyenne (-5%, +10%) • Valeur unitaire (±10%)	EN 1849-2 §4.2.1 du guide	1,1mm
Retrait libre 6 heures à 80°C + 23°C 1 heure 50% HR (VLF)	Norme EN 1107-2 §4.3.5 du Guide	≤ 0,5%
Résistance en traction : • Neuf (VLF) • Après 3 mois à 80°C	Norme EN 12311-2 §4.2.5 du Guide	≥ 7 N/mm² Δ ≤ 20%
Résistance à la rupture : • Neuf (VLF) • Après 3 mois à 80°C	Norme EN 12311-2 §4.2.5 du Guide	≥ 300% Δ ≤ 40%
Résistance à la déchirure : • Neuf (VLF) • Après 28 jours à 80°C	Norme EN 12310-2 §4.3.12 du Guide	≥ 40N Δ ≤ 20%
Pliage à basse température : • Neuf (VLF) • Après 2500h d'UV à 45°C et 4500 MJ/m² • Après 24 semaines à 70°C • Après vieillissement aux bitumes	EN 495-5 §4.3.14 du guide, §4.3.13 du guide, §4.4.1.1a du guide §4.4.1.2b du guide	 ≤ -45°C Δ ≤ -10°C Δ ≤ 0°C Δ ≤ -5°C
Poinçonnement statique (VLF) : • Support mou (méthode A, sur EPS 20) • Support dur (méthode B, sur béton)	EN 12730 §4.3.8 du guide	≥ 20Kg ≥ 20Kg
Résistance au choc (VLF) : • Support mou (méthode B, EPS CS(10)150) • Support dur (méthode A, plaque Alu)	EN 12691 : 2006 §4.3.9 du guide	≥ 1700mm ≥ 200mm
Absorption d'eau	§4.3.13 du Guide	≤ 2%
Performance FIT : • Résistance au glissement • Résistance au mouvement cyclique • Résistance au poinçonnement statique • Résistance au poinçonnement dynamique	Norme NF 84-354	T4 F5 L4 D2
Résistance au pelage sur le support : • Neuf sur support colle BA-2012 sur bois • Neuf sur support WBBA sur bois • 4 Semaines à 80°C colle BA-2012 sur bois • 4 Semaines à 80°C colle WBBA sur bois	 §4.3.3 du Guide §4.4.1.1c du Guide	 ≥ 25N/50mm² ≥ 25N/50mm² Δ ≤ 50% Δ ≤ 50%
Compatibilité vis-à-vis des bitumes : • Variation de masse • Aspects	EN 1548 §4.4.1.2a du guide §4.4.1.2c du guide	 ≤ 3% Pas de dommage
Résistance à l'ozone	EN 1844 §4.4.1.4 du guide	Pas de fissures
Valeur Sd pour l'épaisseur 1,1 mm	§4.3.10 du guide, valeur Sd calculée à partir de la valeur μ avec la formule Sd = μ x épaisseur (m)	88 m (± 30%)
VLF : valeur limite du fabricant VDF : Valeur déclarée du fabricant Δ : Variation admise par rapport aux valeurs initiales (1) Guide technique UEATc de décembre 2001 (e-cahier du CSTB 3540, janvier 2006)		

Tableau 3 : Caractéristiques spécifiques de la membrane EPDM LSFR

Produits :	Altripan 18	Kronofrance	Kronofrance	Kronospan	Kronospan	Egger 18	Kronofrance	Armorpanneaux	CPP	Kronospan
Nature	OSB	OSB	OSB	OSB	OSB	OSB	Panneau particule	Panneau particule	Panneau particule	Panneau particule
Classe	4	4	4	4	4	4	CTBH P5	CTBH P5	CTBH P5	CTBH P5
Marque commerciale	OSB4-Zéro	Kronoply F**** OSB 4	Swiss krono OSB4	Kronobuild OSB4	Kronolux OSB4	OSB4 TOP	Swiss krono P5 CTBH	ARMORPAN OU ARMORDAL	Maxipanex CTBH MSP	PB P5
Epaisseur (mm)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Sd max (1)	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7

Tableau 4 : Références des panneaux à base de bois supports d'étanchéité

1. s_d bénéficiant d'une certification ou faisant l'objet de deux campagnes de contrôles annuels, a minima, dans un laboratoire externe. Les résultats de ces contrôles doivent être transmis une fois par an au CSTB.

Fabricant	Type	Nom du produit	Type de parement	Document Technique d'Application
RECTICEL	Polyisocyanurate (PIR) conforme à la norme NF EN 13165	Eurothane Autopro SI	Alu-Kraft	5.2/20-2688_V3

Tableau 5 : Références des isolants d'épaisseur 30 mm pour isolation des relevés

Fabricant	Nom commercial	Type	Conductivité thermique* (W/m.K) suivant EN12667	Masse volumique (Kg/m3)	Réaction au Feu* suivant EN 13501-1	Certificat	N° certificat*
SAINT GOBAIN ISOVER	IBR NU	Laine de Verre	0.04	11	A1	ACERMI	02/018/050/19
SAINT GOBAIN ISOVER	IBR Revêtu Alu	Laine de Verre	0.04	11	A2-s1,d0	ACERMI	02/018/054/16
SAINT GOBAIN ISOVER	ISOCONFORT 35	Laine de Verre	0.035	18	A2-s1,d0	ACERMI	03/018/340/23
SAINT GOBAIN ISOVER	ISOCONFORT 32	Laine de Verre	0.032	29	A2-s1,d0	ACERMI	05/018/384/15
SAINT GOBAIN ISOVER	MULTIMAX 30	Laine de Verre	0.03	46	A2-s1,d0	ACERMI	08/018/522/17
KNAUF INSULATION	KI Fit 0.40	Laine de Verre	0.04	10-15	A1	ACERMI	11/016/700/12
KNAUF INSULATION	KI Fit 0.37	Laine de Verre	0.037	15	A1	ACERMI	08/016/528/17
KNAUF INSULATION	KI Fit 0.35	Laine de Verre	0.035	20	A1	ACERMI	02/016/144/20
KNAUF INSULATION	KI Fit 0.32	Laine de Verre	0.032	30-40	A1	ACERMI	11/016/698/15
KNAUF INSULATION	TI 312	Laine de Verre	0.04	10-15	A2-s1,d0	ACERMI	02/016/132/14
KNAUF INSULATION	TP 116	Laine de Verre	0.037	15-20	A1	ACERMI	02/016/136/14
KNAUF INSULATION	TP 138	Laine de Verre	0.032	30-40	A1	ACERMI	02/016/154/18
URSA	E MNU40	Laine de Verre	0.04	13	A1	ACERMI	03/058/153/15
URSA	P MNU38	Laine de Verre	0.038	15	A1	ACERMI	02/083/022/14
URSA	E PNU38	Laine de Verre	0.038	15-20	A1	ACERMI	03/058/163/11
URSA	E HOMETEC 35	Laine de Verre	0.035	20-30	A1	ACERMI	03/058/167/19
URSA	E HOMETEC 32	Laine de Verre	0.032	30-40	A1	ACERMI	03/058/169/19
URSA	E MRA40	Laine de Verre	0.04	10-15	A2-s1,d0	ACERMI	04/058/341/12
URSA	COMBLE PERDU ET PLAFOND 40 NU	Laine de Verre	0.04	10-15	A1	ACERMI	02/083/006/13
URSA	COMBLE AMENAGE 35 NU	Laine de Verre	0.035	20-30	A1	ACERMI	08/083/510/17
URSA	HOMETEC 32	Laine de Verre	0.032	30-40	A1	ACERMI	02/083/040/24
SAINT GOBAIN ISOVER	PANOTOIT FIBAC II	Laine de roche	0.038	145	A1	ACERMI	02/018/118/17
TERMOLAN	PN 70F	Laine de roche	0.035	70	A1	ACERMI	16/092/1172/5
TERMOLAN	LF 110+	Laine de roche	0.036	110	A1	ACERMI	16/092/1174/8

*Selon certificat ACERMI en cours de validité

Tableau 6 : Références isolants de toiture

COUGNAUD

Références systèmes étanchéité à l'air toiture

	Caractéristiques :	Norme	Unités	Système PRO CLIMA 1	Système PRO CLIMA 2	Système ISOVER 1	Système ISOVER 2	Système ISOVER 3	Système Ubbink
Spécifications générales	Fabricant			PRO CLIMA	PRO CLIMA	ISOVER	ISOVER	ISOVER	UBBINK
	Qualifications (référence DTA)			20/15-341_V2 pour Combles	20/15-341_V2 pour Combles	20/14-335_V2	20/14-335_V2	20/14-335_V2	Marquage CE EVCP système 3
Pare-vapeur	Nom commercial produit			INTELLO PLUS	INTELLO	VARIO XTRa	stopvap	stopvap 90	Protec'vap
	type			hygrovariable	hygrovariable	hygrovariable	Sd fixe	Sd fixe	Sd fixe
	épaisseur	NF EN 1849-2	mm	0.4	0.25	0.3	0.4	0.4	0.17
	Largeur		m	1.5 et 3	1.5 et 3	1.5	1.5	1.5	1.5 et 3
	longueur		m	20 ou 50	20 ou 50	40	40	40	50
	masse surfacique	NF EN 1849-2	g/m²	110	85	85	120	120	90
	Valeur Sd minimale	NF EN 13984	m	0.3 à 34	0.3 à 34	0.4 à 25	18	90	25 < Sd < 45
	Résistance à la déchirure	NF EN 12310-1	N	240 T - 200 L	70 T - 70 L	65 T - 65 L	160 T - 130 L	120 T - 120 L	125 T - 135 L
	Résistance à la traction	NF EN 12311-2	N/50mm	220 T - 340 L	80 T - 110 L	117 T - 140 L	130 T - 180 L	150 T - 150 L	190 T - 210 L
	Allongement à la rupture	NF EN 12311-2	%	15 T - 15 L	35 T - 40 L	55 T - 50 L	40 T - 40 L	5 T - 20 L	-
	Réaction au Feu minimale	EN 13501-1	Euroclasse	E	E	E	F	F	F
Adhésifs dédiés	Références produits			Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	Bande adhésive Ubbink 820351
Joints mastics	Références produits			Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	Colle 820324
Accessoires autres	Références produits			Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/15-341_V2 pour Combles	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	Voir DTA 20/14-335_V2	3 tailles de manchons d'étanchéité ubbink (de D7 à D200)

Tableau 7 : Références de systèmes d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau

CLASSEMENT DES FIGURES PAR RAPPORT A LA GAMME CONCERNEE				
	Gamme Avantage (sans bardage)			20 ans
	Gamme Architecturée (avec bardage)			30 ans
	Gamme Logement			50 ans
Ref. Figure	**Gamme de bâtiment concernée**		**Ref. Figure**	**Gamme de bâtiment concernée**
Figure 1	Commune aux 3 gammes		Figure 42	Commune aux 3 gammes
Figure 2	Commune aux 3 gammes		Figure 43	Commune aux 3 gammes
Figure 3	Commune aux 3 gammes		Figure 44	Commune aux 3 gammes
Figure 4	Commune aux 3 gammes		Figure 45	Commune aux 3 gammes
Figure 5	Commune aux 3 gammes		Figure 46	Commune aux 3 gammes
Figure 6	Commune aux 3 gammes		Figure 47	Commune aux 3 gammes
Figure 7	Avantage		Figure 48	Commune aux 3 gammes
Figure 8	Architecturé et Logement		Figure 49	Avantage et Architecturé (représenté en Avantage)
Figure 9	Commune aux 3 gammes		Figure 50	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 10	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 51	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 11	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 52	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 12	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 53	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 13	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 54	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 14	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 55	Architecturé et Logement
Figure 15	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 56	Architecturé et Logement
Figure 16	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 57	Architecturé et Logement
Figure 17	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 58	Commune aux 3 gammes
Figure 18	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 59	Commune aux 3 gammes
Figure 19	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 60	Commune aux 3 gammes
Figure 20	Avantage		Figure 61	Commune aux 3 gammes
Figure 21	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)		Figure 62	Logement
Figure 22	Avantage		Figure 63	Commune aux 3 gammes
Figure 23	Avantage		Figure 64	Commune aux 3 gammes
Figure 24	Avantage		Figure 65	Commune aux 3 gammes
Figure 25	Avantage		Figure 66	Commune aux 3 gammes
Figure 26	Avantage		Figure 67	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 27	Avantage		Figure 68	Commune aux 3 gammes
Figure 28	Avantage		Figure 69	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 29	Commune aux 3 gammes		Figure 70	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 30	Commune aux 3 gammes		Figure 71	Commune aux 3 gammes
Figure 31	Commune aux 3 gammes		Figure 72	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 32	Commune aux 3 gammes		Figure 73	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 33	Commune aux 3 gammes		Figure 74	Commune aux 3 gammes
Figure 34	Commune aux 3 gammes		Figure 75	Commune aux 3 gammes (représenté en Avantage)
Figure 35	Commune aux 3 gammes		Figure 76	Commune aux 3 gammes
Figure 36	Avantage et Architecturé		Figure 77	Commune aux 3 gammes
Figure 37	Avantage et Architecturé		Figure 78	Commune aux 3 gammes
Figure 38	Avantage et Architecturé		Figure 79	Commune aux 3 gammes
Figure 39	Avantage et Architecturé		Figure 80	Commune aux 3 gammes
Figure 40	Logement		Figure 81	Commune aux 3 gammes
Figure 41	Logement			

Tableau8 : Gammes de modules et liste des figures associées

Descriptif matériaux	Utilisation	Réaction au feu
Aciers diverses nuances	Structure	A1
Panneaux JI VULCASTEEL WALL FT / MONOLAINE	Toiture / Paroi	A2-s1,d0
Panneaux PU NF EN 14509	Toiture / Paroi	B-s2,d0
Panneaux de particules CTBH	Plancher	D-s2,d0 ou B-s3,d0
Panneaux de particules bois ciment EN 634	Plancher	B-s3,d0
Dalle béton 60mm préfabriquée	Plancher	A1
Plaque PSE 60mm et 100mm	Plancher	E
Laine de verre 60 et 100 mm	Plancher	A1
Plaque de mousse PU 58 et 103mm	Plancher	F
Panneaux bois ep.18mm	Toiture	E
Isolant laine minérale 200mm	Toiture	A1 ou A2-s1,d0
Laine de verre 45 et 80 mm	Doublage Paroi	A2-s1,d0
Laine de Roche	ITE Parois	A1
Tôle de plafond	Plafond	A1
Dalle acoustique ETNA	Plafond	A2-s1,d0
Plaques de plâtre	Doublage Paroi / Plafond	A2-s1,d0

Tableau9 : Liste des matériaux utilisés avec leur réaction au feu

Typologie de bâtiment	Nbre de niveaux ou catégorie	Résistance au feu des éléments porteurs verticaux	Type de panneaux de façade possibles
ERT	RDC	R0	Conforme à la norme NF EN 14509 ou JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+1	R0	Conforme à la norme NF EN 14509 ou JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+2	R0	Conforme à la norme NF EN 14509 ou JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+3	R60	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
ERP	RDC	R30 ou R0 si CO14	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+1	R30 (sauf 1ere catégorie)	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+2	R30 (sauf 1ere catégorie)	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	R+3	R60 (sauf 1ere catégorie)	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
Habitations	1ère famille	R15	Conforme à la norme NF EN 14509 (avec écran thermique) ou JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B
	2ème famille	R30	JI VULCASTEEL WALL FT ou MONOLAINE B

Tableau10 : Choix des types de panneaux selon la typologie de bâtiment

Description du contrôle	Quand	Qui	Document (cf. figure 83)
Utilisation du patch EPDM (effet gaufré) en 20 ou 30 cm de large	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Respect du recouvrement EPDM >50mm	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Respect du recouvrement EPDM >50mm	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Pas d'angle vif sous EPDM	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Pas d'angle vif sous EPDM	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Débordement du primaire d'accrochage (membrane mate autour du patch, sans surépaisseur)	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Débordement du primaire d'accrochage (membrane mate autour du patch, sans surépaisseur)	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Utilisation du bon produit (pas de teinte verte)	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Pas de présence de bulle	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Pas de présence de bulle	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Pas de défaut d'adhérence au toucher	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Pas de décollement	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Pas de tôle saillante sur la membrane	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Pas de coupure de cutter ou de perçage de membrane	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Tête de vis bombée sous patch EPDM	fin de pose bardage	S/T bardage	Fiche d'autocontrôle prestation S/T bardage
Tête de vis bombée sous patch EPDM	fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle Qualité Chantier EPDM
Contrôle général étanchéité toiture	fin de chantier	Chef de chantier	Contrôles fin de chantier
Propreté de la toiture	fin de chantier	Chef de chantier	Contrôles fin de chantier

S/T = Sous-traitant

Tableau11 : Synthèse des contrôles relatifs à la toiture EPDM

Description du contrôle	Quand	Qui	Document
Vérification des têtes de vis des panneaux	Pose membrane PVC	Atelier	Autocontrôle qualité
Respect du recouvrement PVC >50mm	Pose membrane PVC	Atelier	Autocontrôle qualité
Pas d'angle saillant sur le support avant pose de la membrane PVC	Pose membrane PVC	Atelier	Autocontrôle qualité
Pas d'utilisation de cutter lors de recoupe de la membrane	Pose membrane PVC	Atelier	Autocontrôle qualité
Pas d'angle vif de la membrane PVC avant soudure à froid ou à chaud (arrondir les angles)	Avant soudure de la membrane	Atelier/Chantier	Autocontrôle qualité
Vérification des soudures au crochet et appliquer le confirmant (produit pour indiquer que la soudure a été vérifiée)	Après chaque soudure	Atelier/Chantier	Autocontôle qualité
Pas de tôle saillante sur la membrane	Du début de pose membrane PVC juqu'au contôle final	Atelier/Chantier	Autocontrôle qualité
Pas de meulage sur la toiture (Pas de coupures et points de rouille, attention aux projections)	Du début de pose membrane PVC juqu'au contrôle final	Atelier/Chantier	Autocontrôle qualité
Si isolation en laine de roche en jonction de module, ne pas mettre de mat de verre (fibre de verre) avant pose membrane	Fin de la phase étanchéité en chantier	Chantier	Autocontrôle qualité chantier
Si isolation en polystyrène en jonction de module, mettre du mat de verre (fibre de verre) avant pose membrane	Fin de la phase étanchéité en chantier	Chantier	Autocontrôle qualité chantier
Pas de perçage de la membrane	Fin de la phase étanchéité en chantier	Atelier	Autocontrôle qualité chantier
Vérification de la présence du confirmant à chaque soudure	Fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Autocontrôle qualité
Contrôle étanchéité de la toiture en fin de travaux (pose bouchons en styrodur dans les naissances et mise en eau)	Fin de la phase étanchéité en chantier	Chef de chantier	Contrôle fin de chantier
Propreté de la toiture	Fin de chantier	Chef de chantier	Contrôles fin de chantier

Tableau12 : Synthèse des contrôles relatifs à la toiture PVC

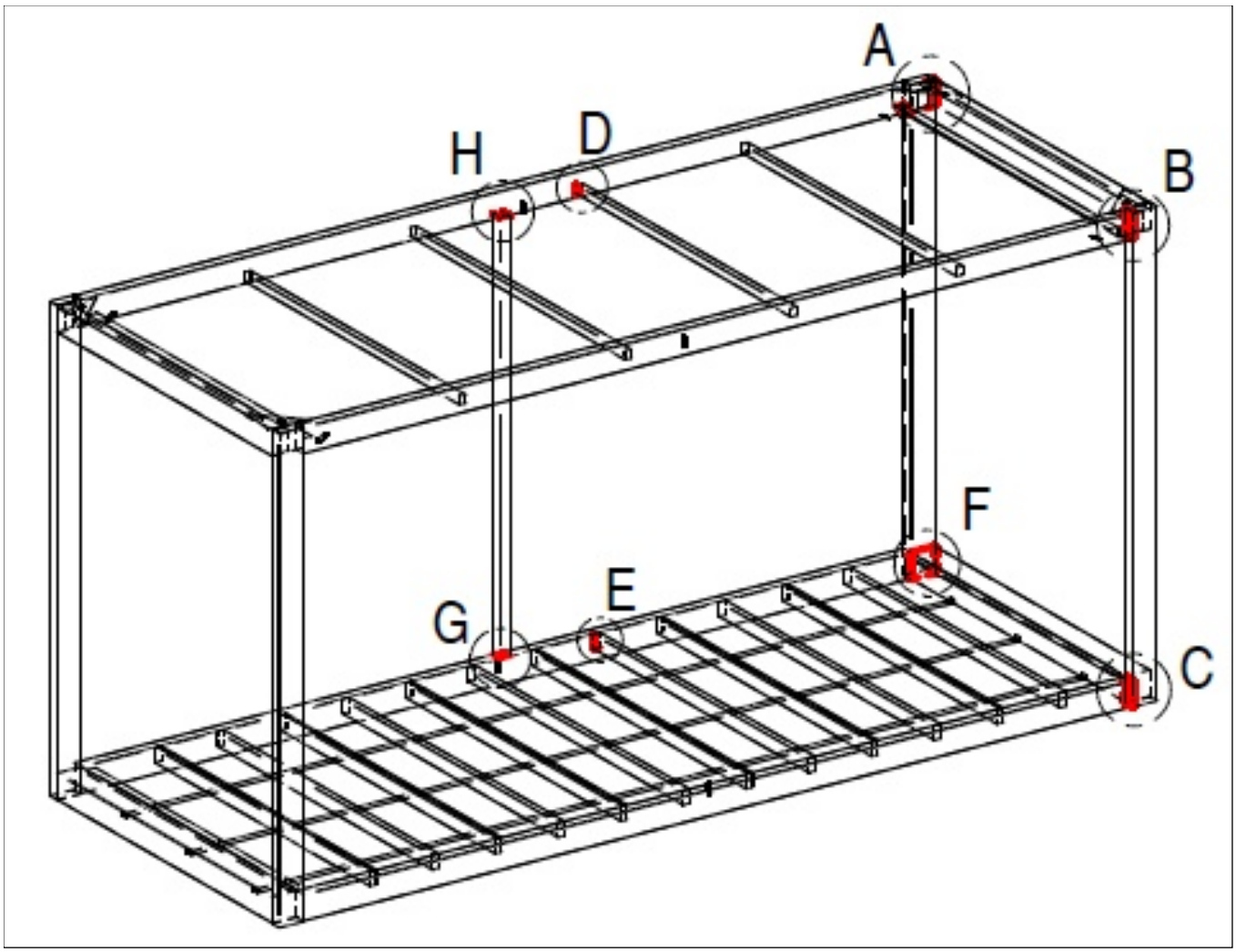


Figure 1 : vue d'ensemble de la structure

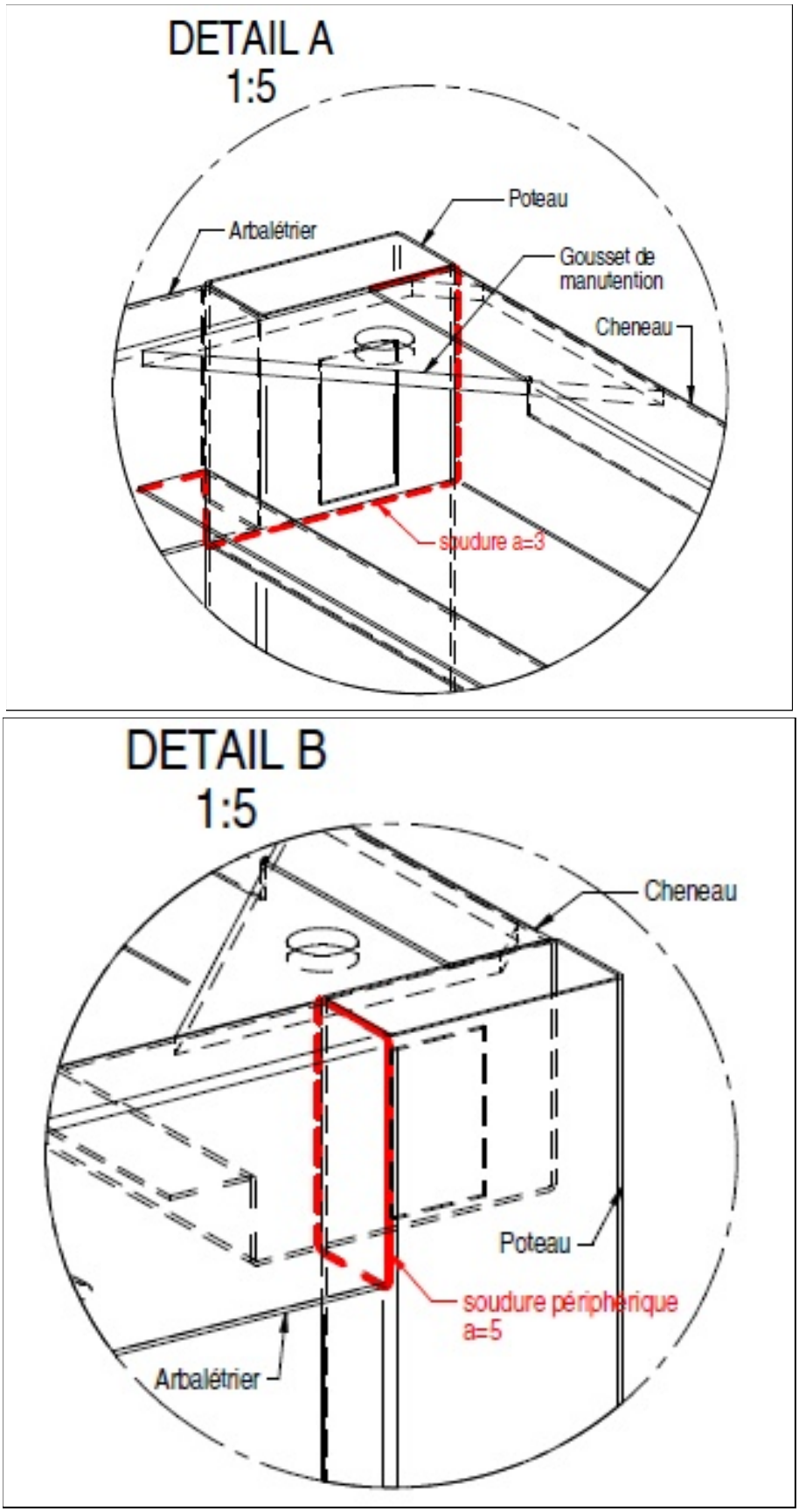
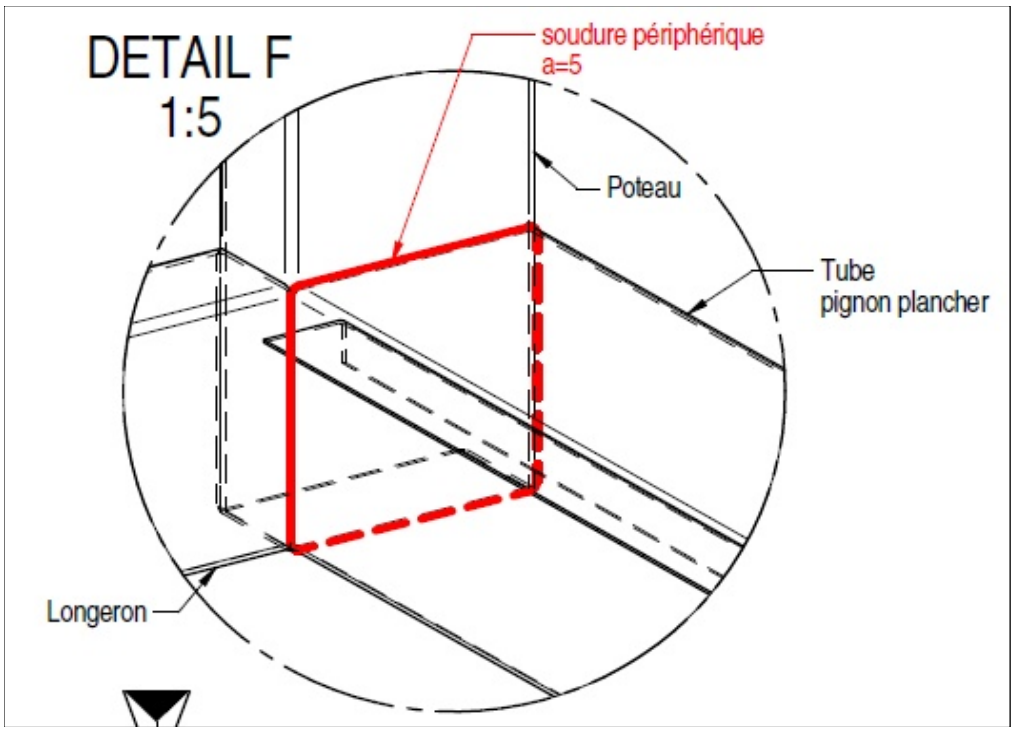


Figure 2 : Structure : détails A et B



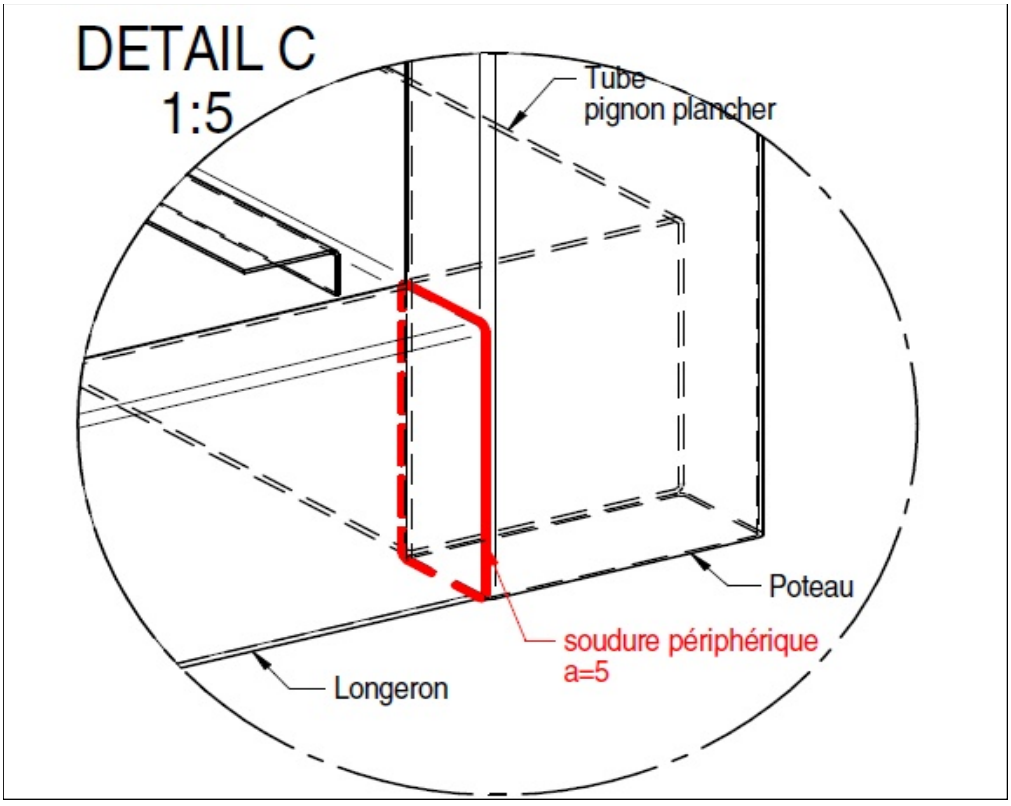


Figure 3 : Structure détails C et F

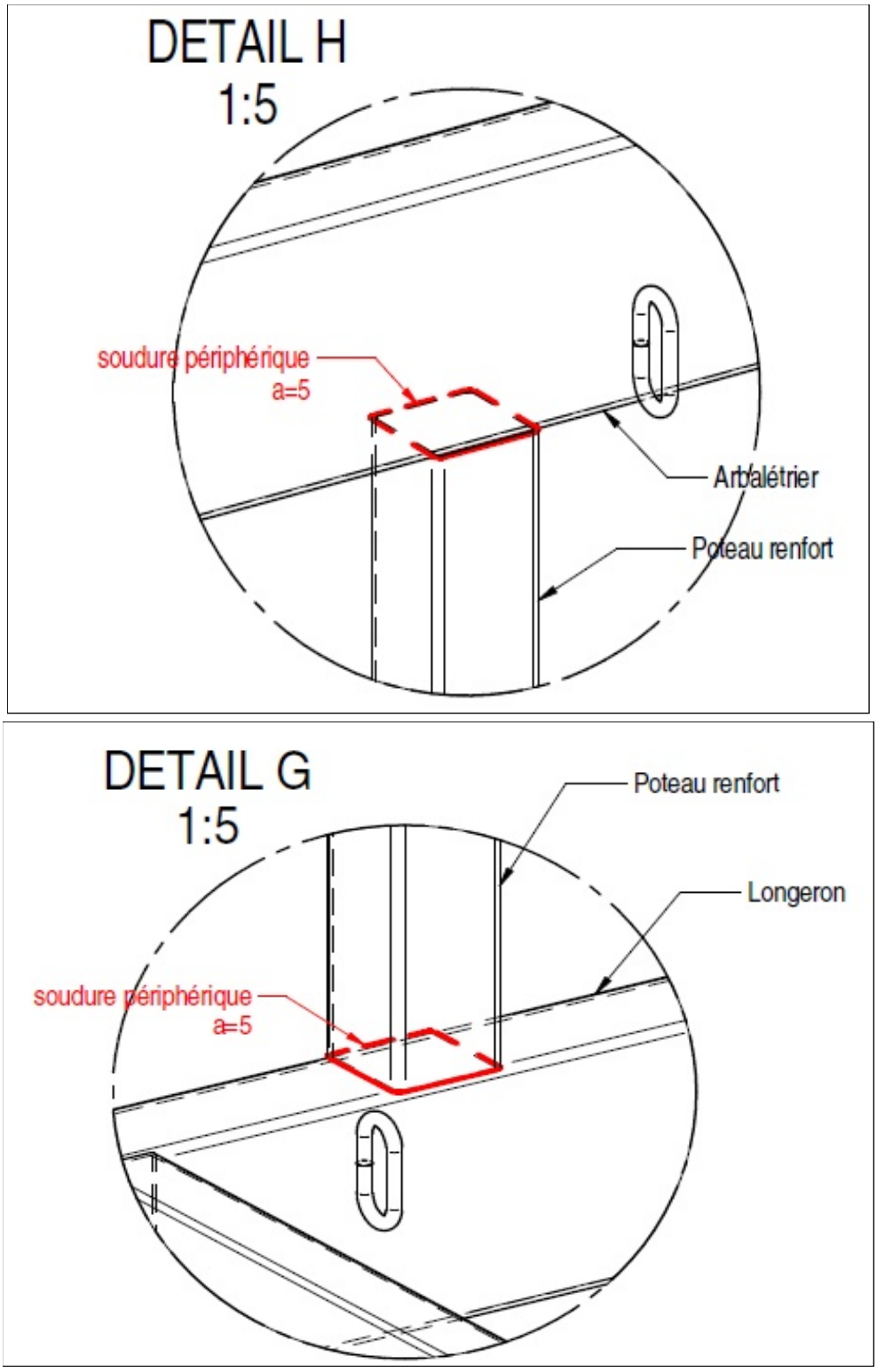


Figure 4 : Structure : détails H et G

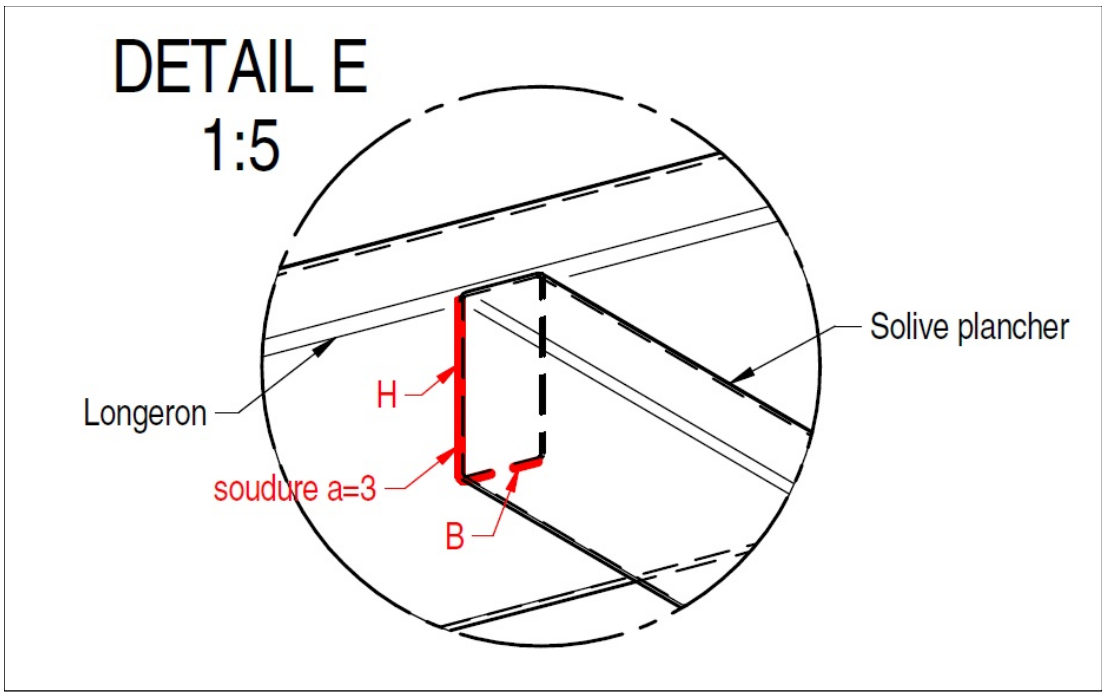


Figure 5 : Structure, détail E, soudure en forme de 'L'

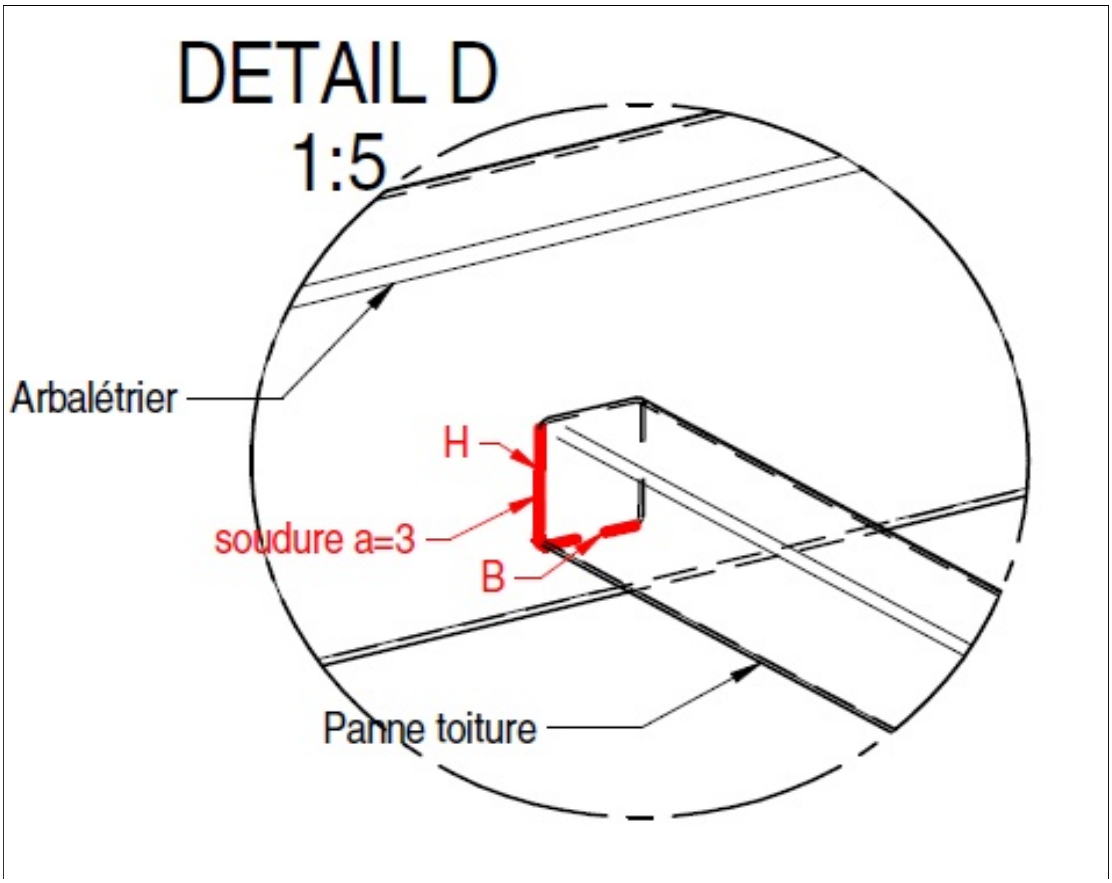


Figure 6 : Structure, détail D, soudure en forme de « L »

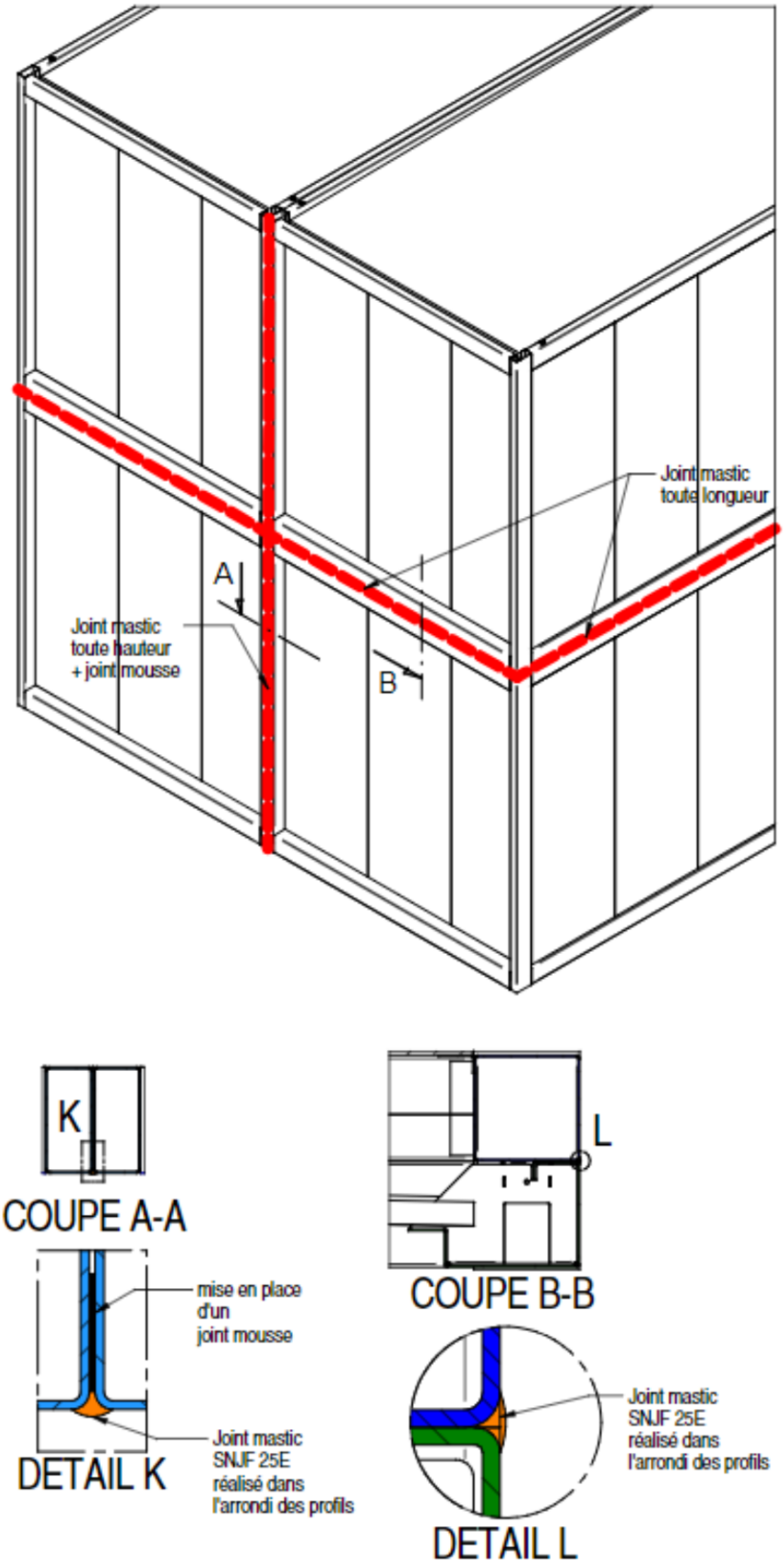


Figure 7 : Principe étanchéité air/eau entre modules de gamme avantage (sans bardage)

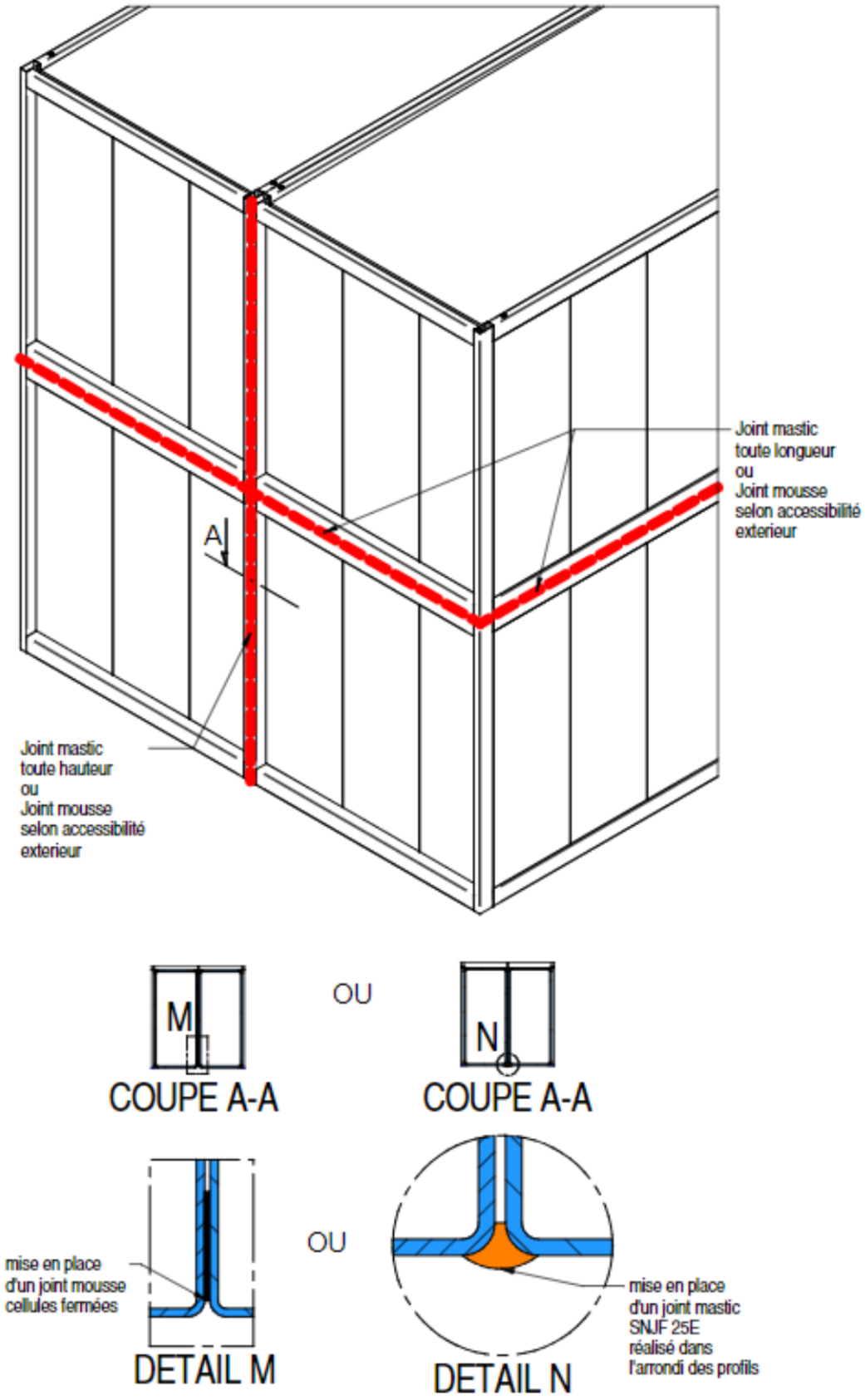


Figure 8 : Principe étanchéité à l'air entre modules de gamme architecturée et logement (avec bardage)

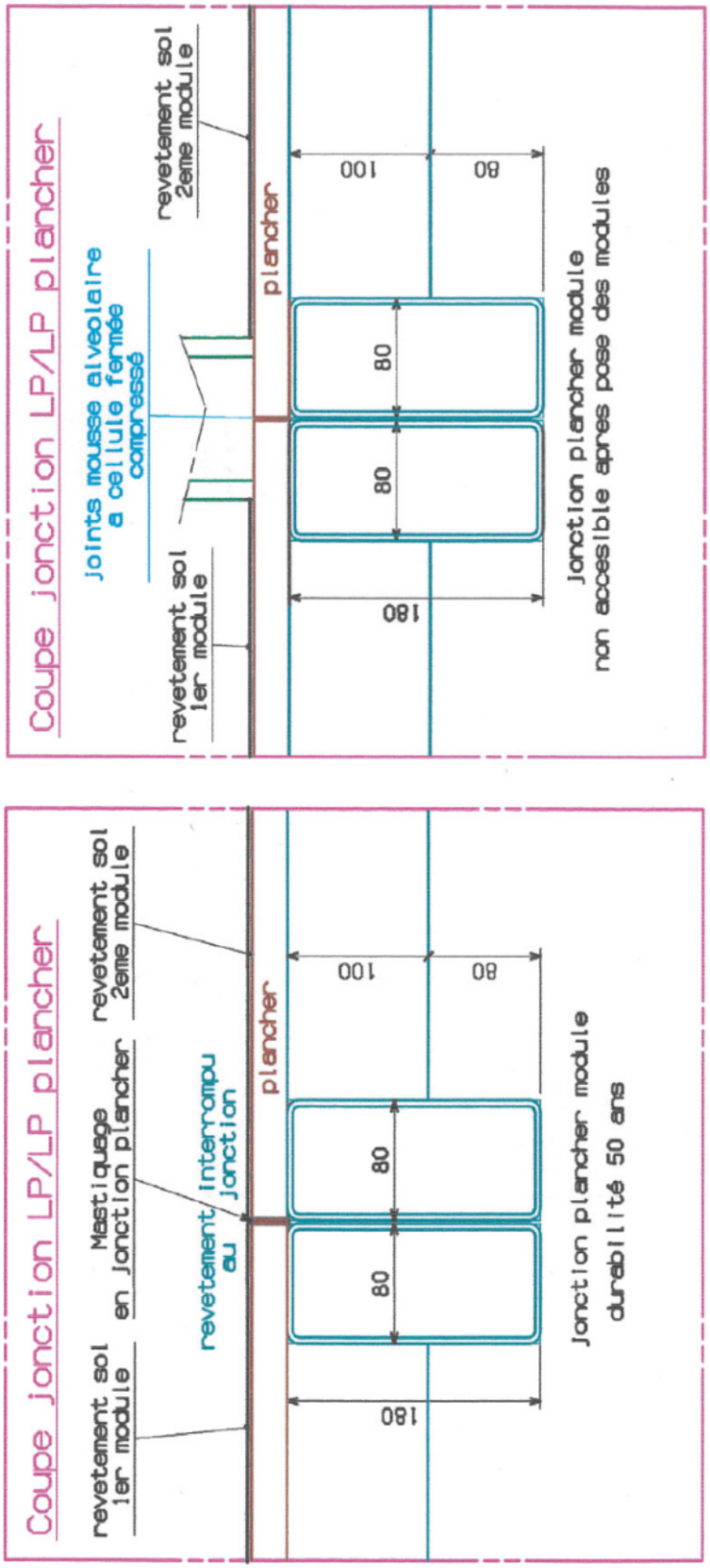


Figure 9 : Principe étanchéité longerons planchers entre modules

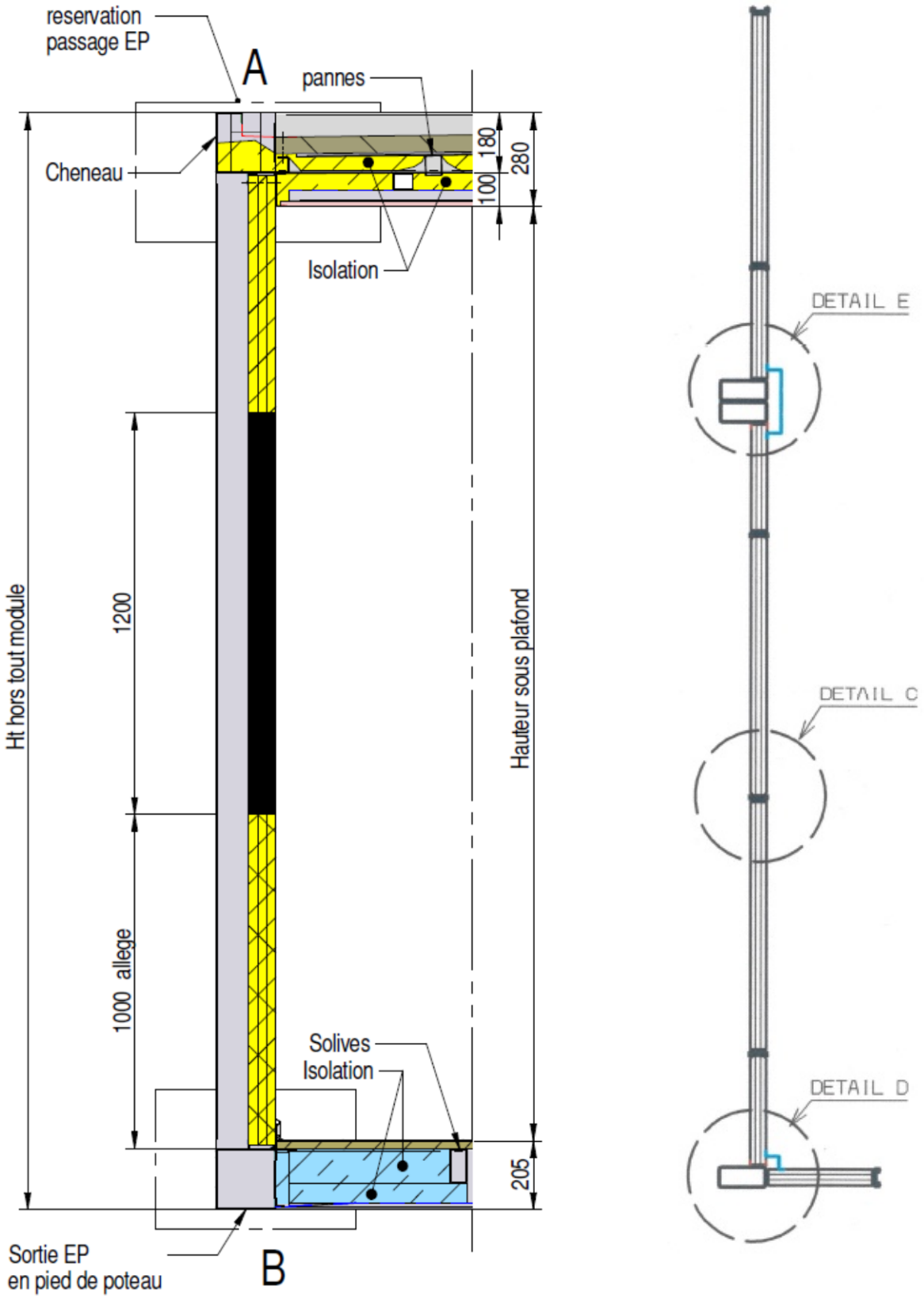


Figure 10 : 1ère vue d'ensemble de l'implantation des panneaux de paroi verticale

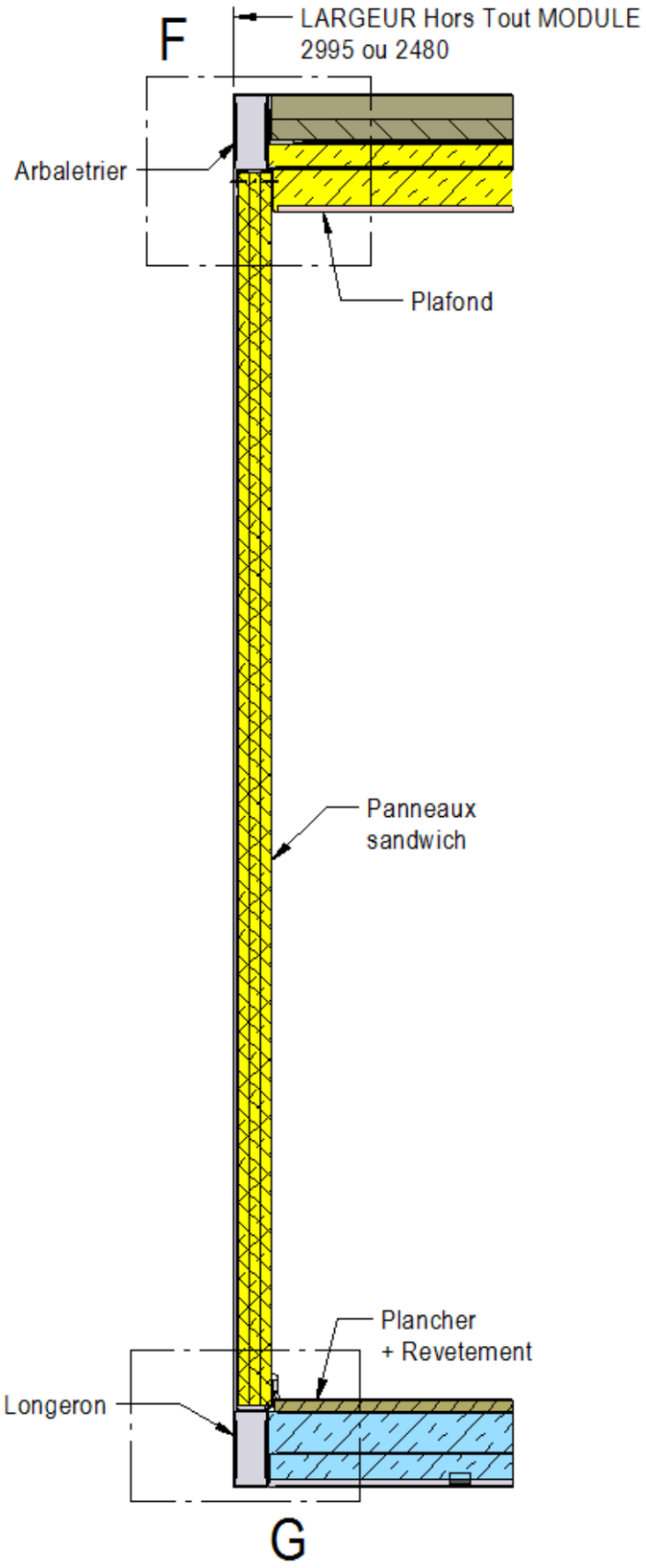


Figure 11 : 2ème vue d'ensemble de l'implantation des panneaux de paroi verticale

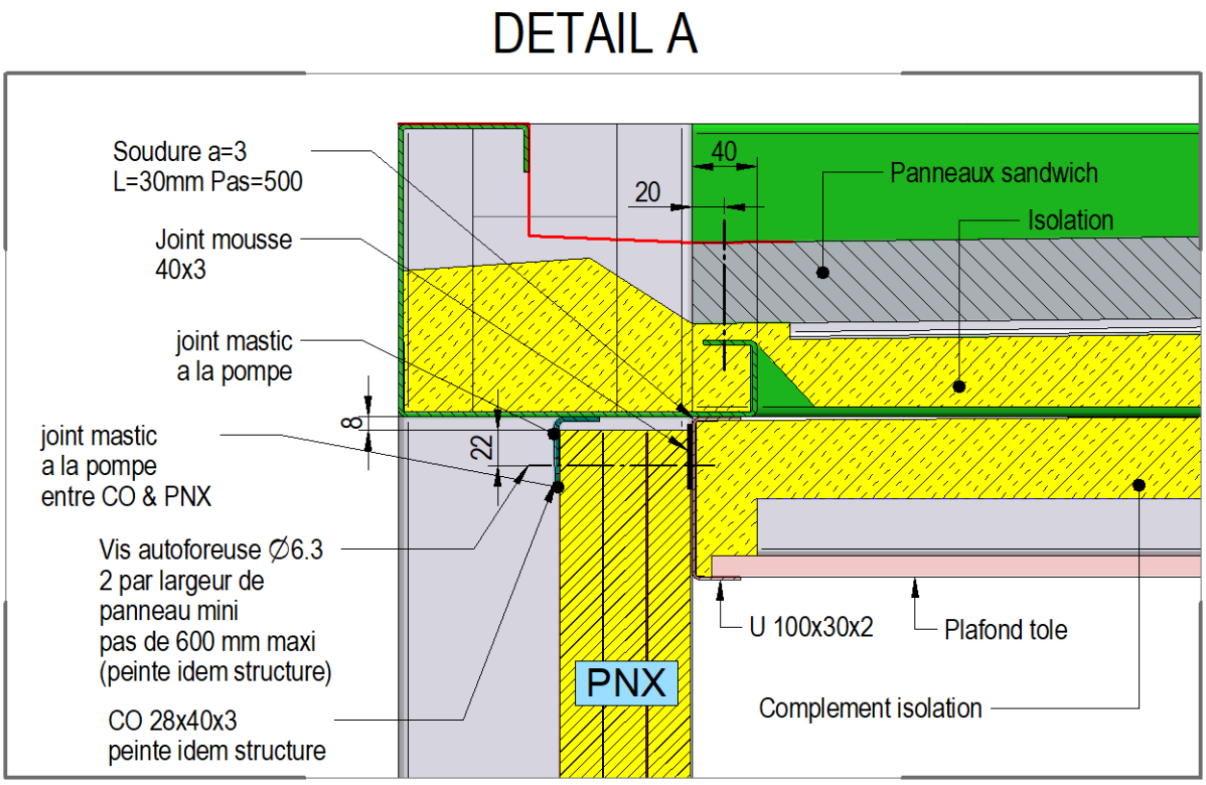


Figure 12 : Détail A de la tête de panneau (coupe sur pignon)

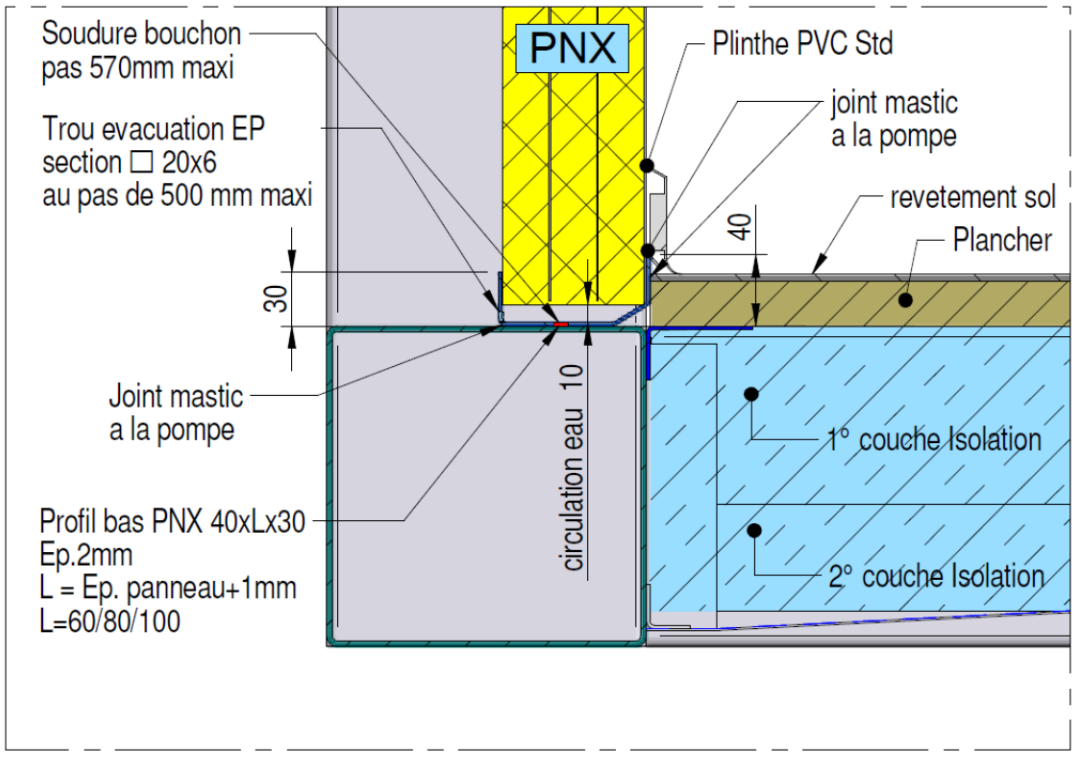


Figure 13 : Détail B du pied de panneau (coupe sur pignon)

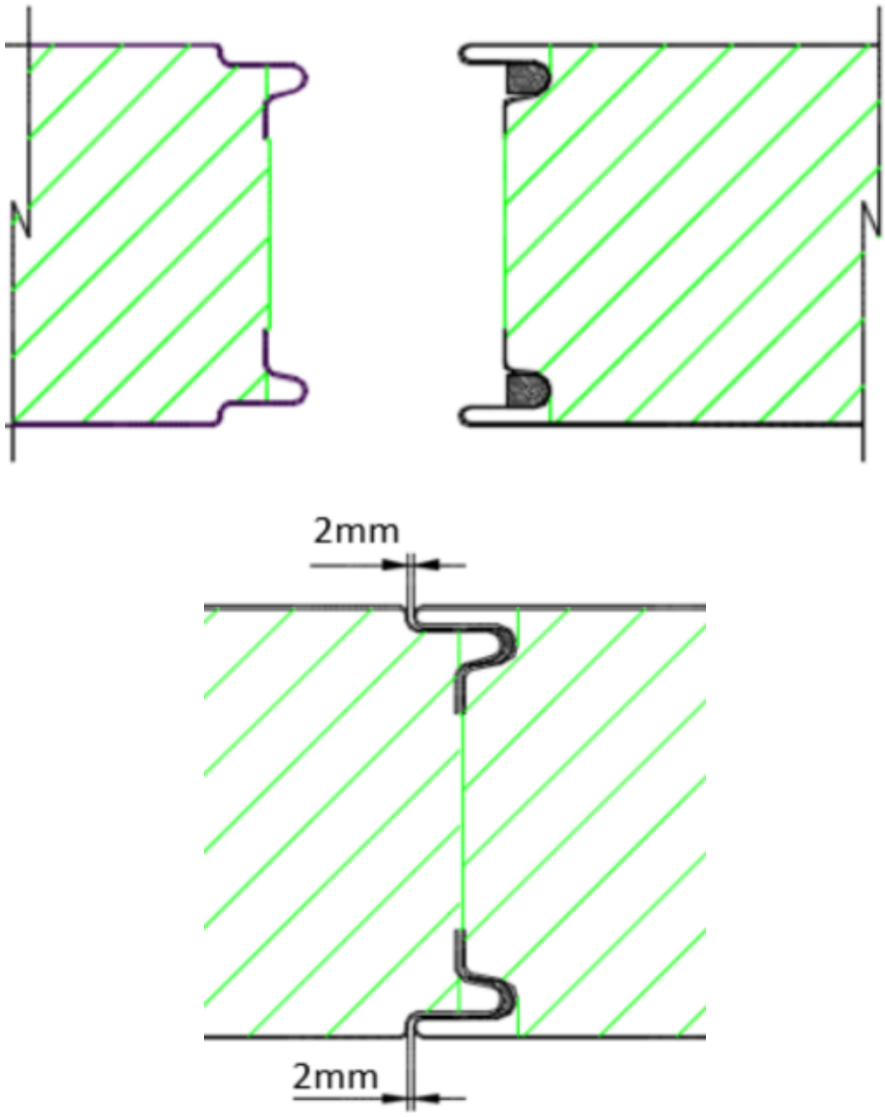
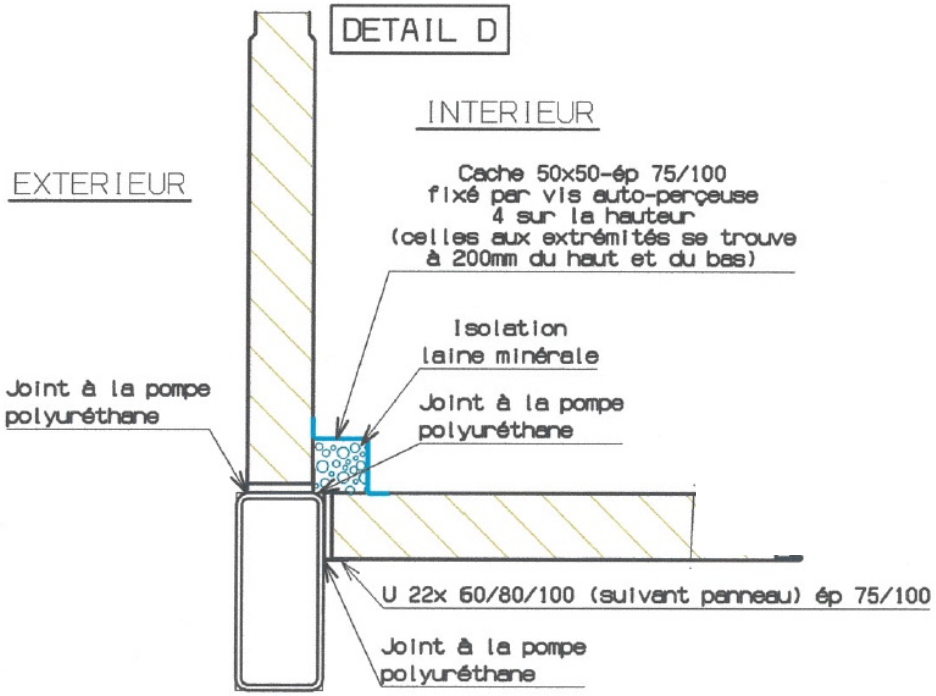


Figure 14 : Détail C de jonction de panneau



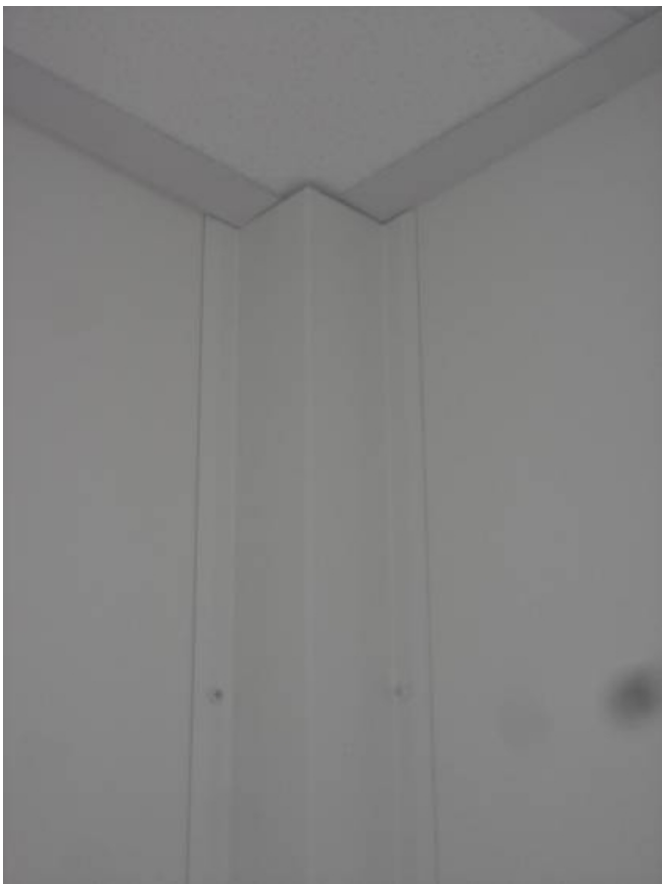


Figure 15 : Détail D d'un angle de parois intérieur sans doublage

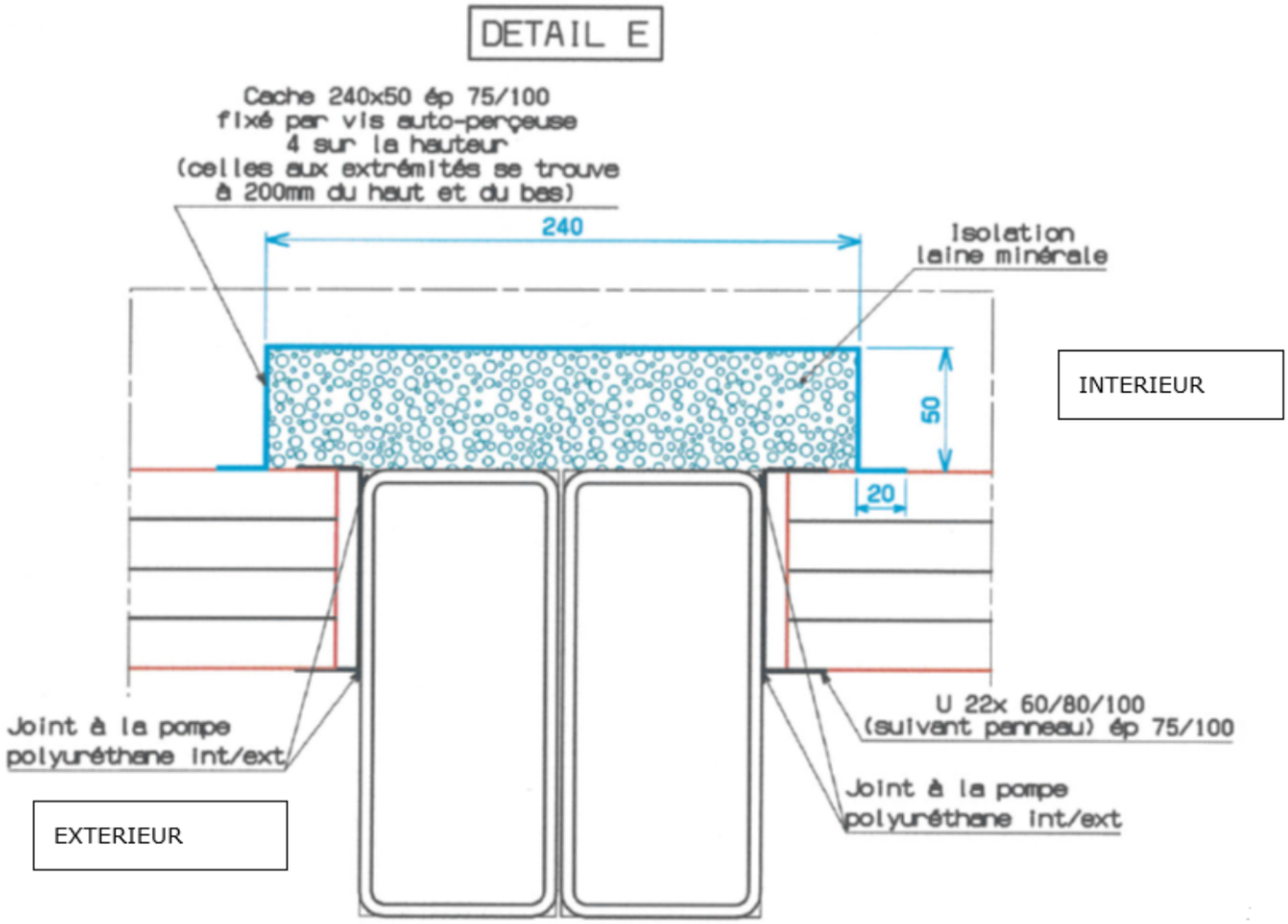


Figure 16 : Détail E d'un cache de jonction de modules sans doublage

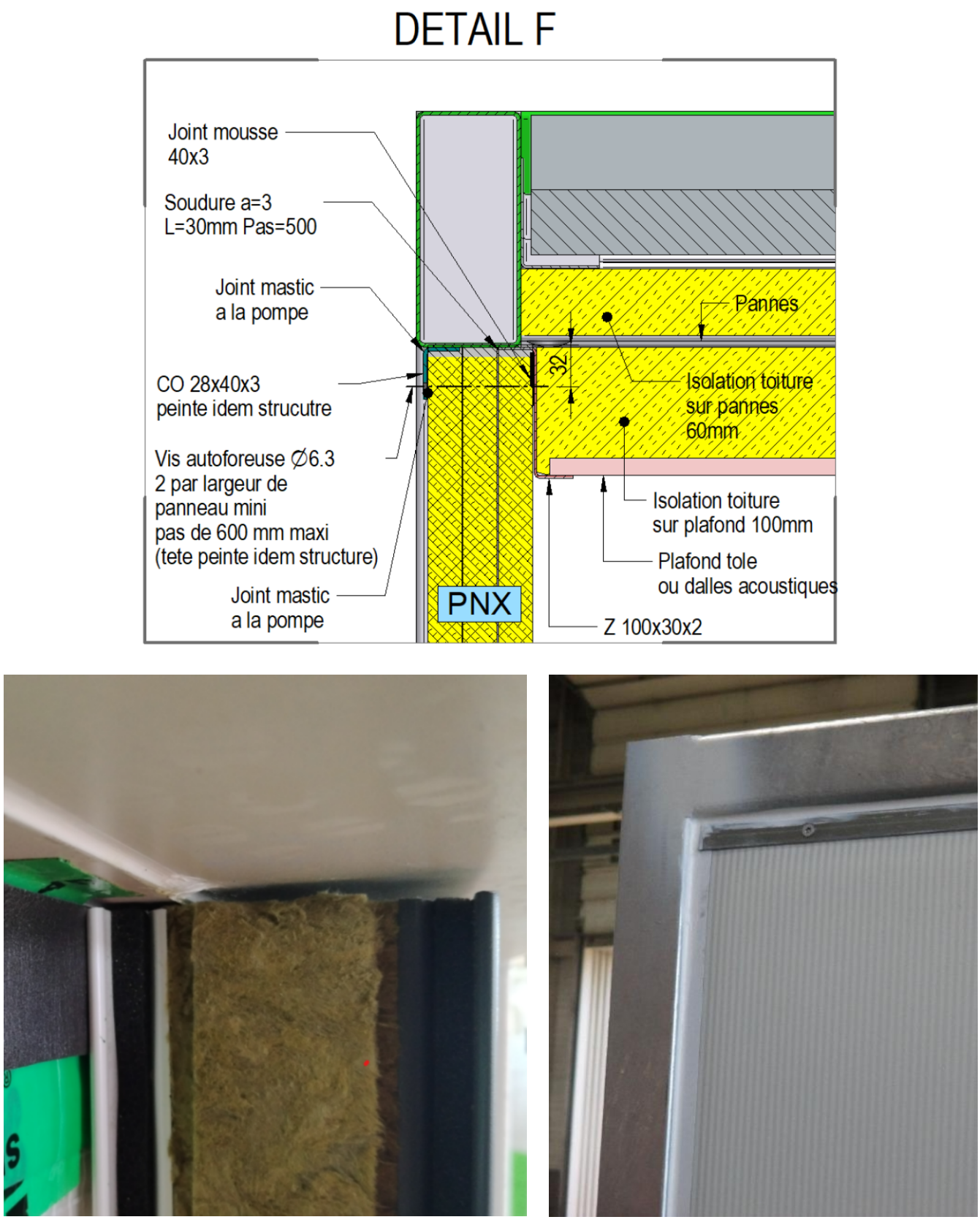
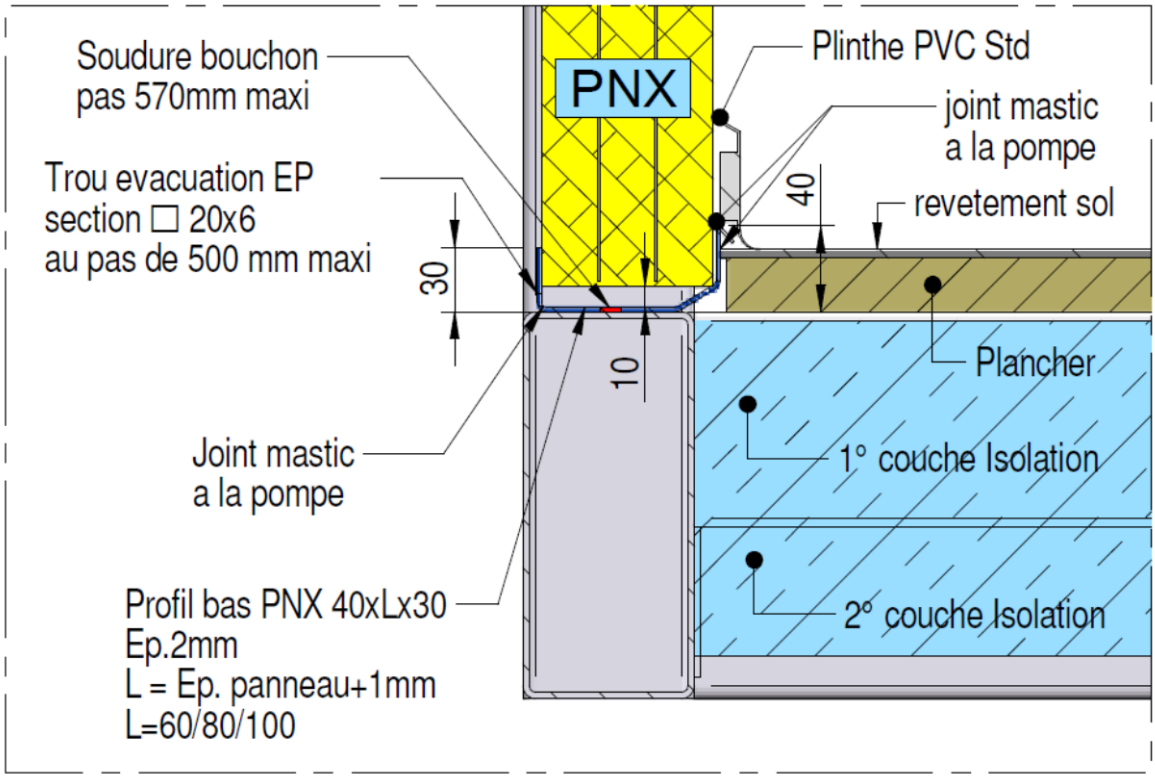


Figure 17 : Détail F de la tête de panneau (coupe sur Long Pan)



DETAIL G



Figure 18 : Détail G d'un pied de panneau (coupe en Long Pan)

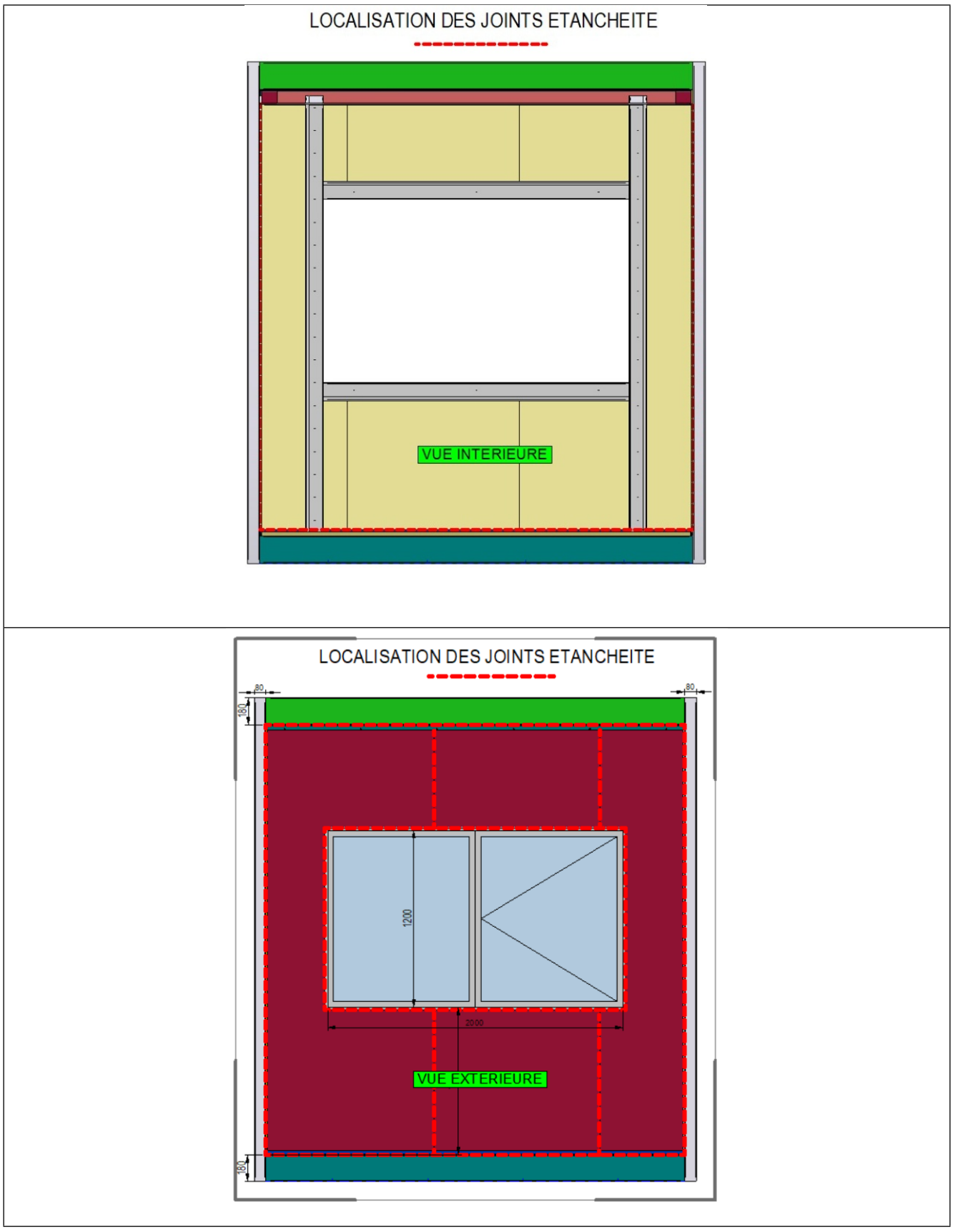


Figure 19 : Etanchéité des parois verticales



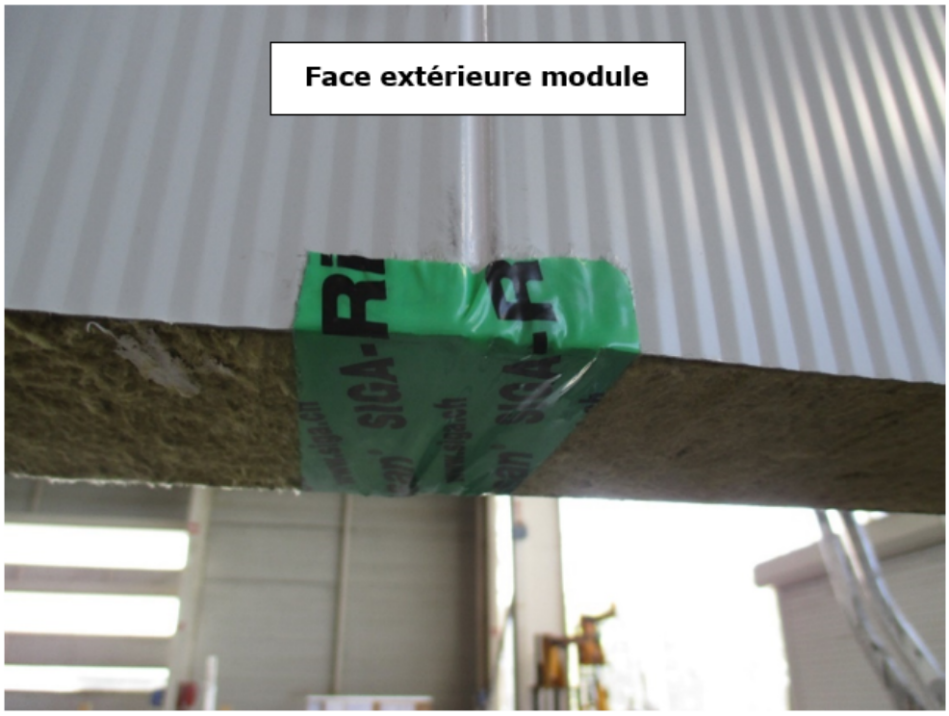


Figure 20 : Etanchéité à l'air en jonction de panneaux en cas de doublage intérieur

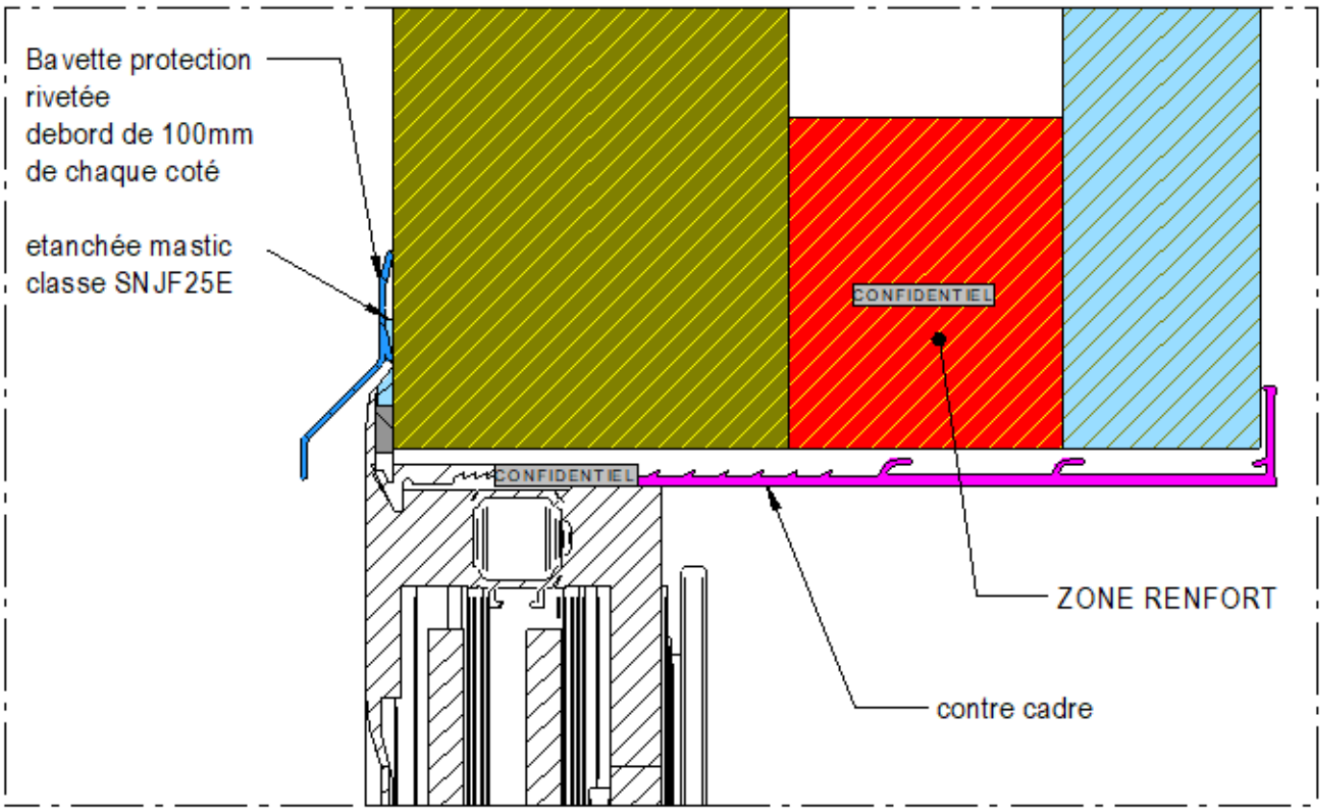


Figure 21 : Exemple de mise en œuvre de fenêtre à titre informatif (se référer au DTA de la fenêtre)

La conception des différents profilés de renforcement et leur mise en œuvre ont été communiquées au CSTB à titre confidentiel. Cougnaud s'engage à informer le CSTB de toute modification de ces profils

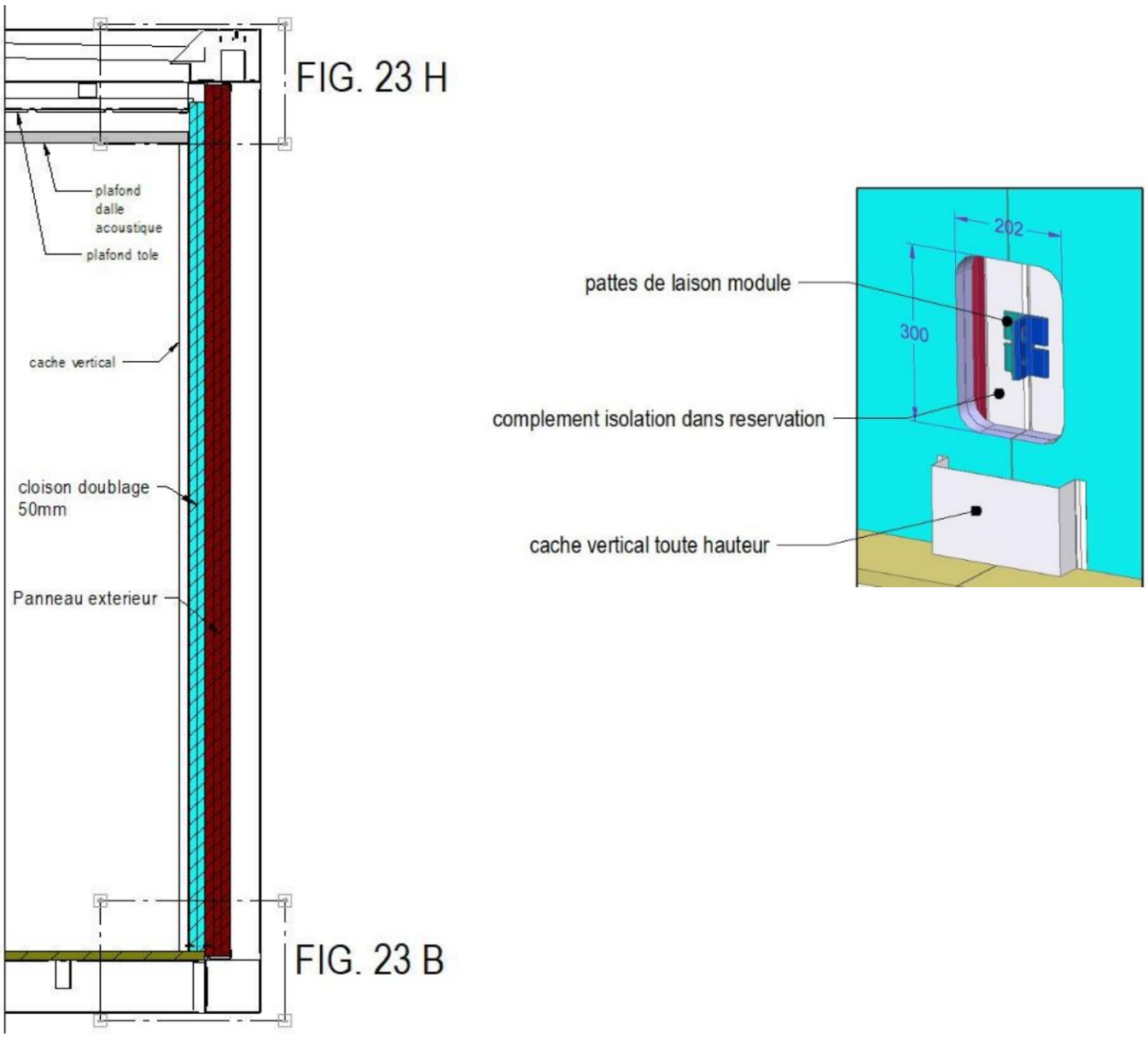


Figure 22 : principe de complexe paroi avec doublage intérieur

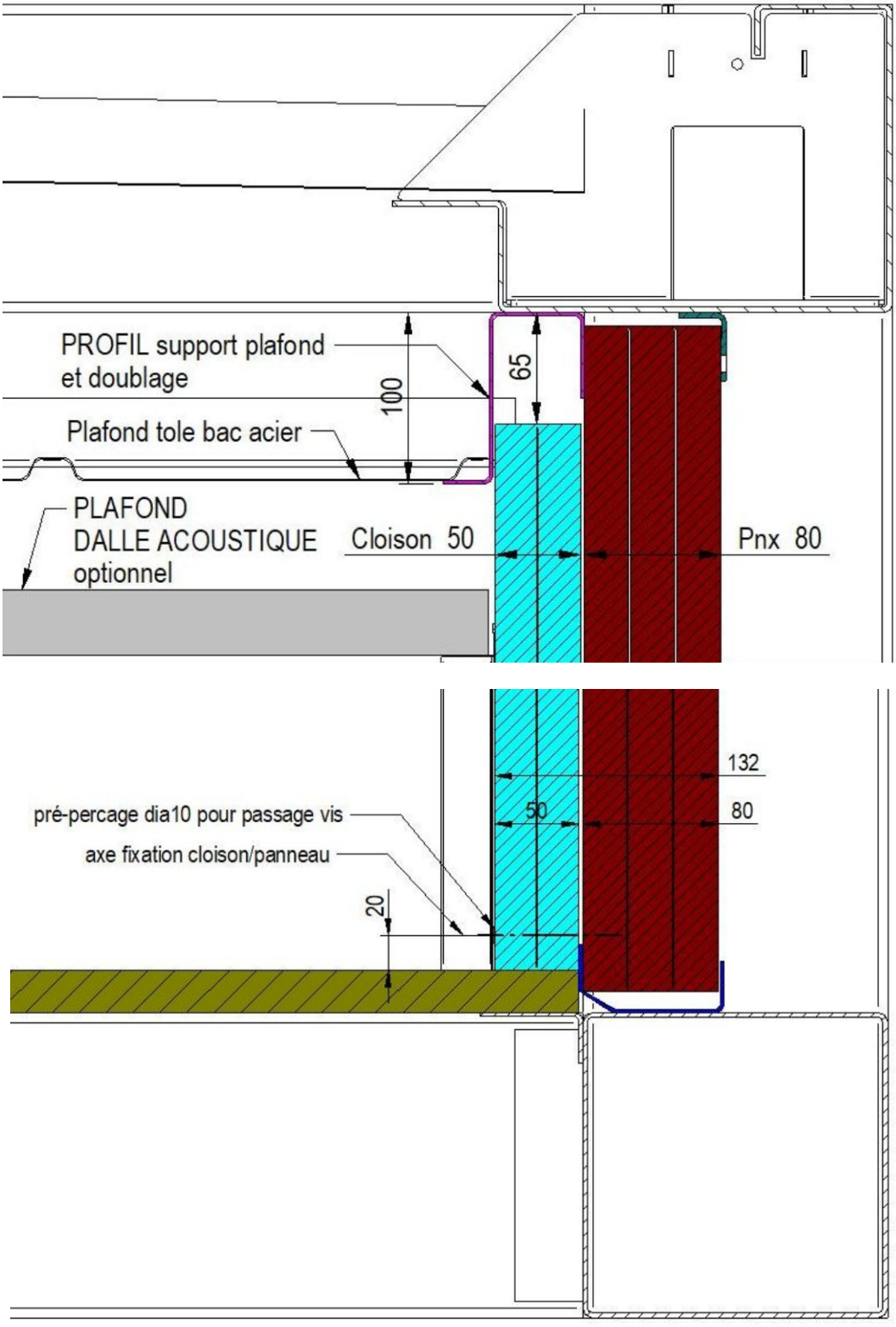


Figure 23 : tête (version plafond Bac Acier simple) et pied de paroi avec doublage

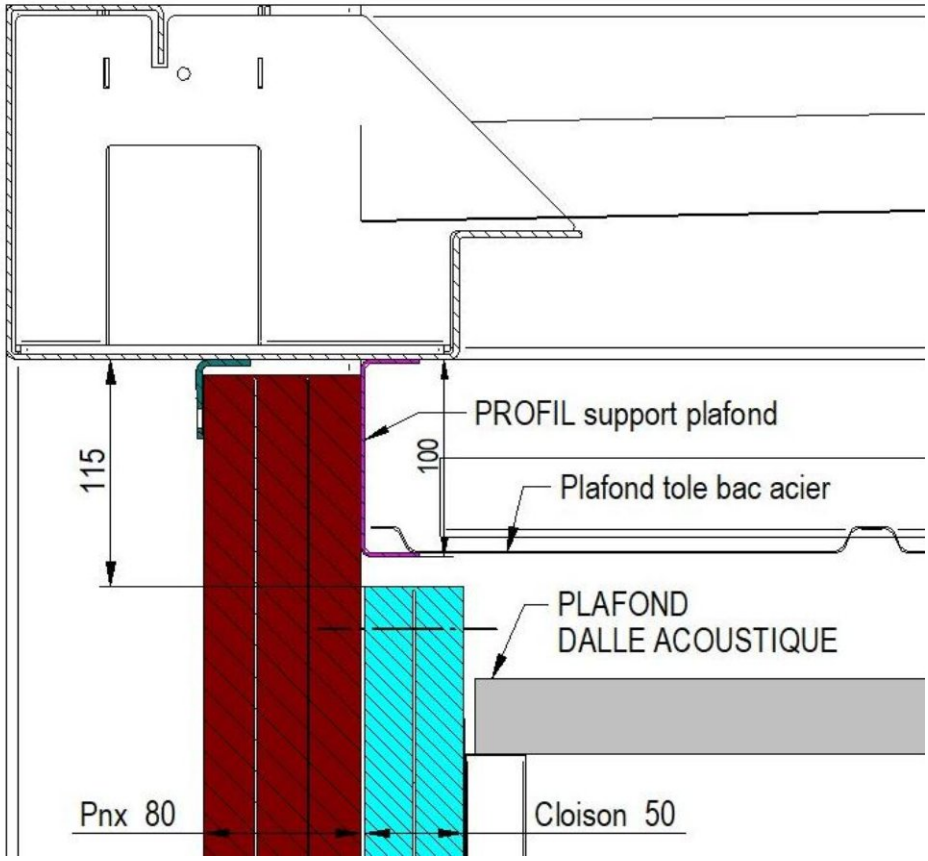


Figure 24 : tête de paroi avec doublage en version plafond Dalle Acoustiques

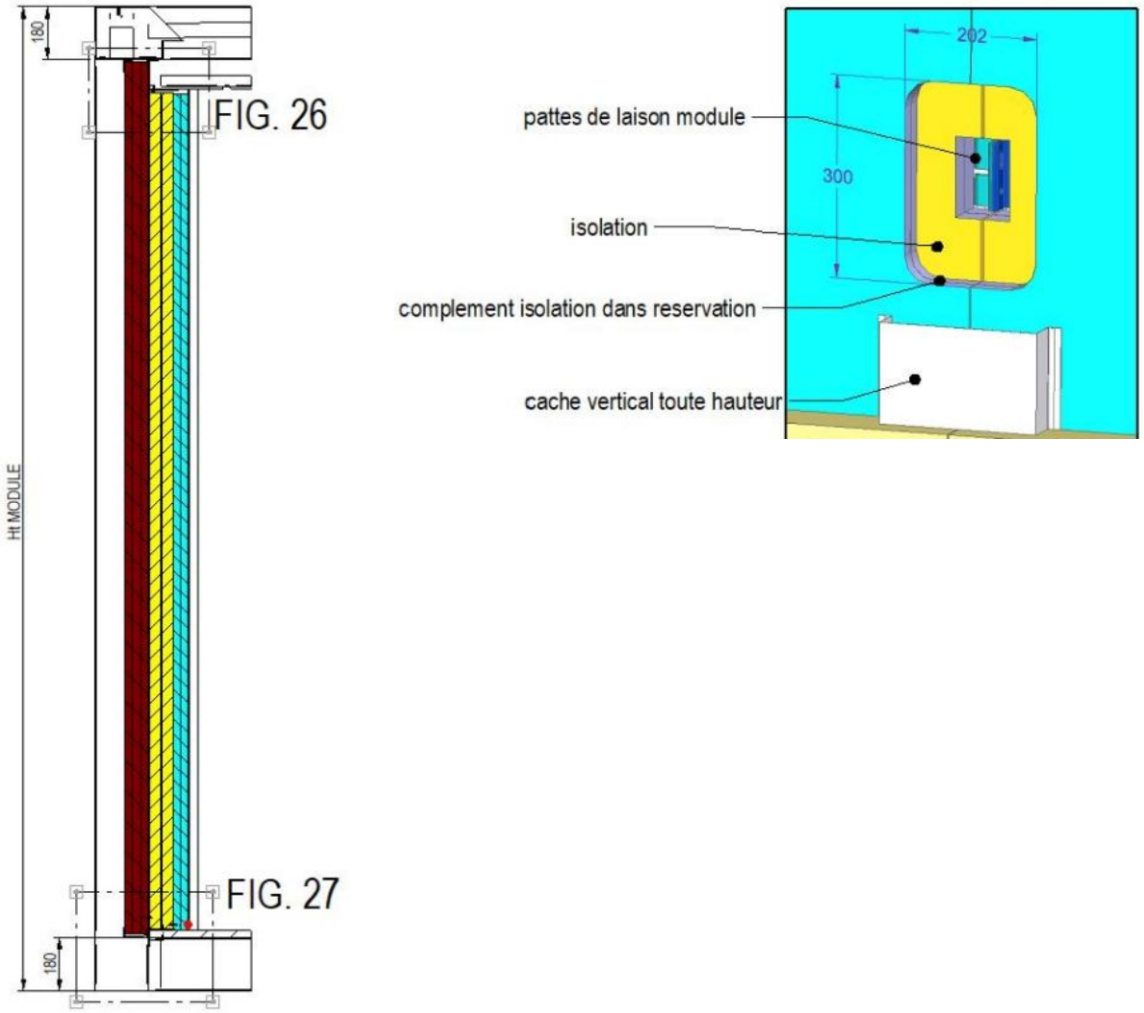


Figure 25 : principe de complexe paroi avec doublage intérieur triple épaisseur

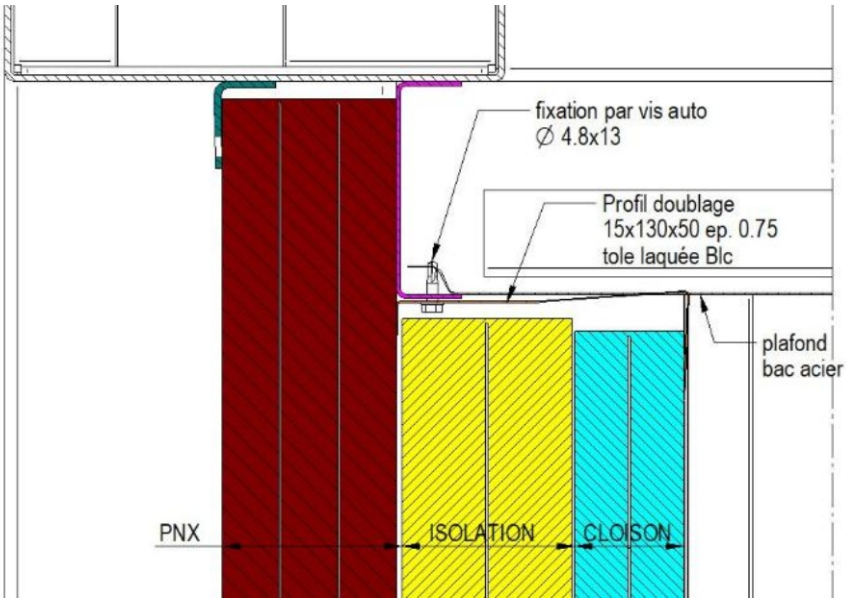


Figure 26 : tête de paroi avec doublage intérieur triple épaisseur

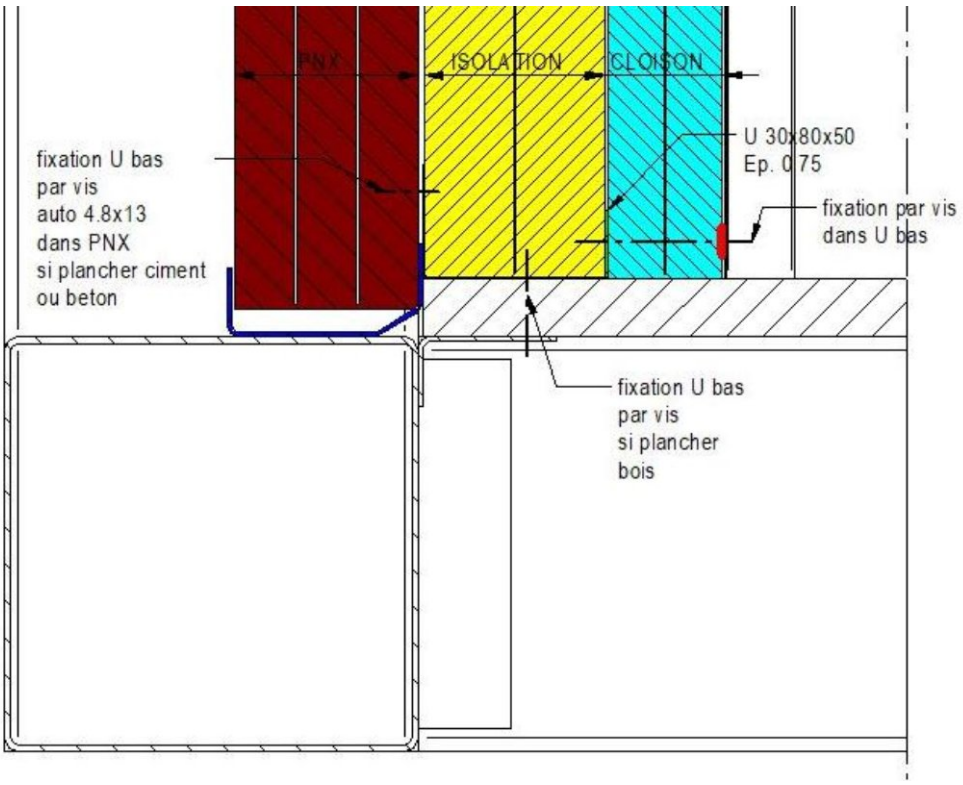


Figure 27 : pied de paroi avec doublage triple épaisseur

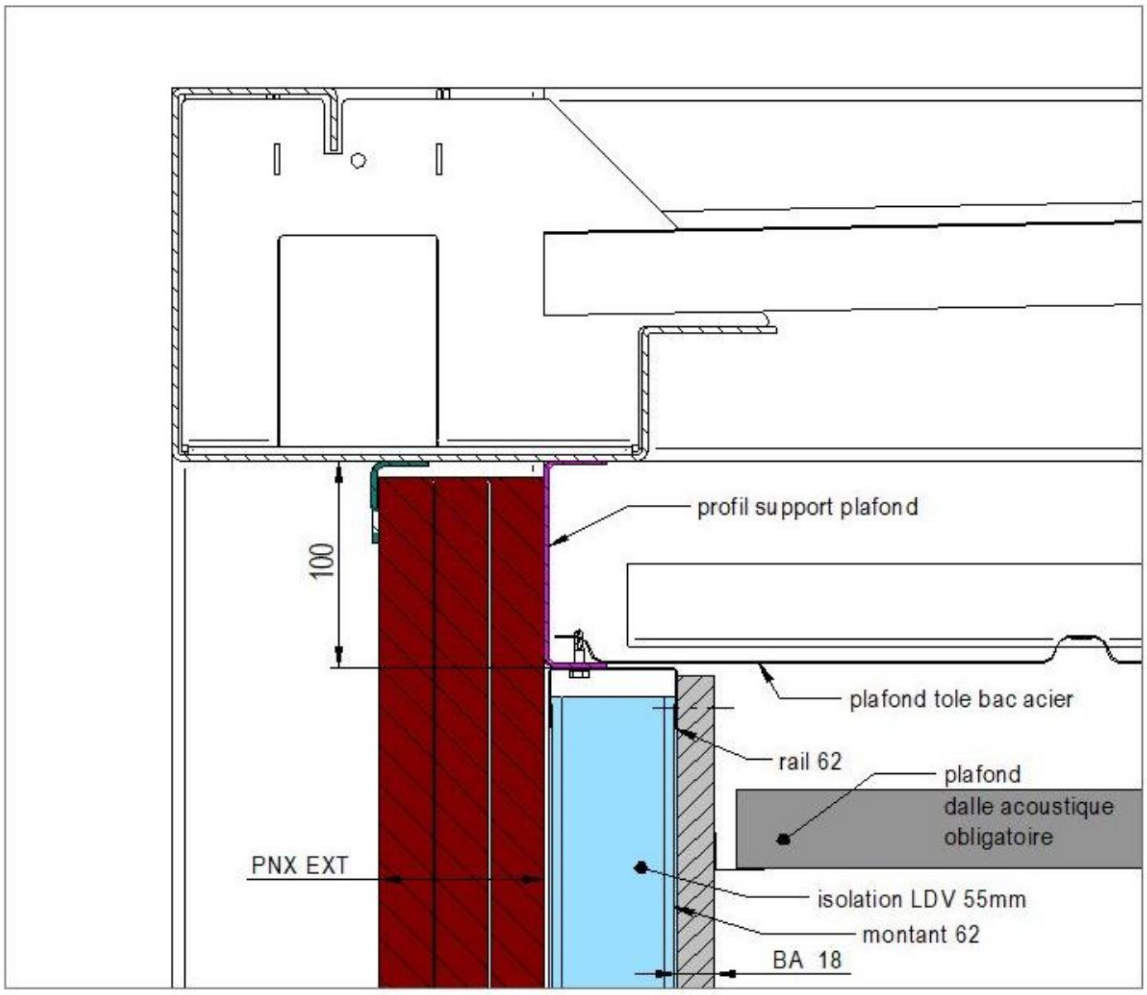


Figure 28 : complexe paroi avec doublage intérieur en plaques de plâtre

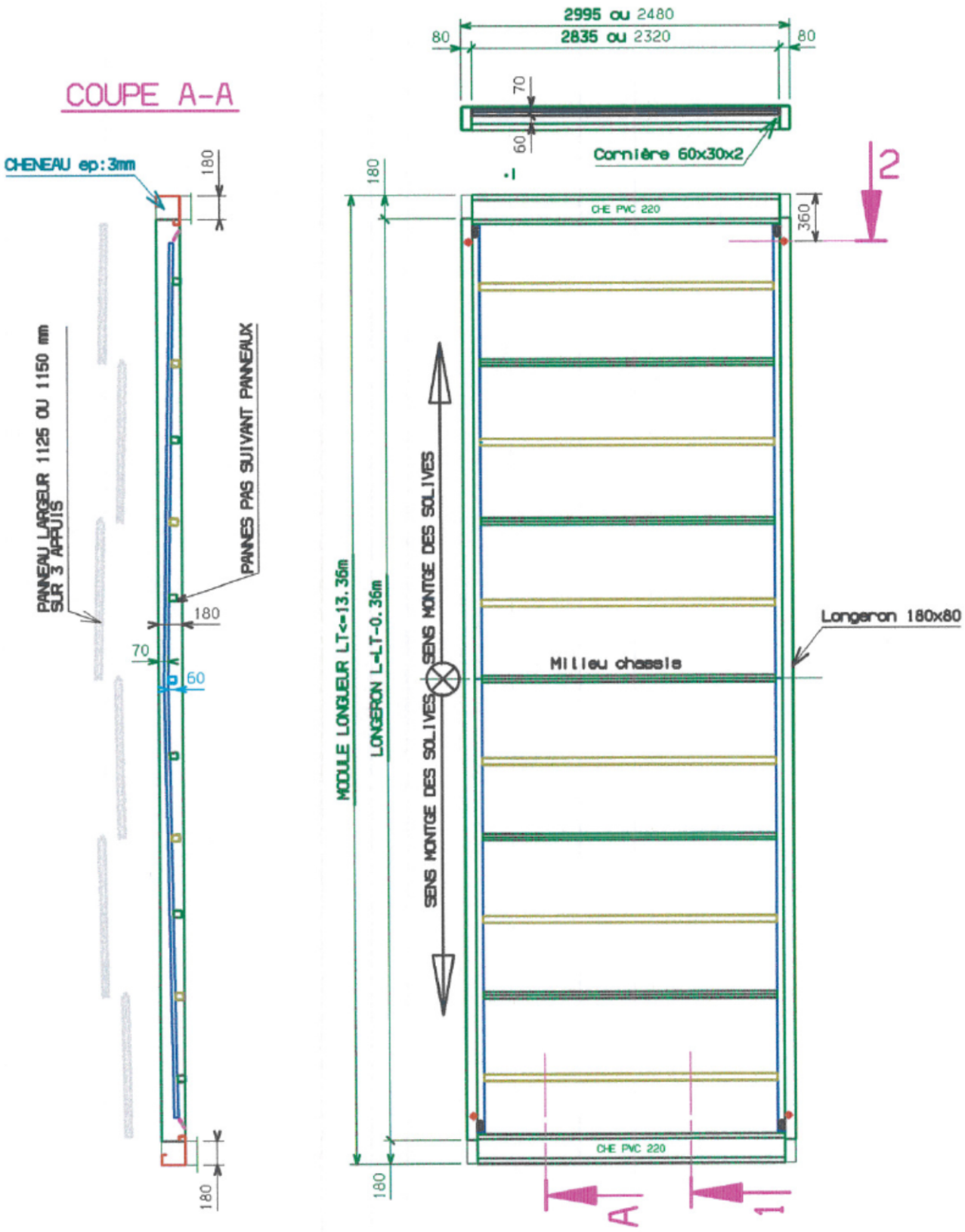


Figure 29 : coupes transversale et longitudinale d'un châssis toit PVC

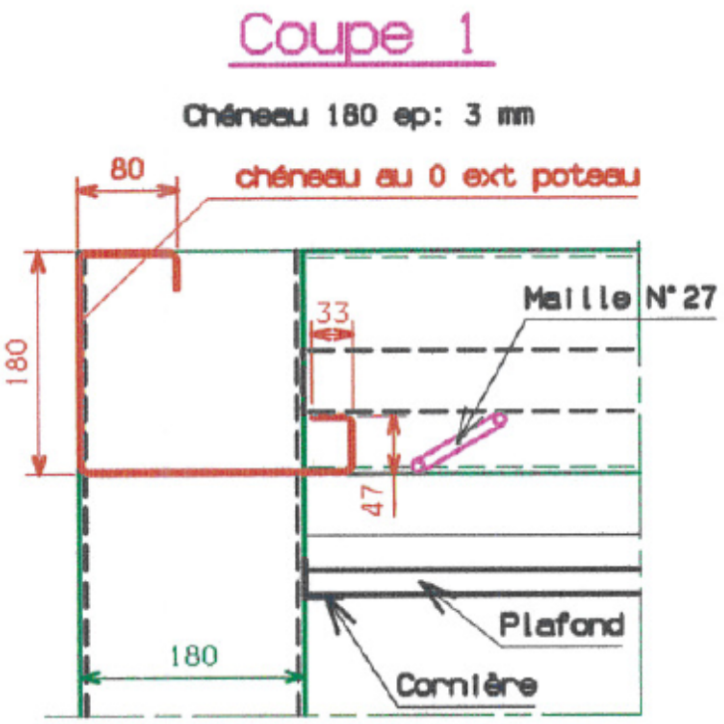


Figure 30 : TOITURE PVC : Détail chéneau en bas de pente

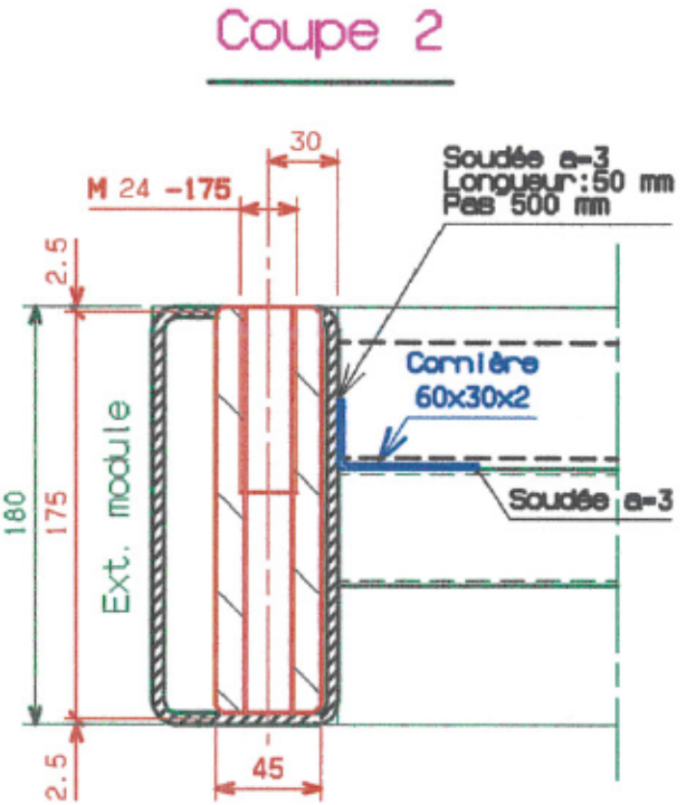


Figure 31 : TOITURE PVC : Détail insert pour manutention

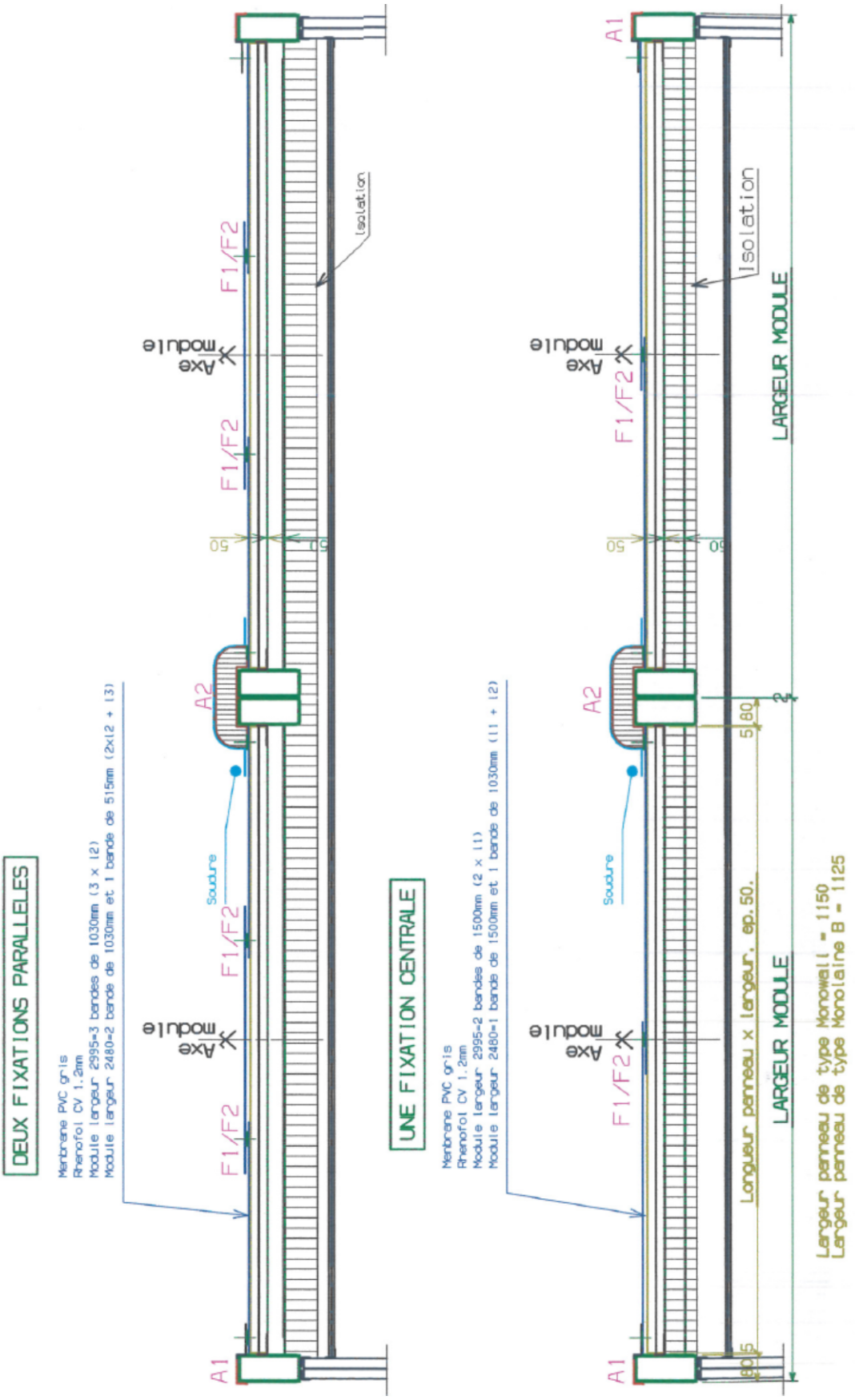


Figure 32 : TOITURE PVC : Positionnement des bandes de membranes

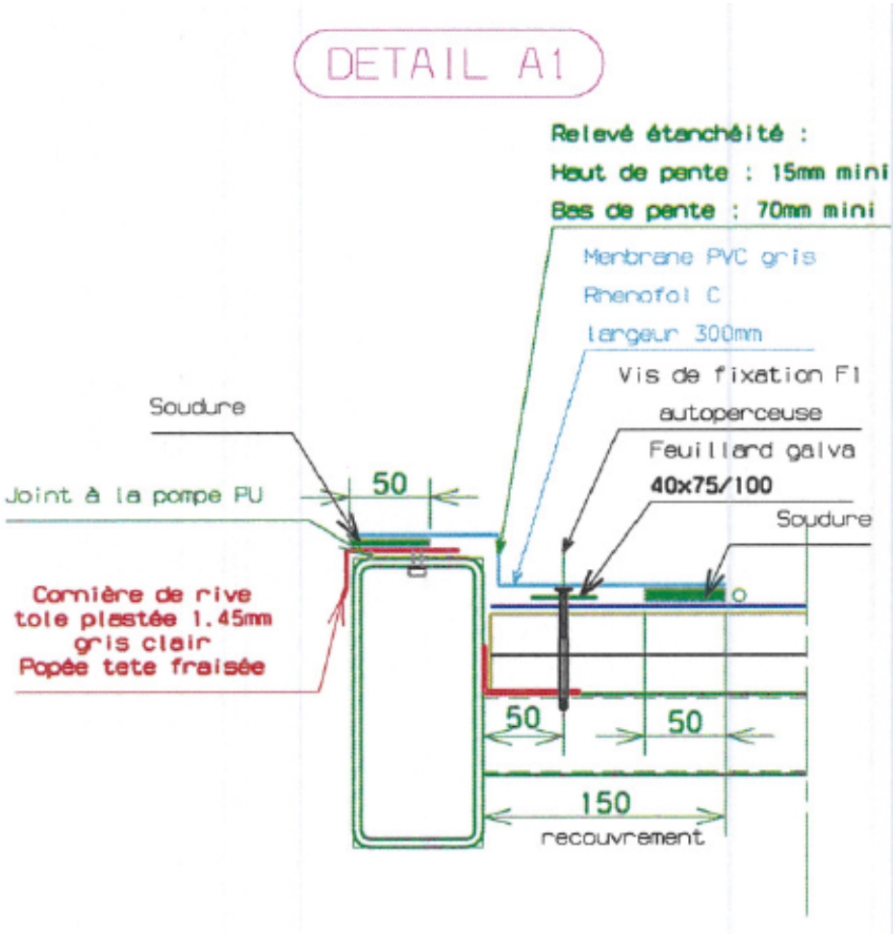
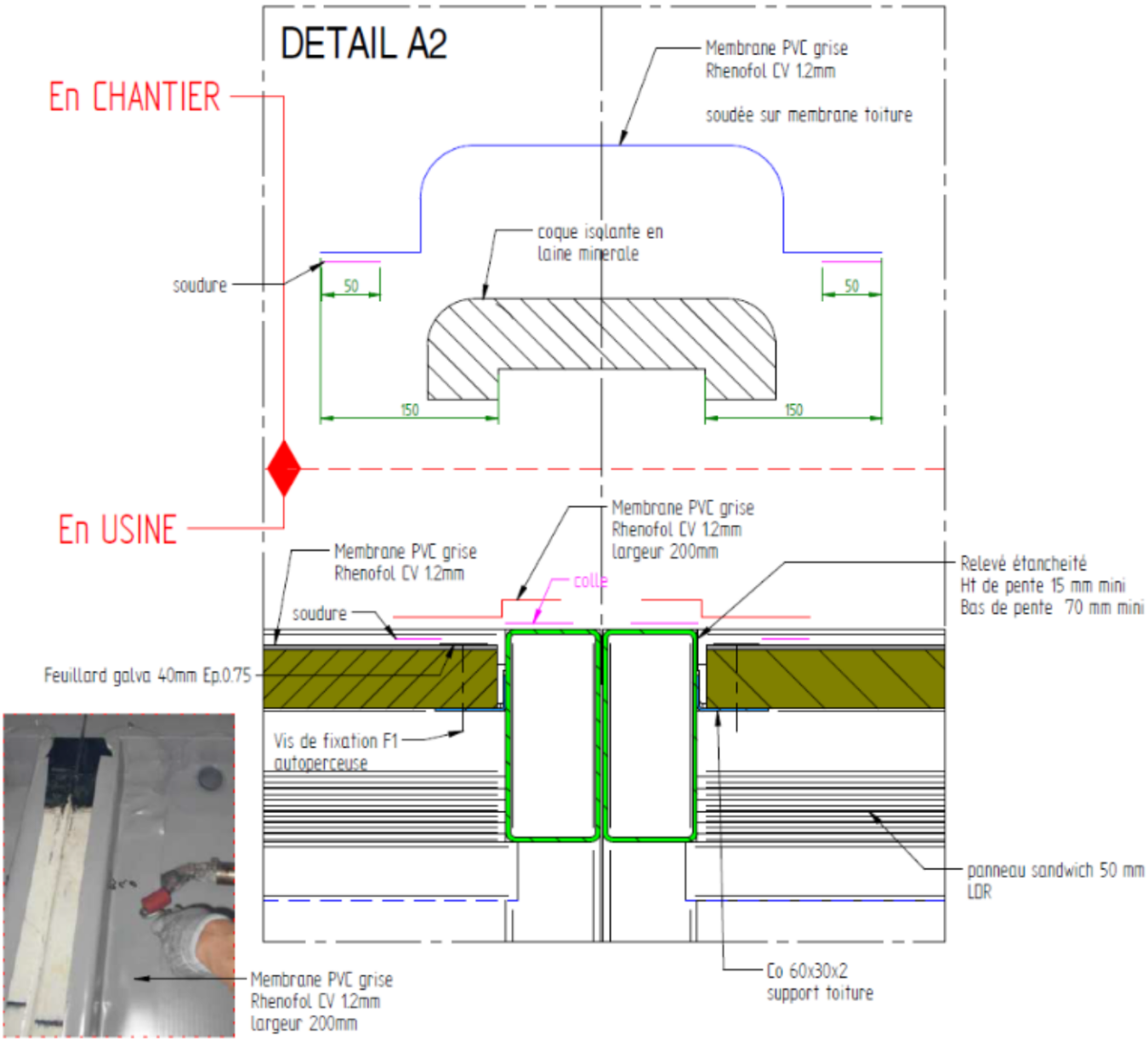


Figure 33 : TOITURE PVC : Traitement Long pan extérieur bâtiment



COLLE : a la colle contact Rhenofol N°20 largeur mini 30mm
SOUDURE : au solvant PVC Rhenofol THF ou AIR chaud largeur mini 50mm
confirmation des soudures par liquide PVC gris Rhenofol

Figure 34 : TOITURE PVC : Traitement Long pan en jonction de module

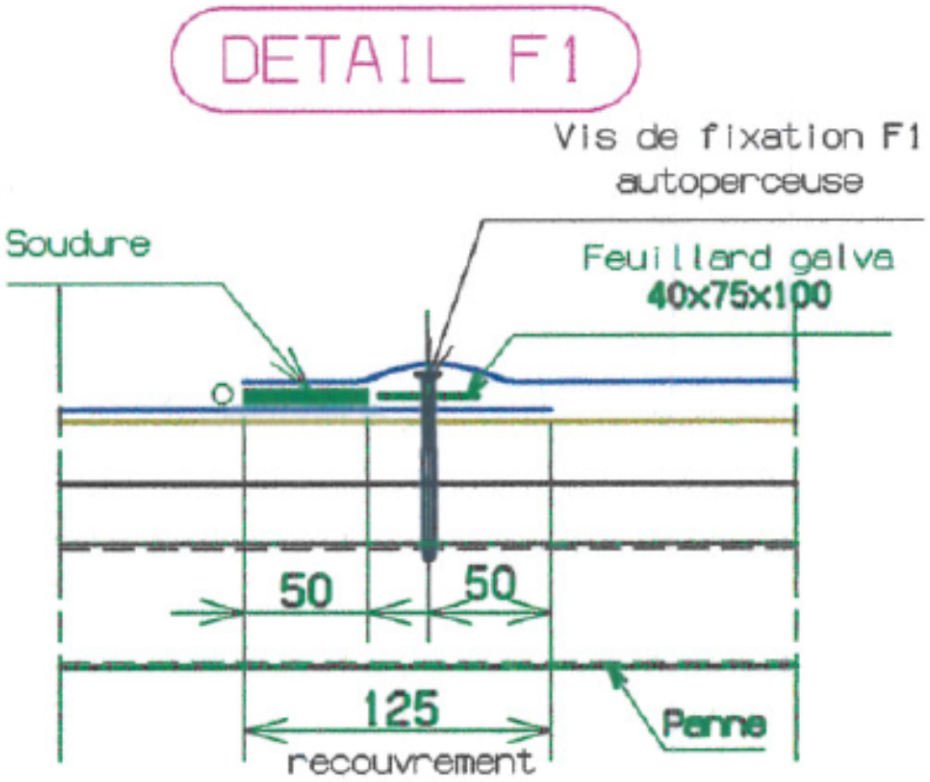


Figure 35 : TOITURE PVC : Fixation membrane par feuillard sur panneau + panne

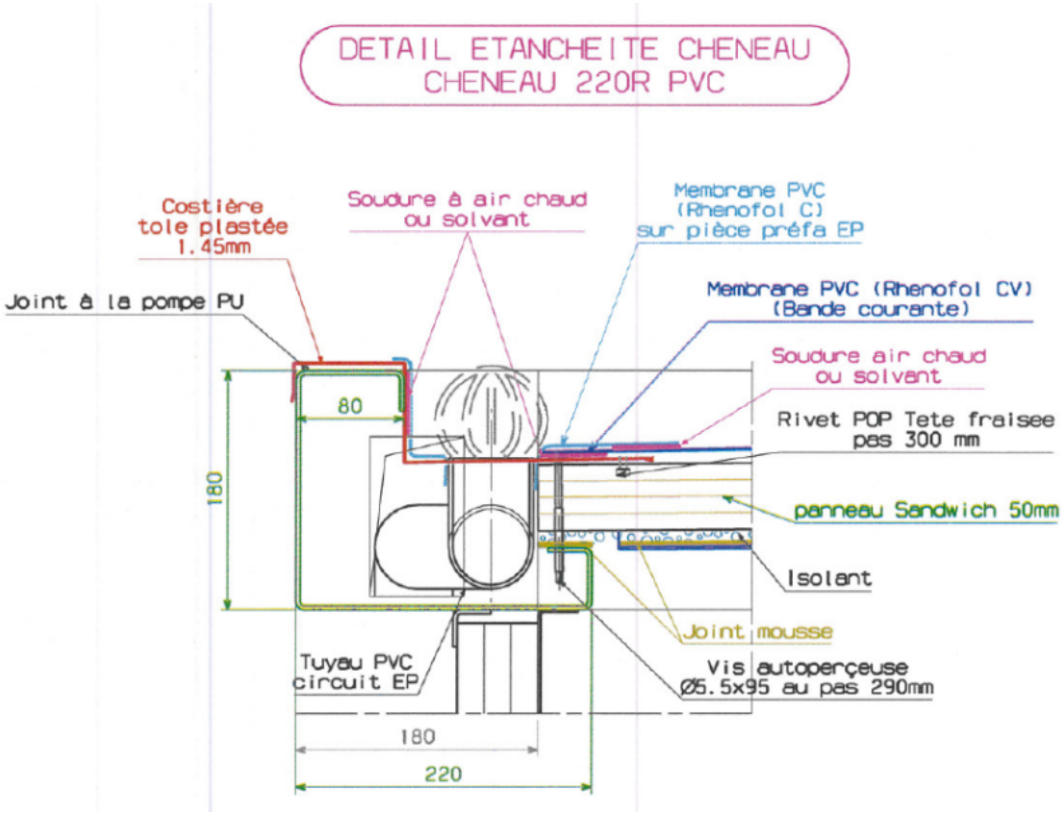


Figure 36 : TOITURE PVC : Détail étanchéité chéneau + naissance EP

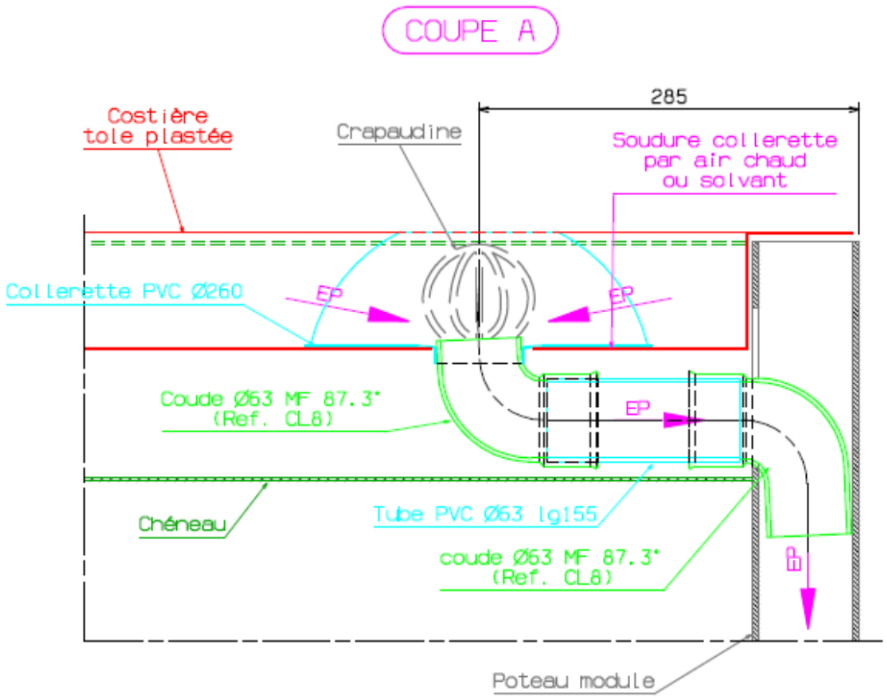


Figure 37 : TOITURE PVC : Détail évacuation EP

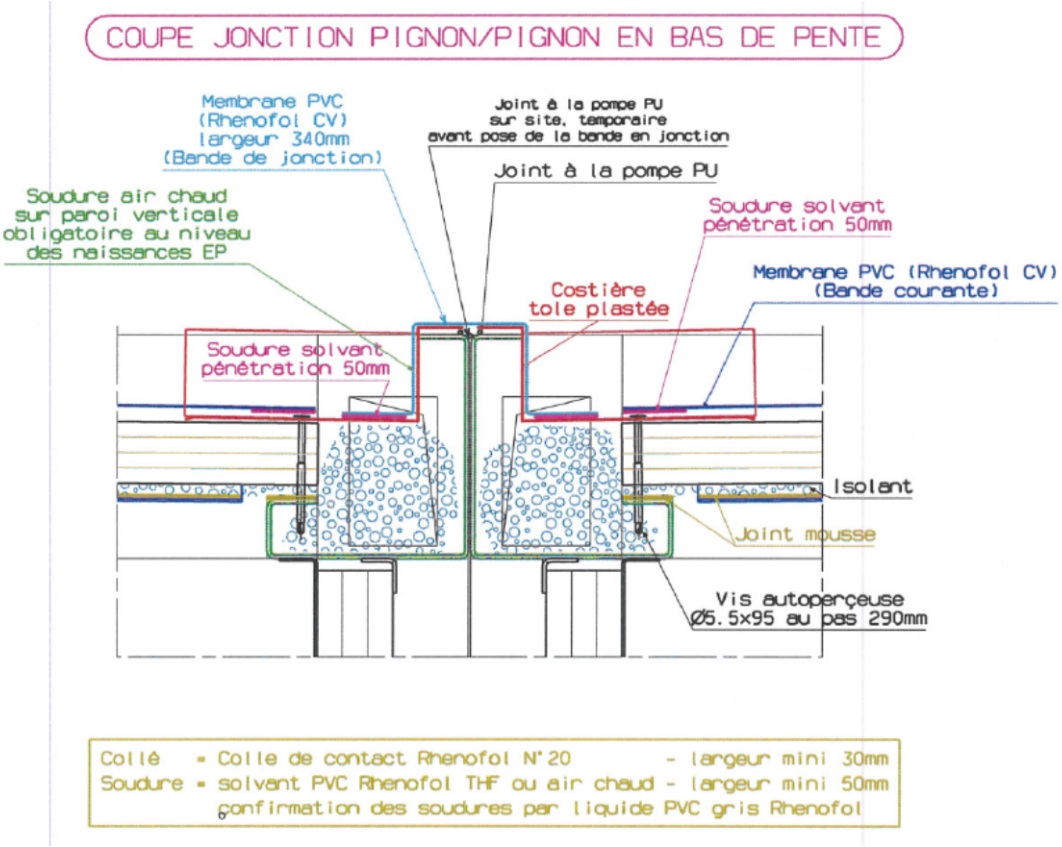


Figure 38 : TOITURE PVC – Traitement jonction pignon/pignon de module

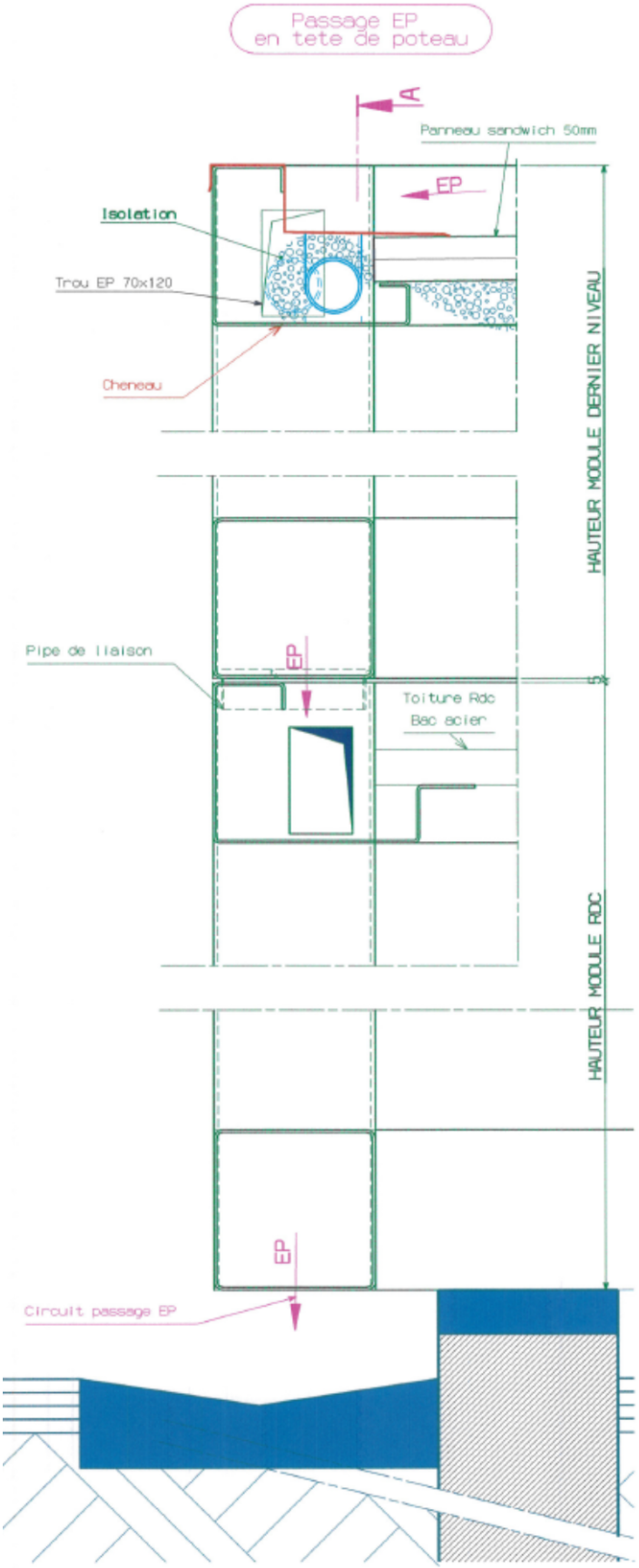


Figure 39 : COUPE VERTICALE : Passage EP dans les poteaux de module avec toiture PVC

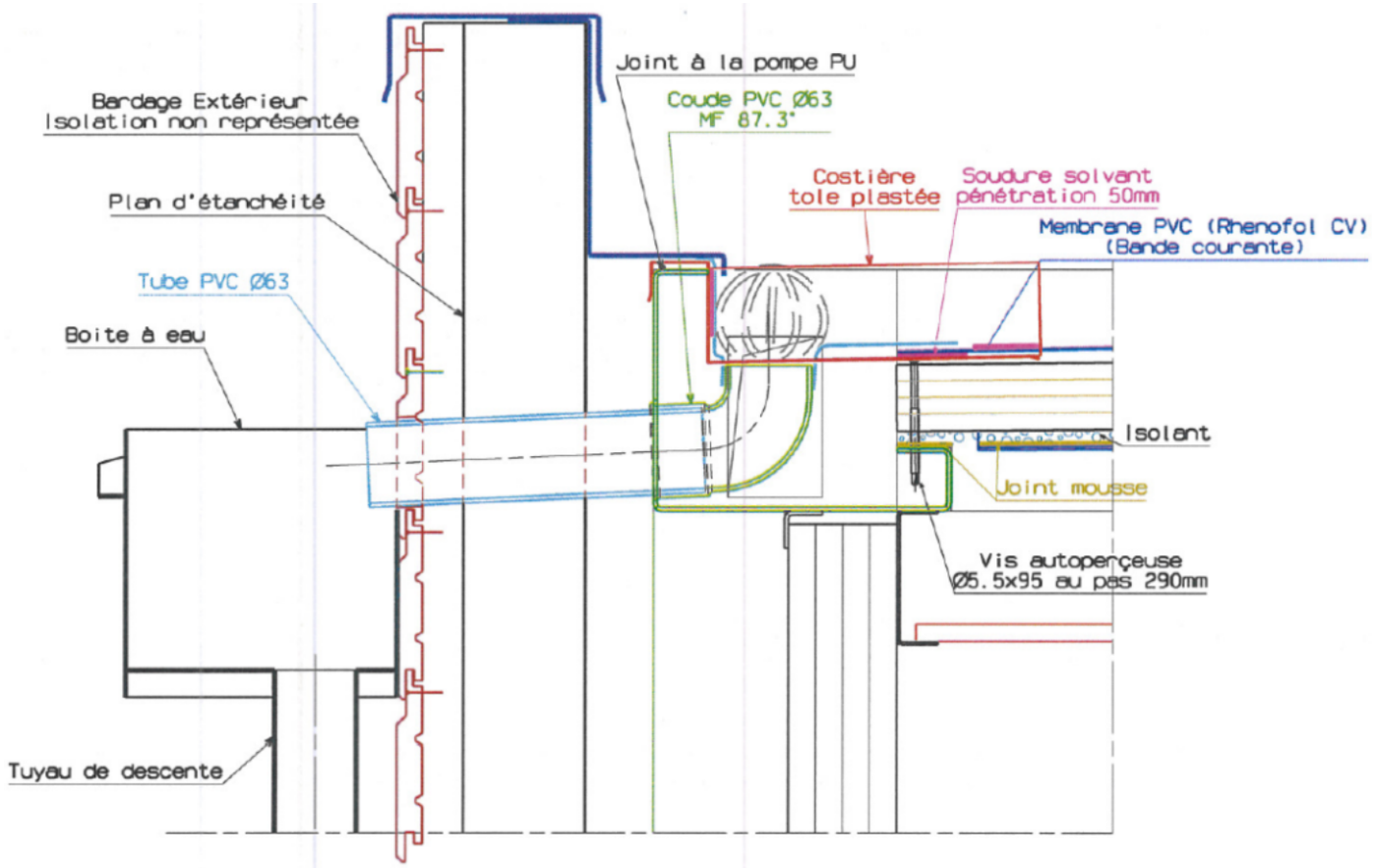


Figure 40 : TOITURE PVC : Option évacuation eau pluviale par boîte à eau

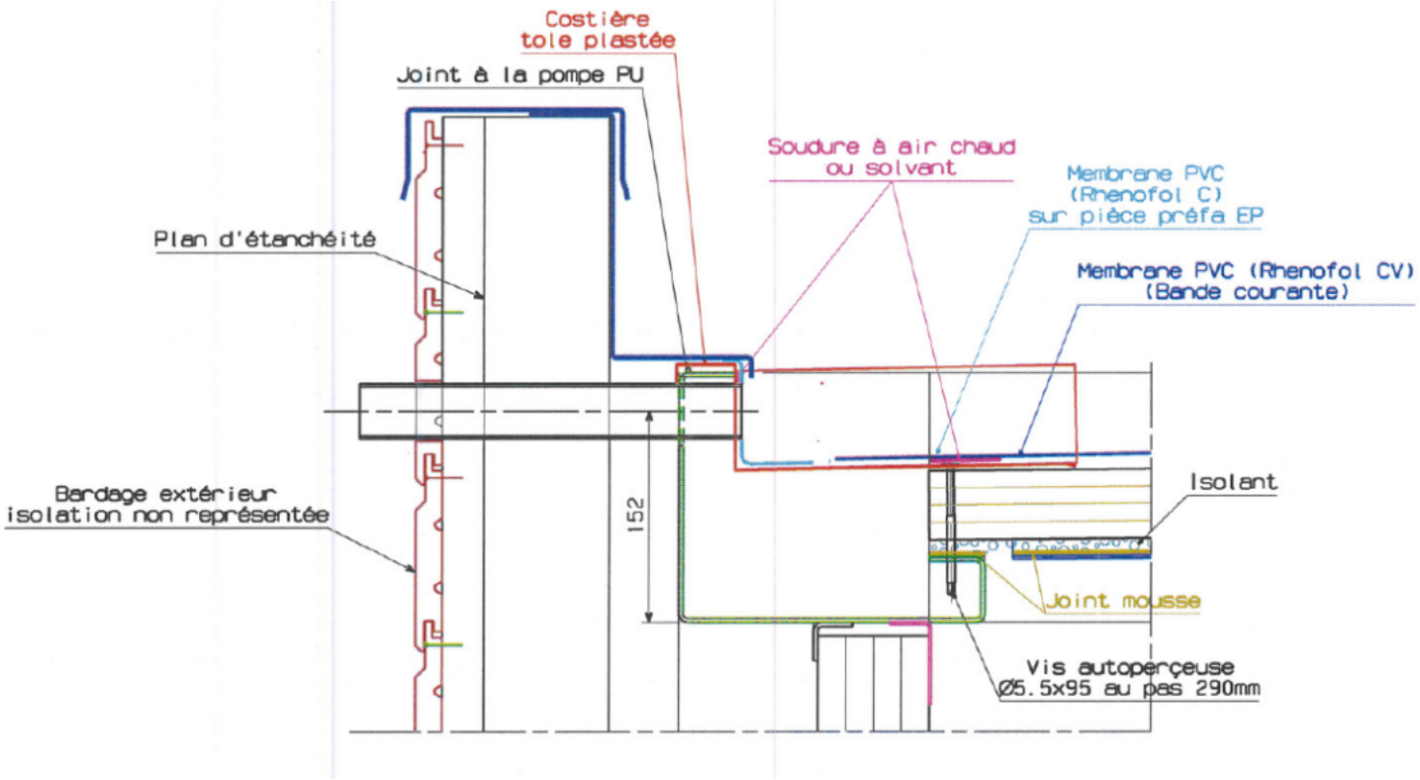


Figure 41 : TOITURE PVC – Option évacuation EP par boîte à eau, détail Trop plein

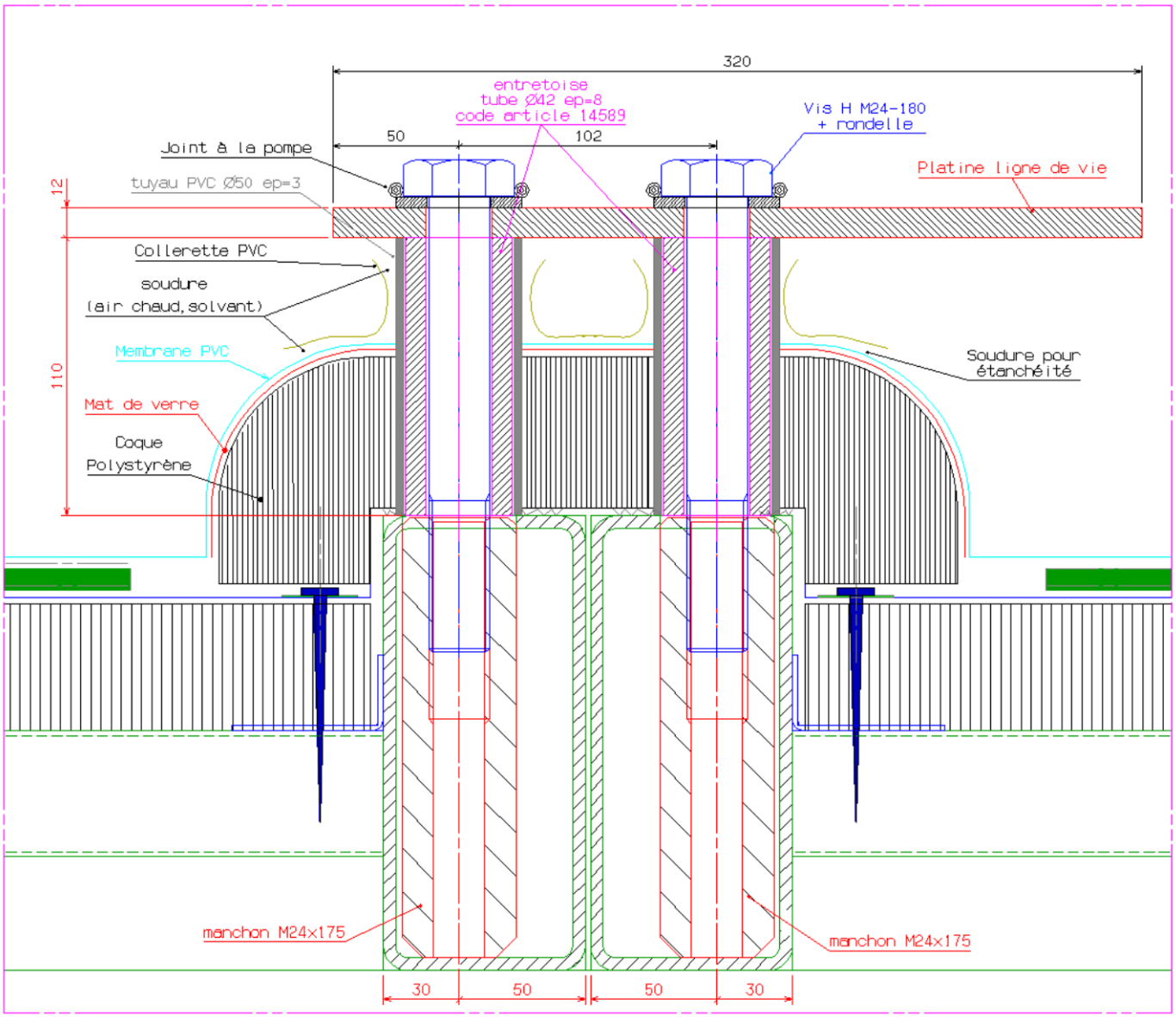


Figure 42 : Fixation ligne de vie en toiture PVC

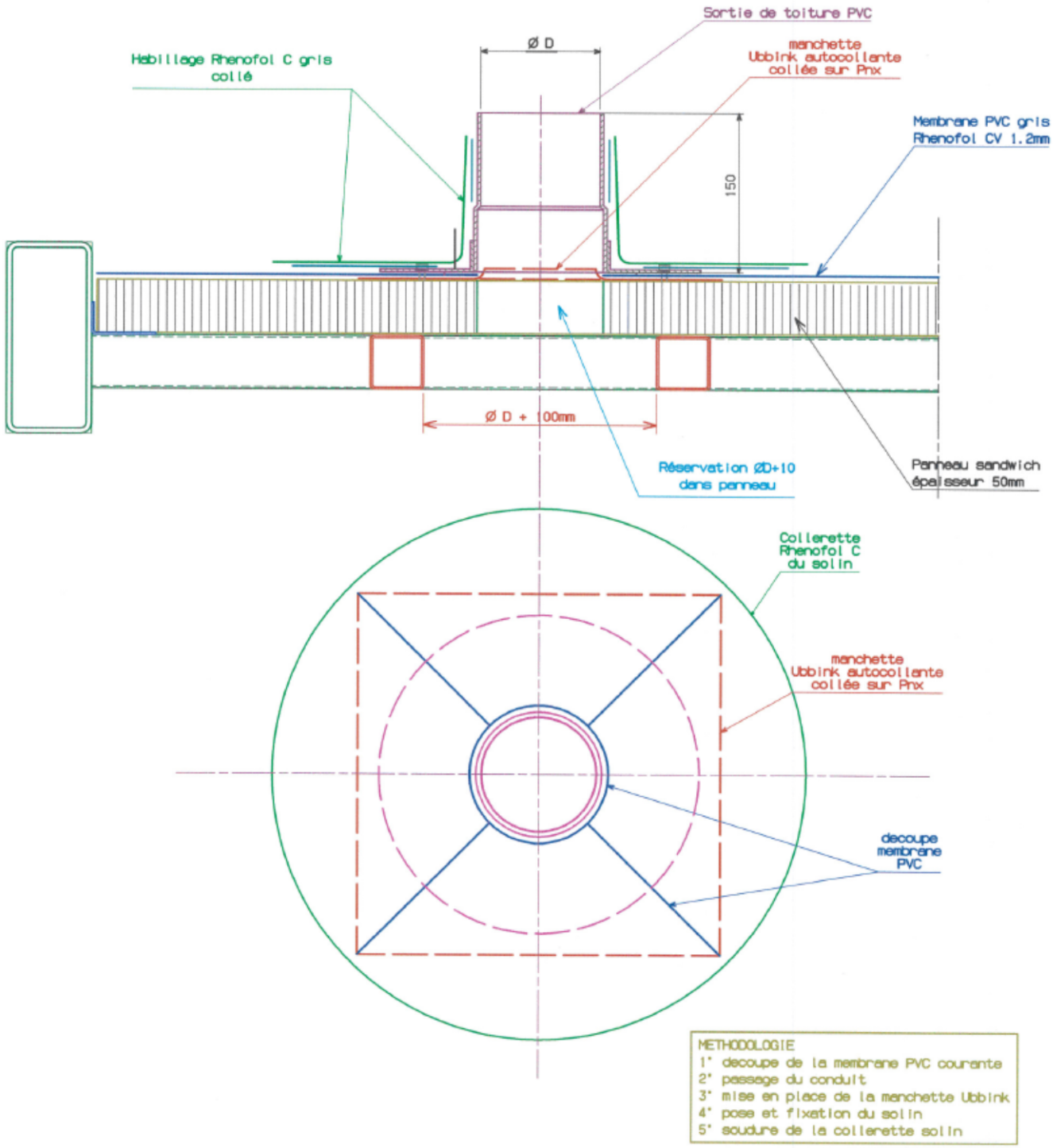


Figure 43 : Traversée de toiture PVC

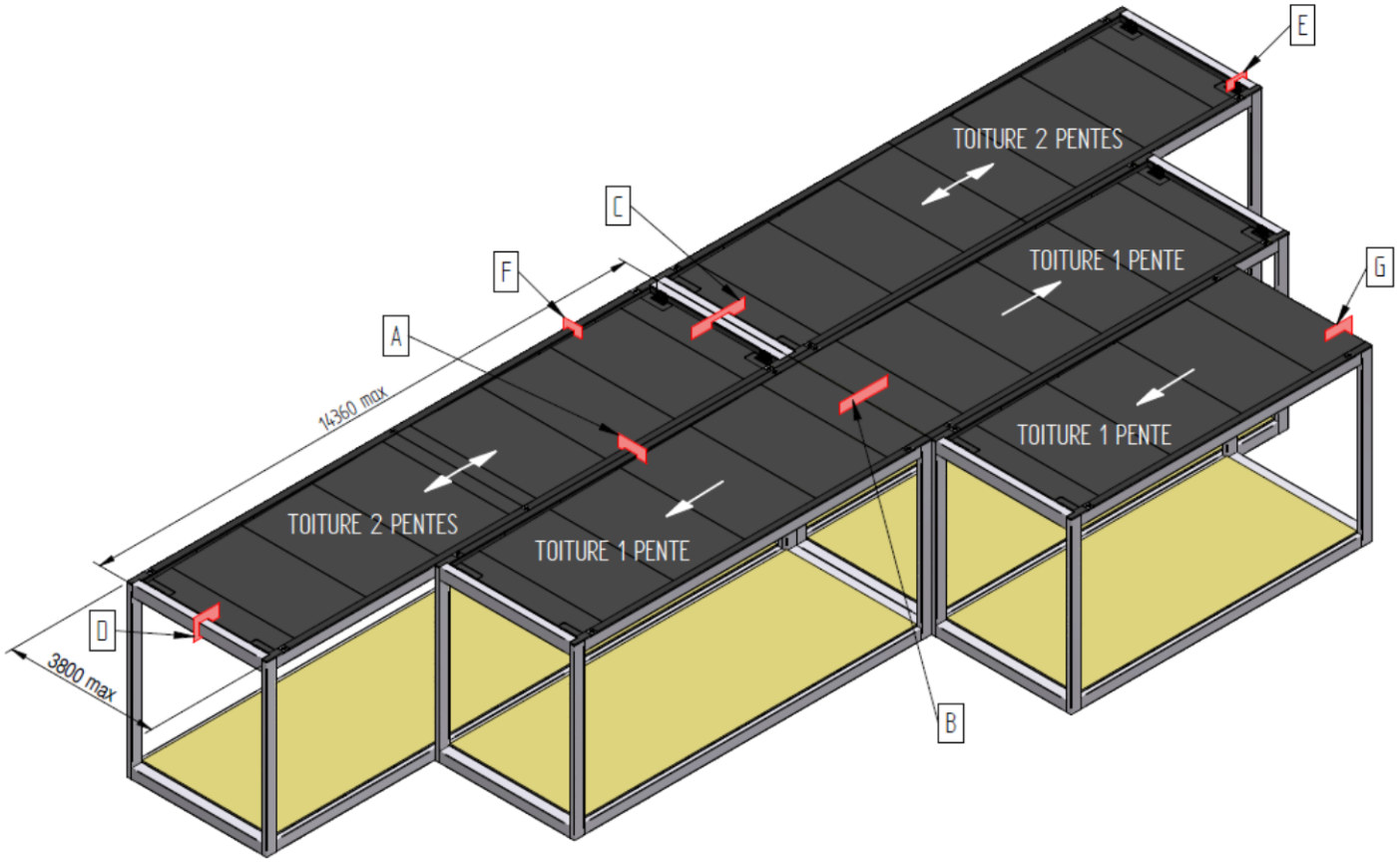


Figure 44 : Vue globale de principe Toiture EPDM



Figure 45 : Coupes longitudinales et transversales toiture EPDM

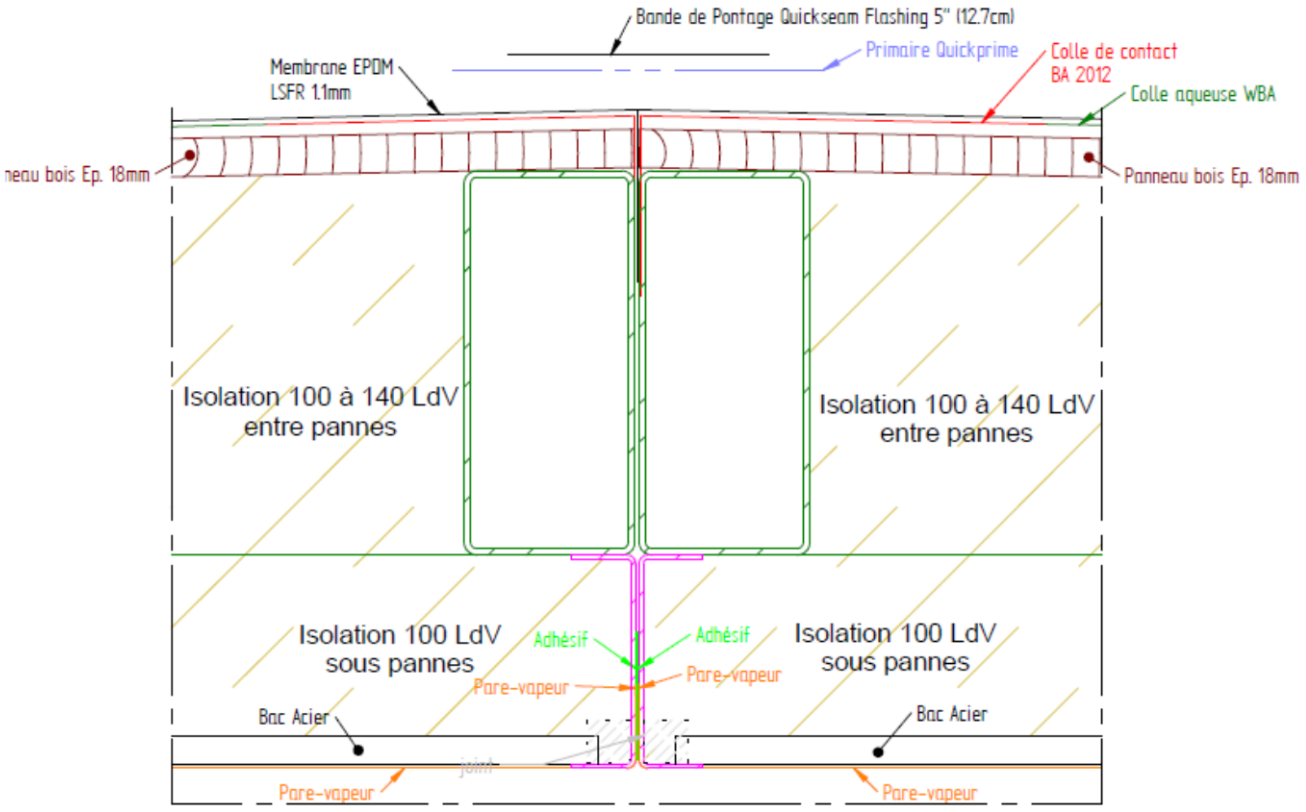


Figure 46 : Coupe de jonction haut de pente Pignon/Pignon toiture EPDM

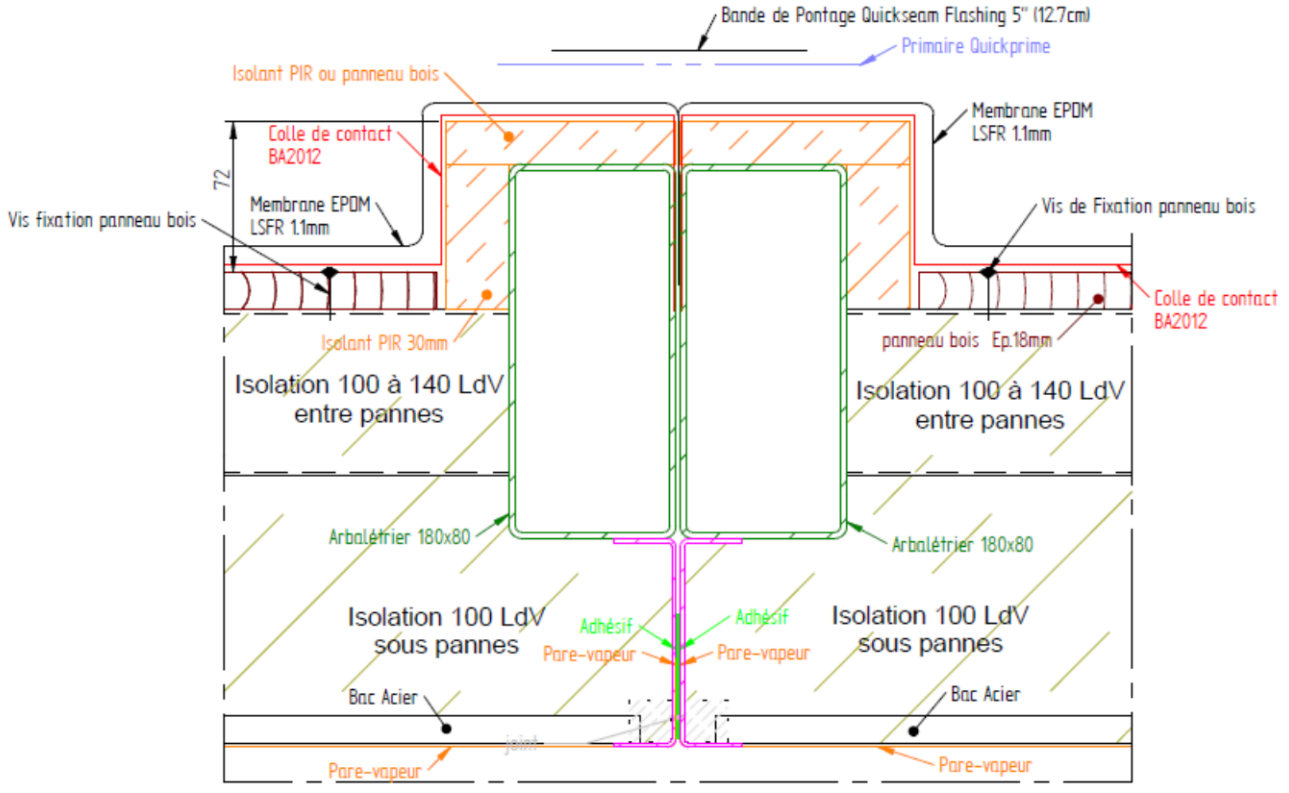


Figure 47 : Coupe jonction long pan/long pan toiture EPD

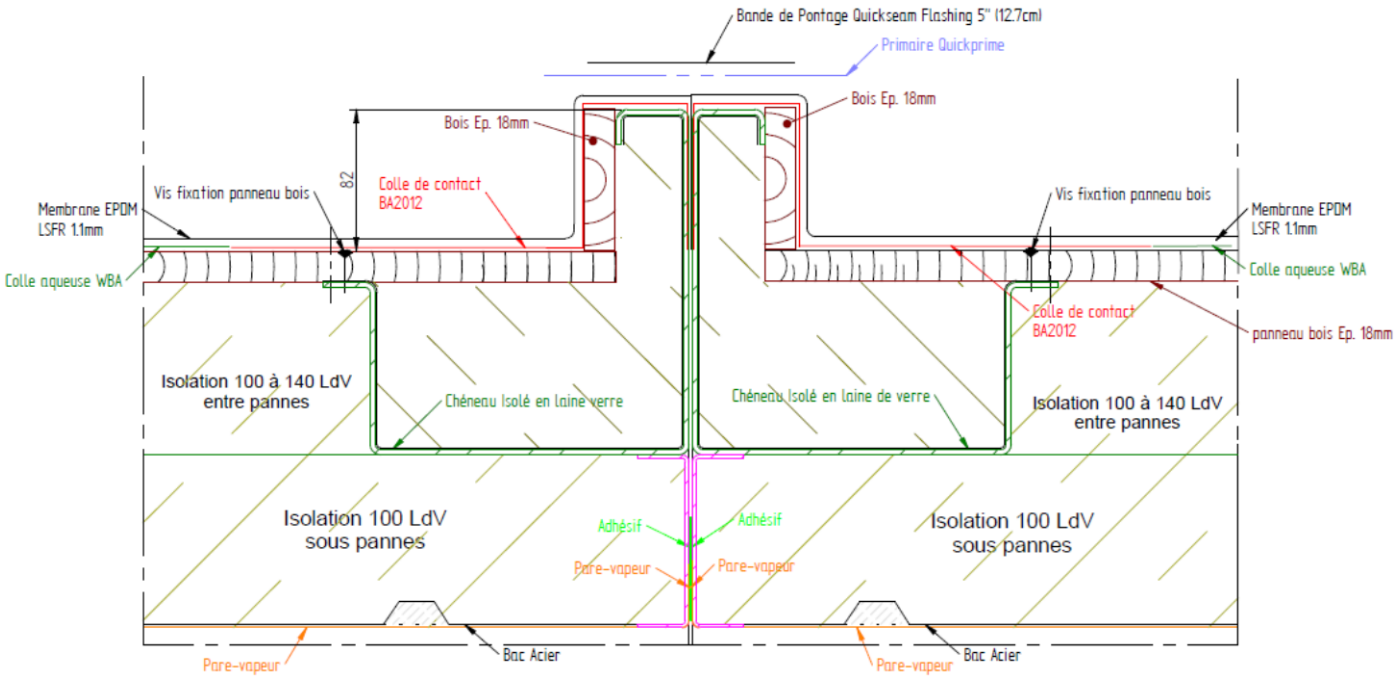


Figure 48 : Coupe jonction bas de pente Pignon/Pignon toiture EPDM

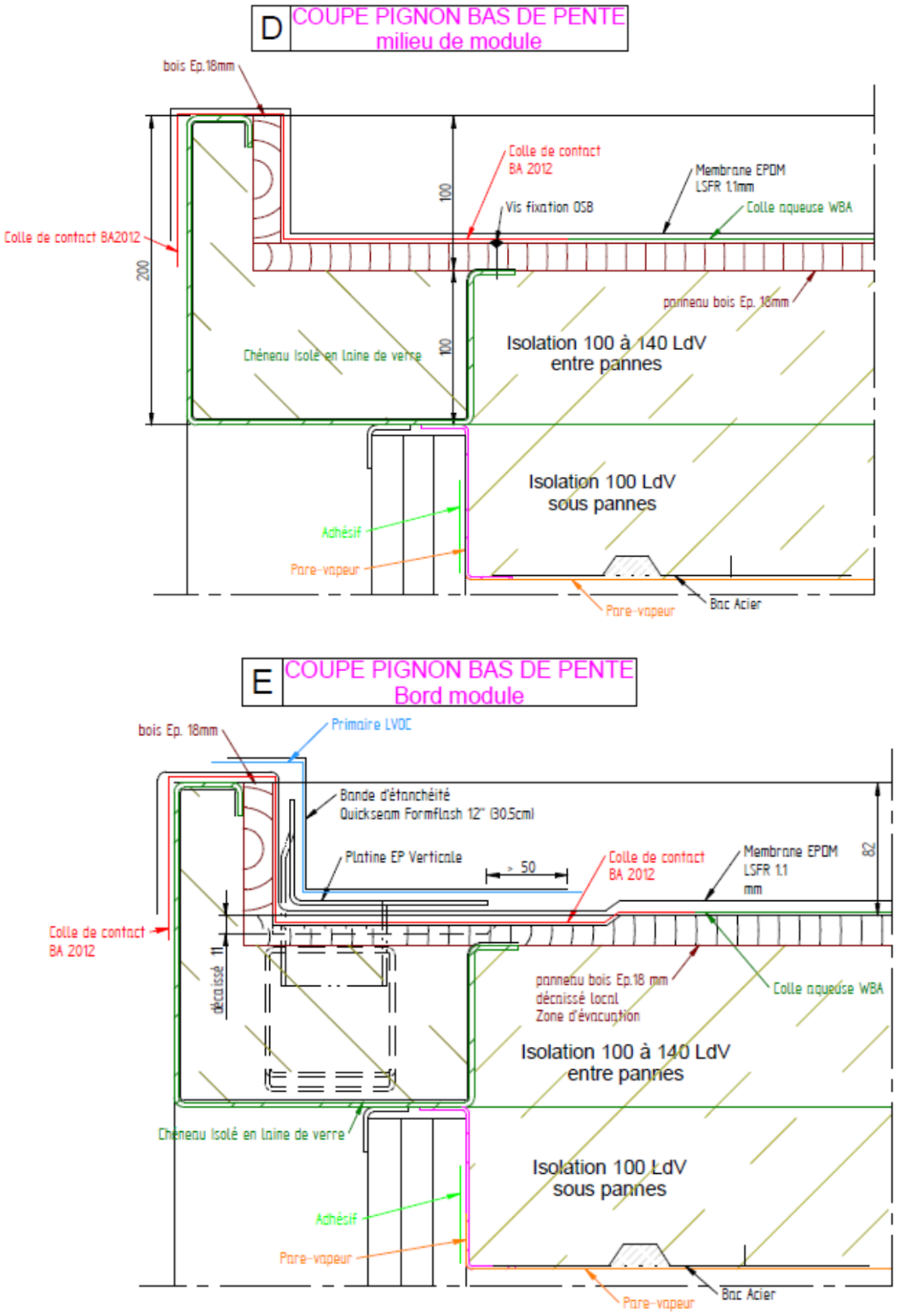


Figure 49 : Coupes pignon bas de pente

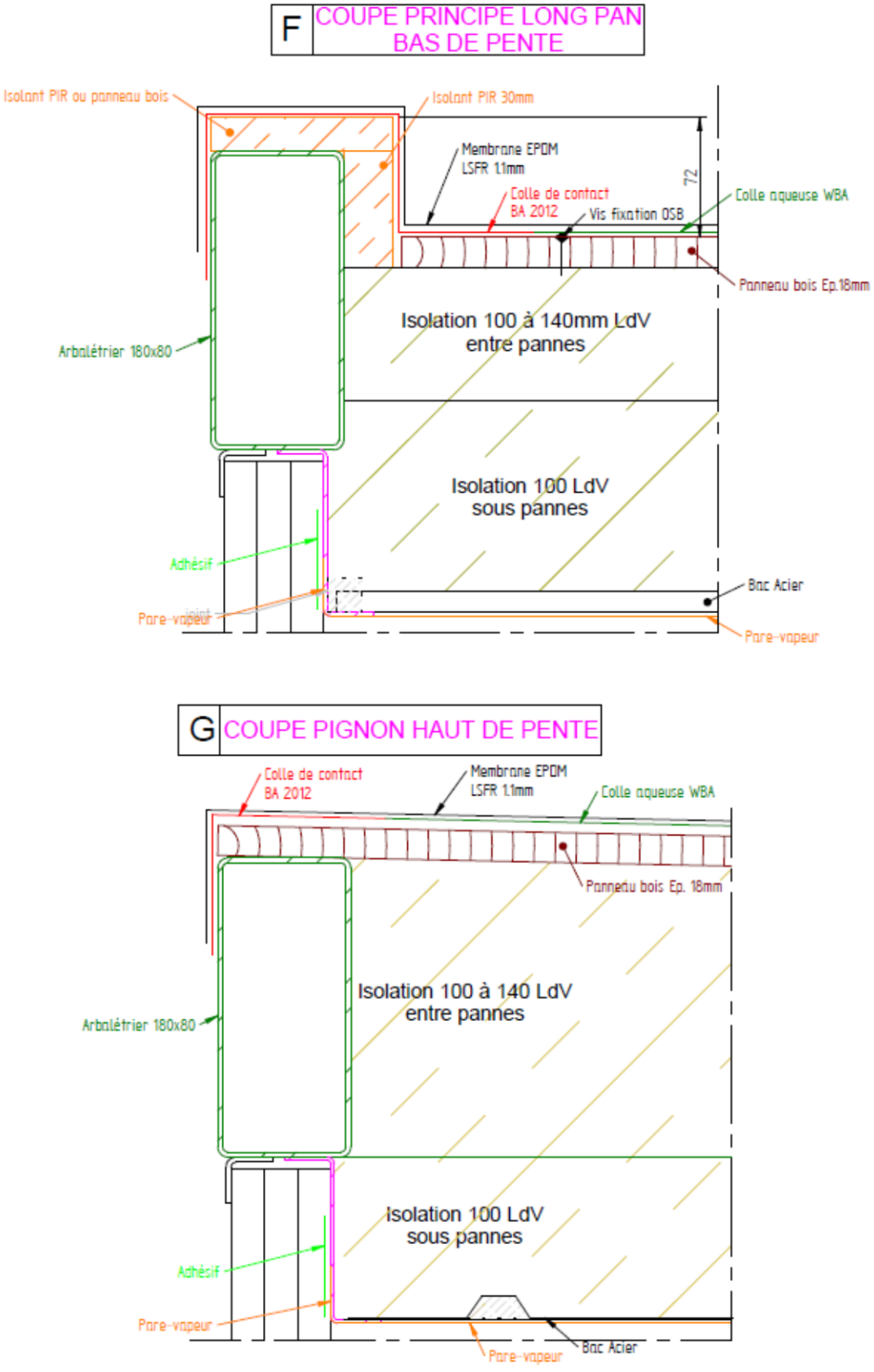


Figure 50 : Coupe long pan et Haut de pente

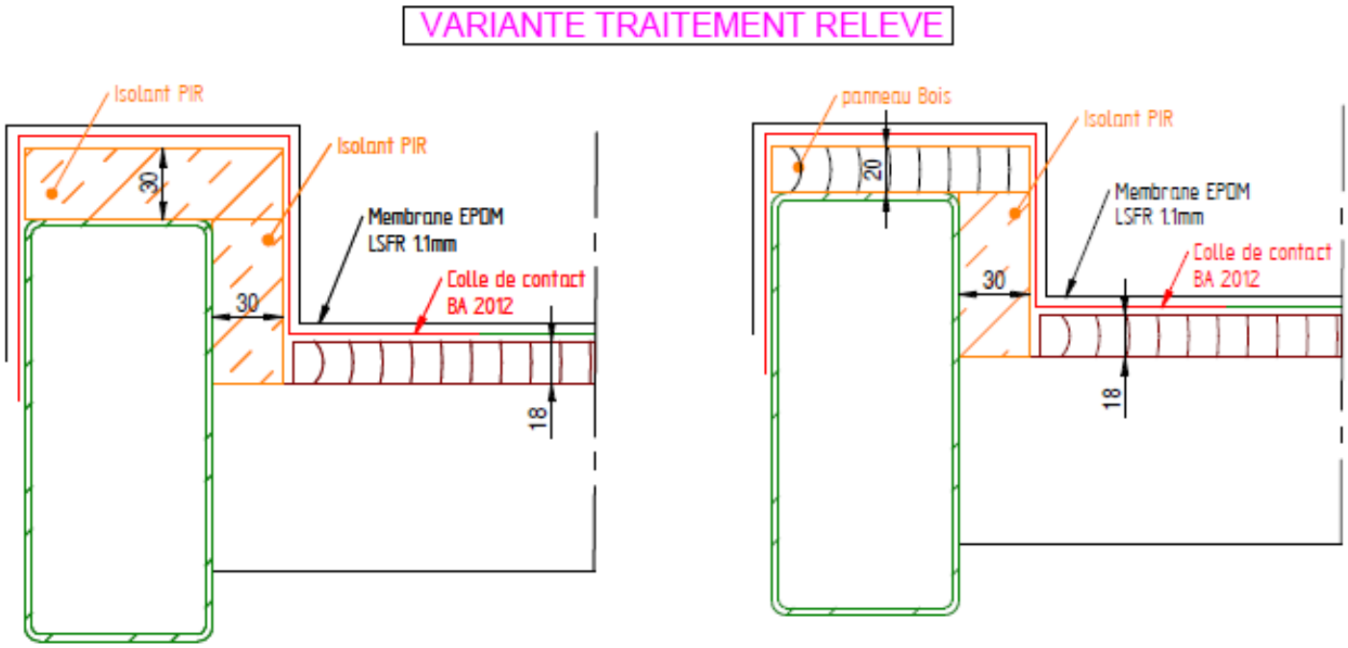


Figure 51 : Variante de traitement des relevés

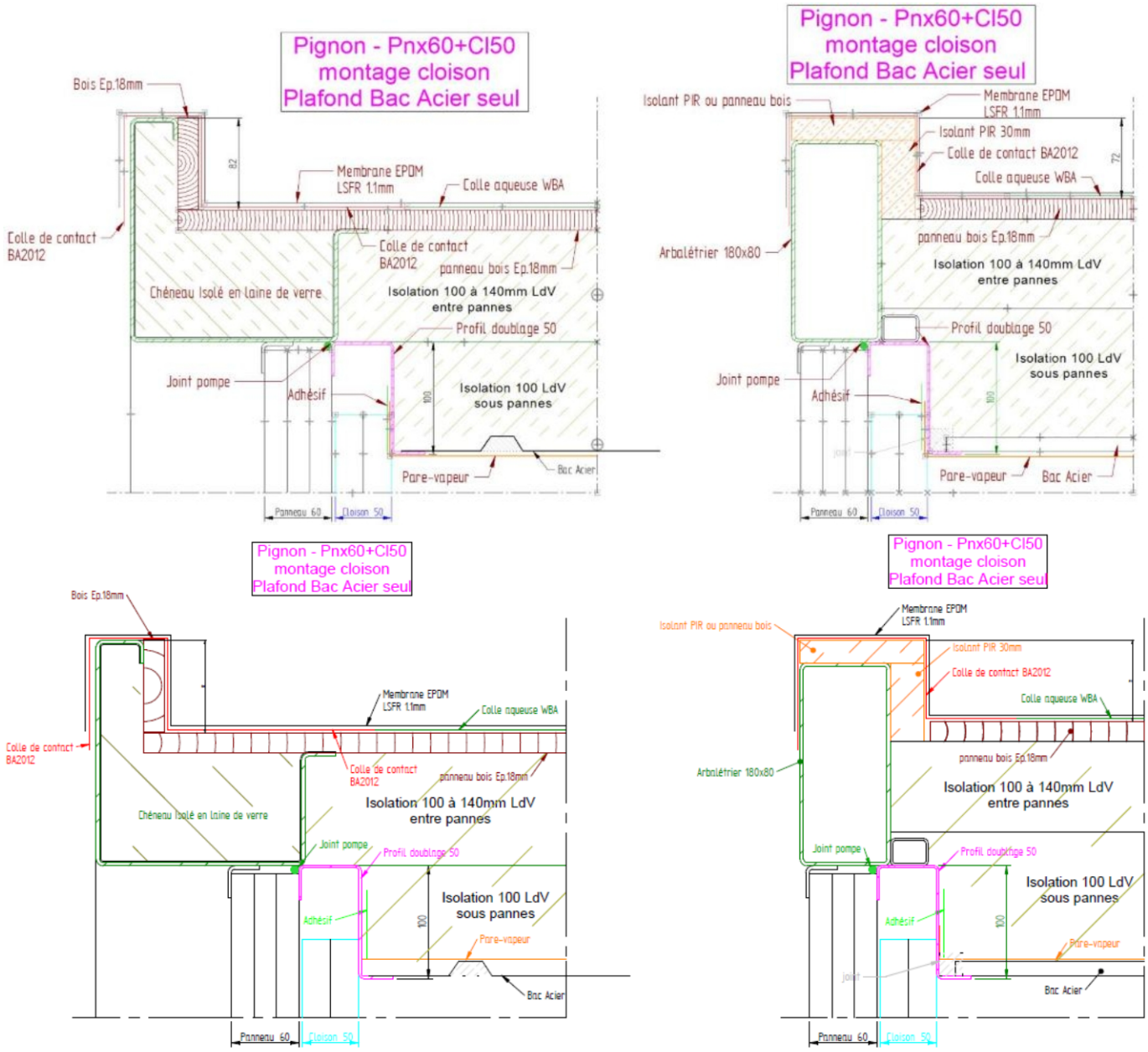


Figure 52 : Coupes Pignon avec Montage Panneaux 60mm + Doublage 50mm

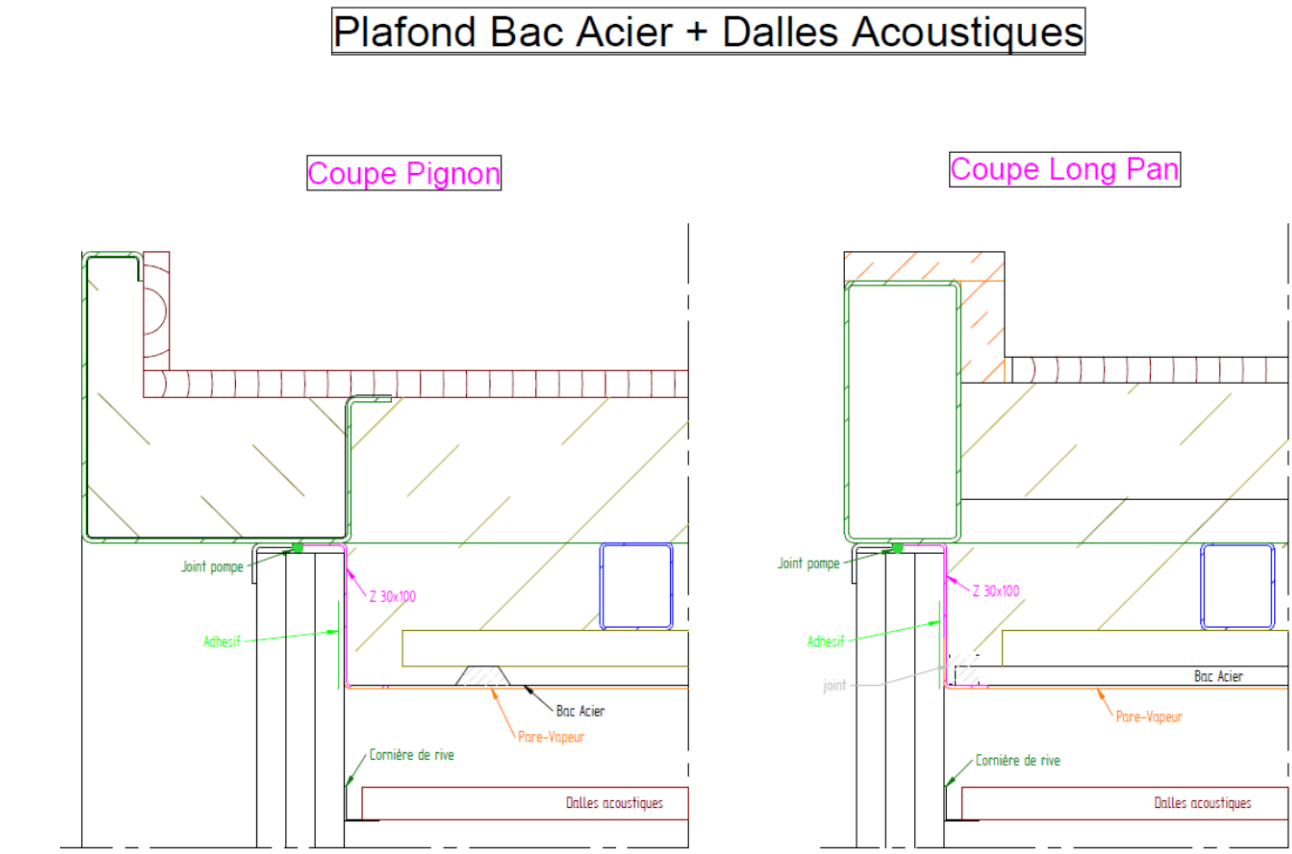


Figure 53 : Coupes longitudinale et transversale d'un toit EPDM avec plafond bac acier + Dalles acoustiques

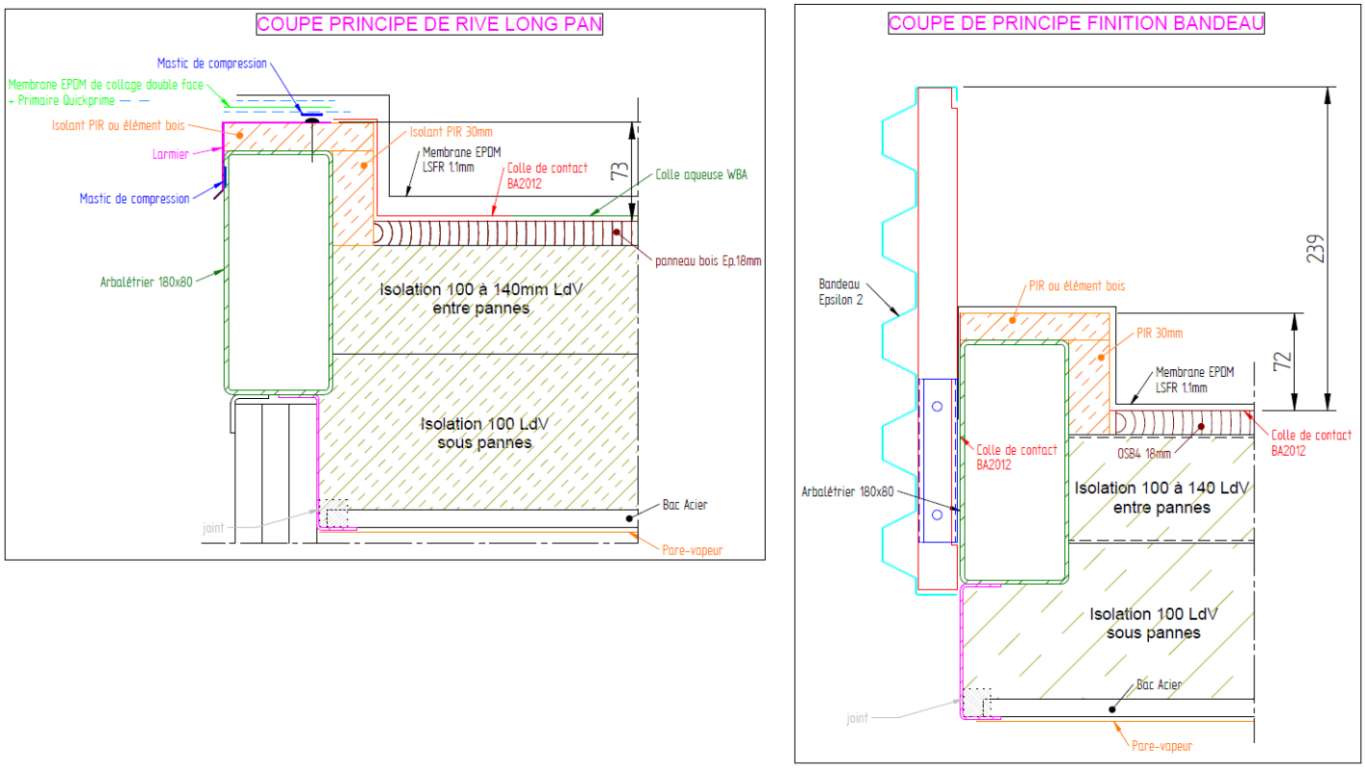


Figure 54 : finition en périphérie de bâtiment de type larmier ou bandeau

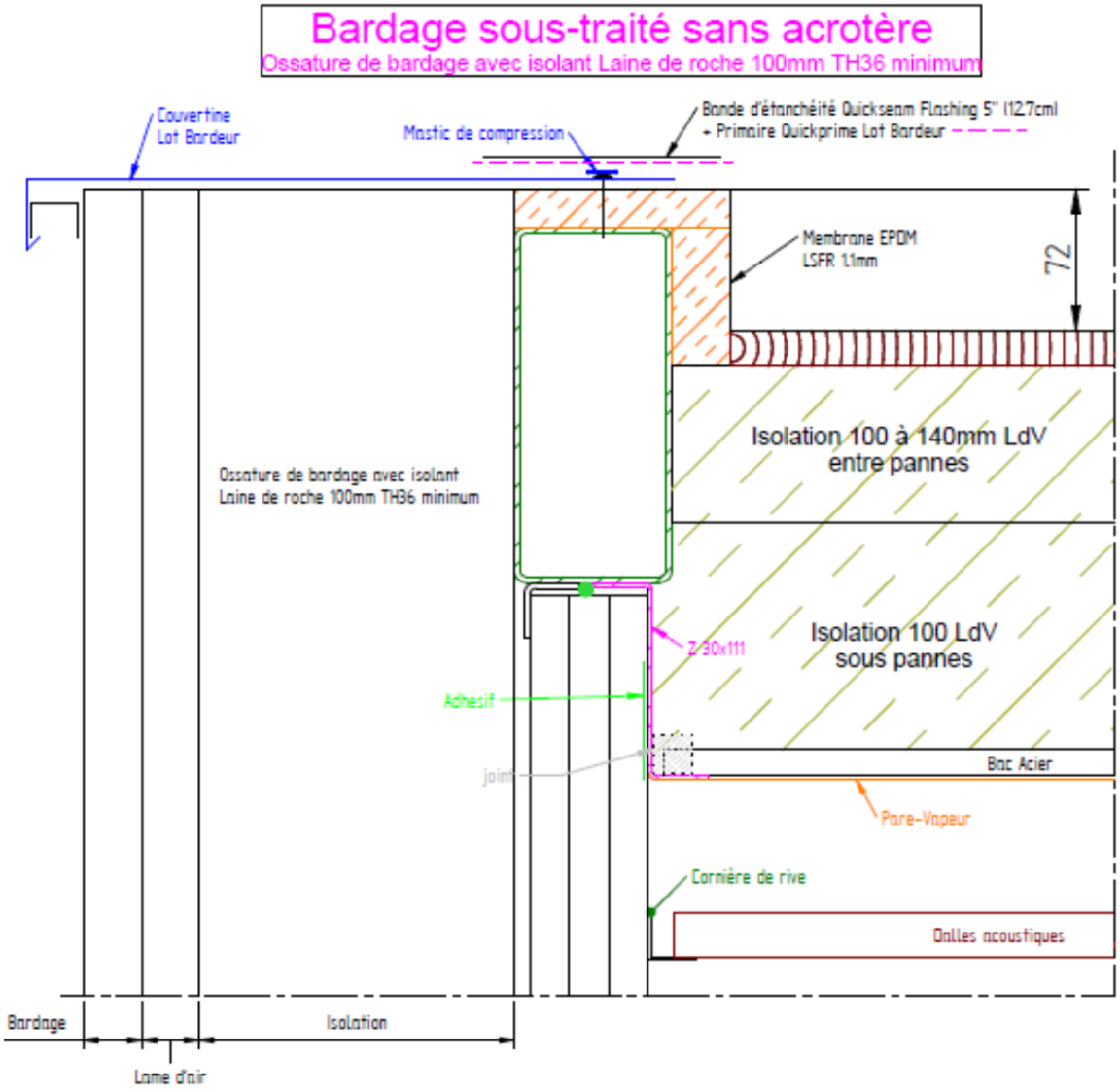


Figure 55 : Finition de rives toit EPDM avec bardages sans acrotèr

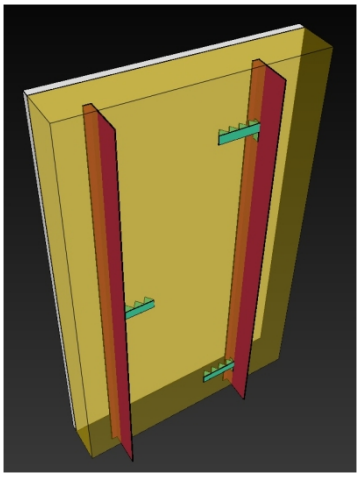


Figure 55 bis : fixation des isolants de bardage en quinconce par équerres à dents

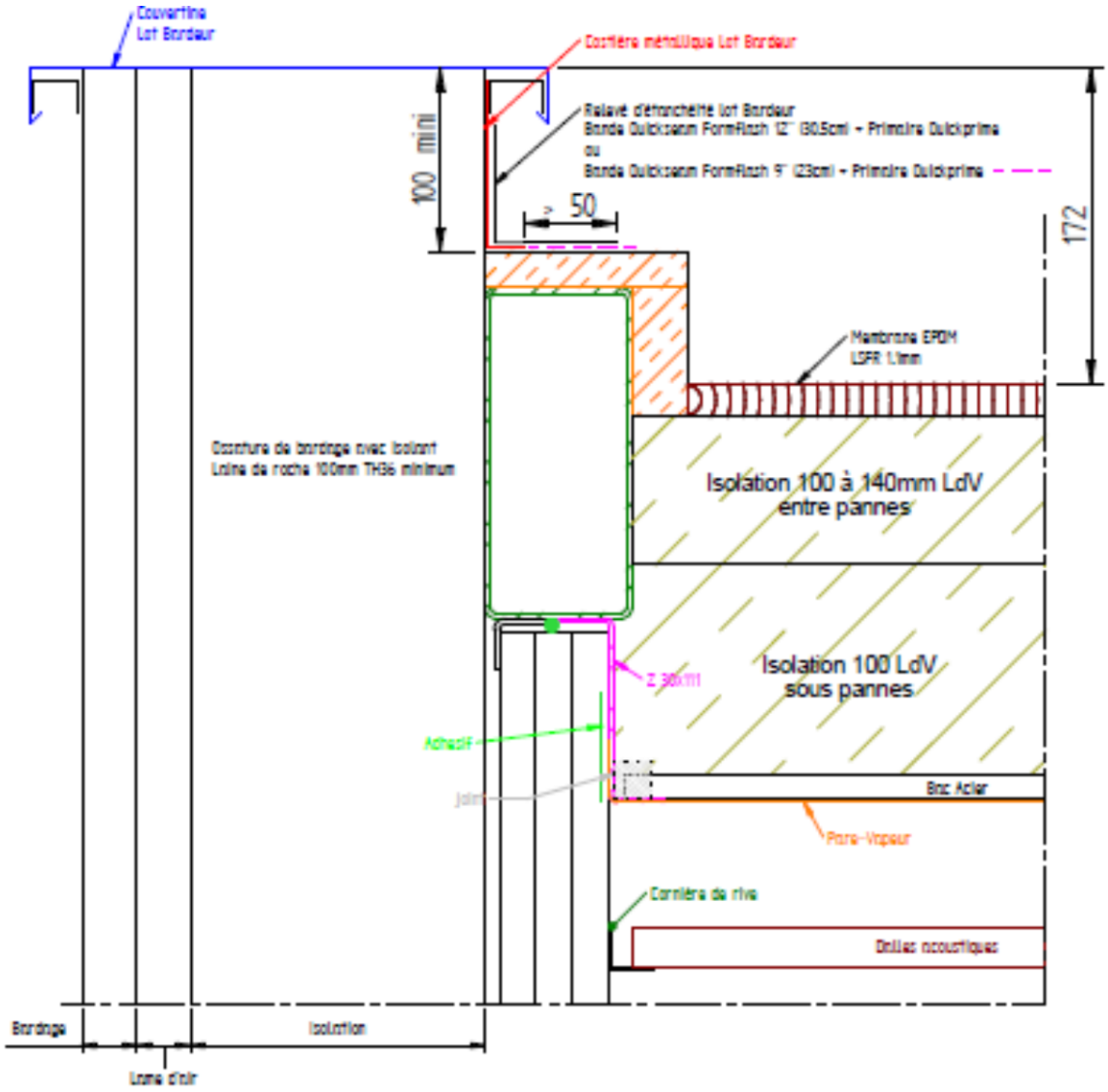


Figure 56 : toit EPDM avec acrotère >10cm et <30cm

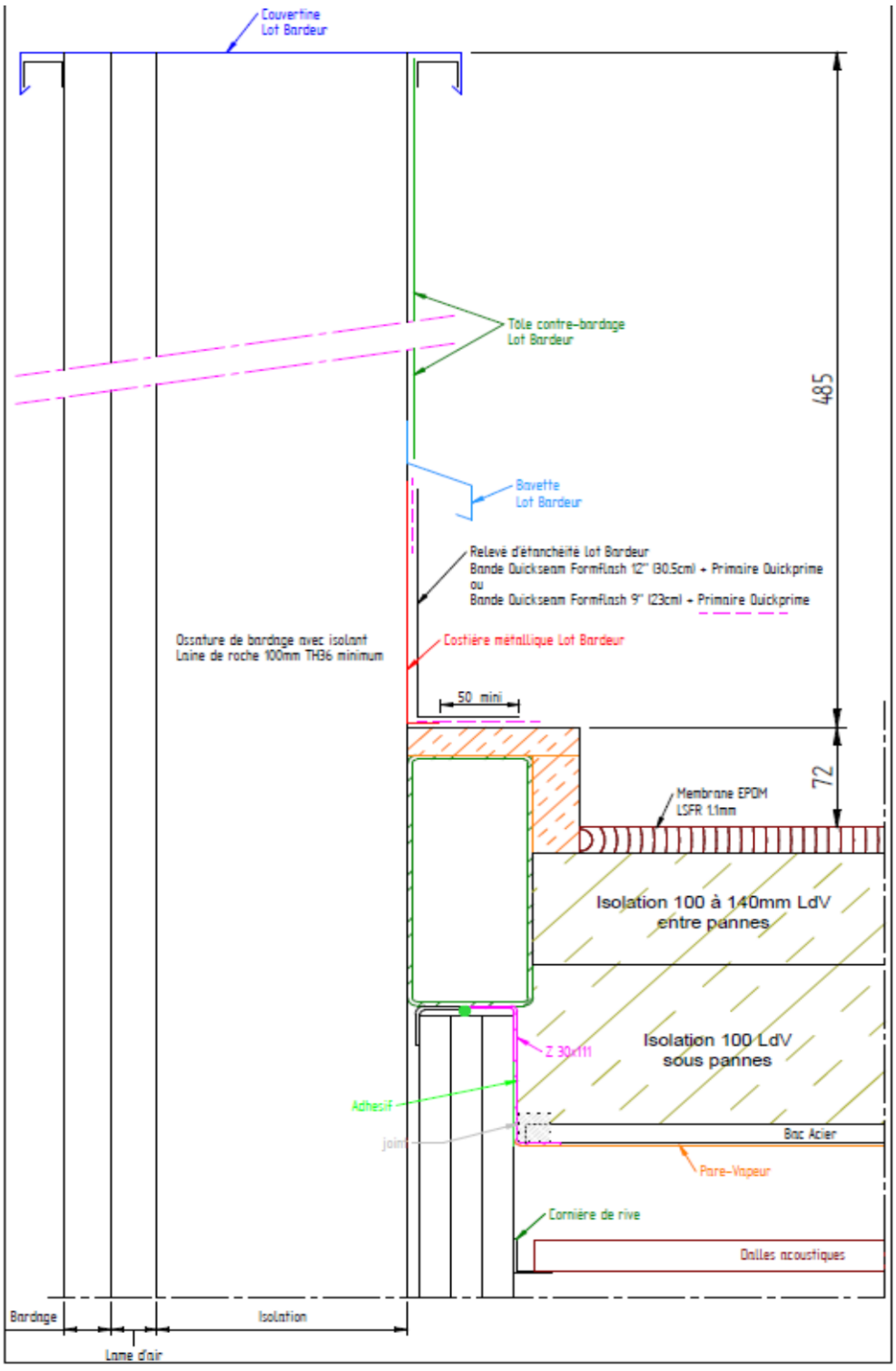


Figure 57 : toit EPDM avec acrotère >30cm

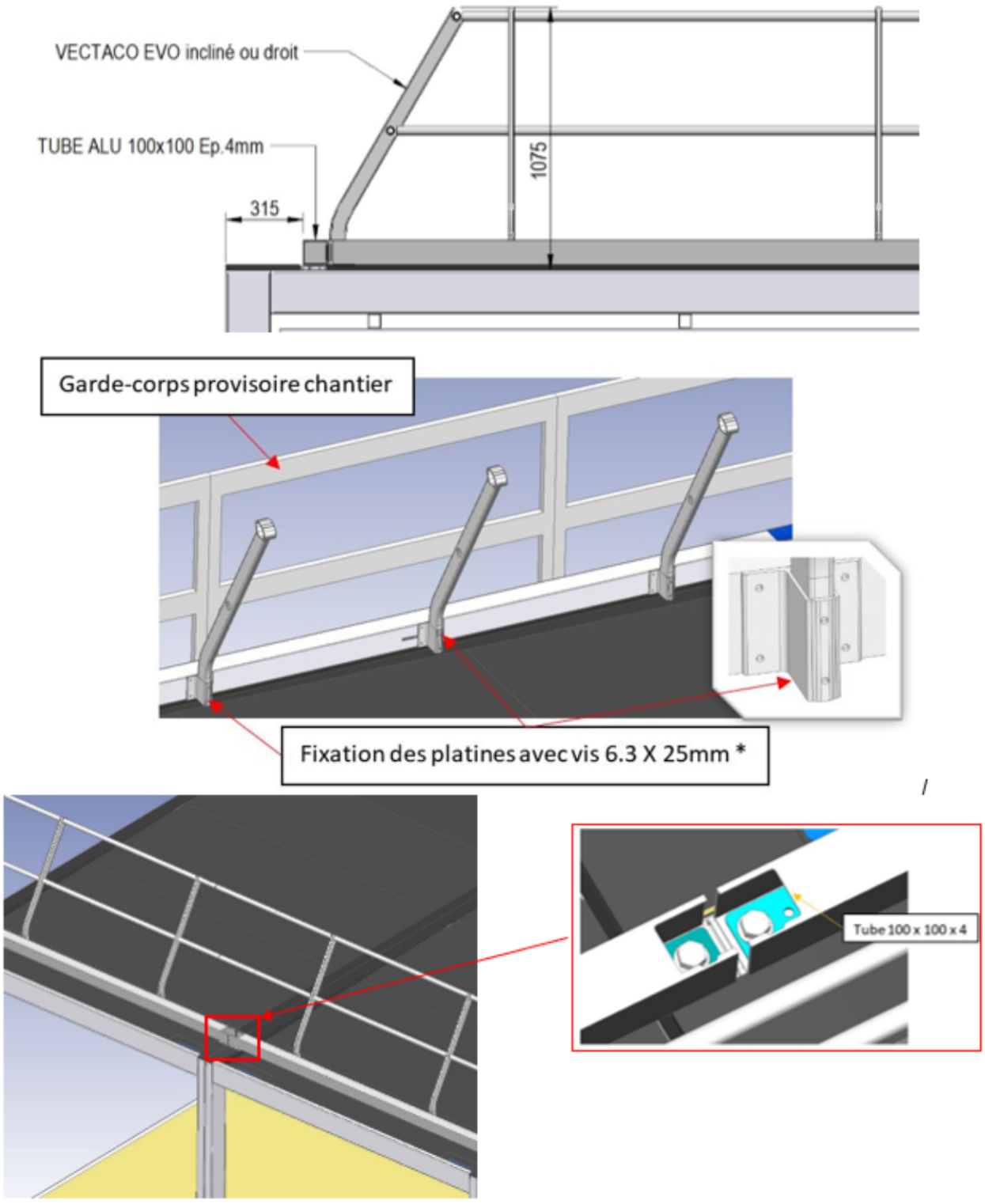
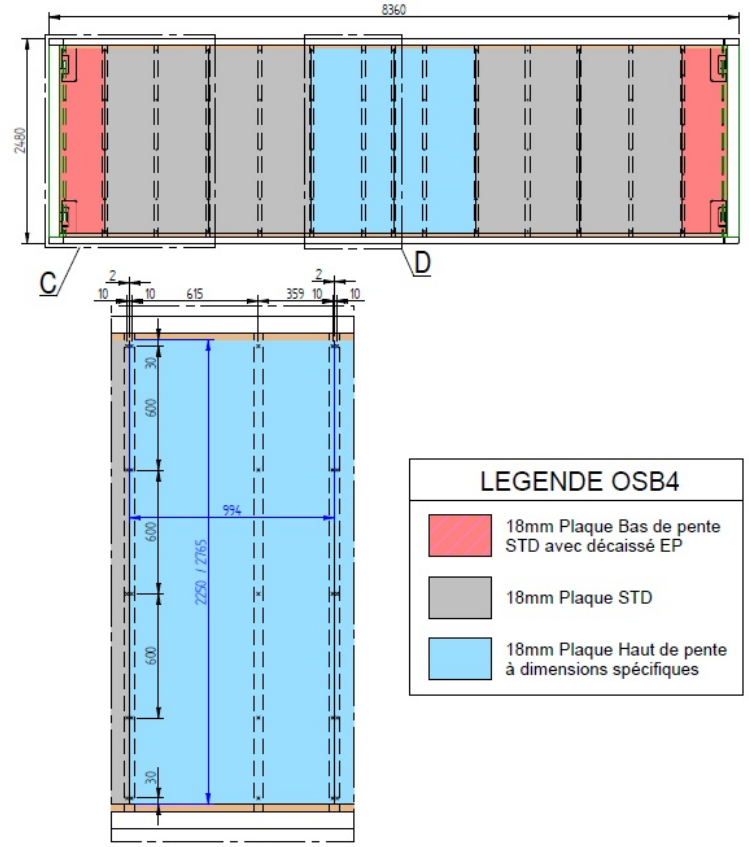


Figure 58 : Garde-corps sur toiture EPDM



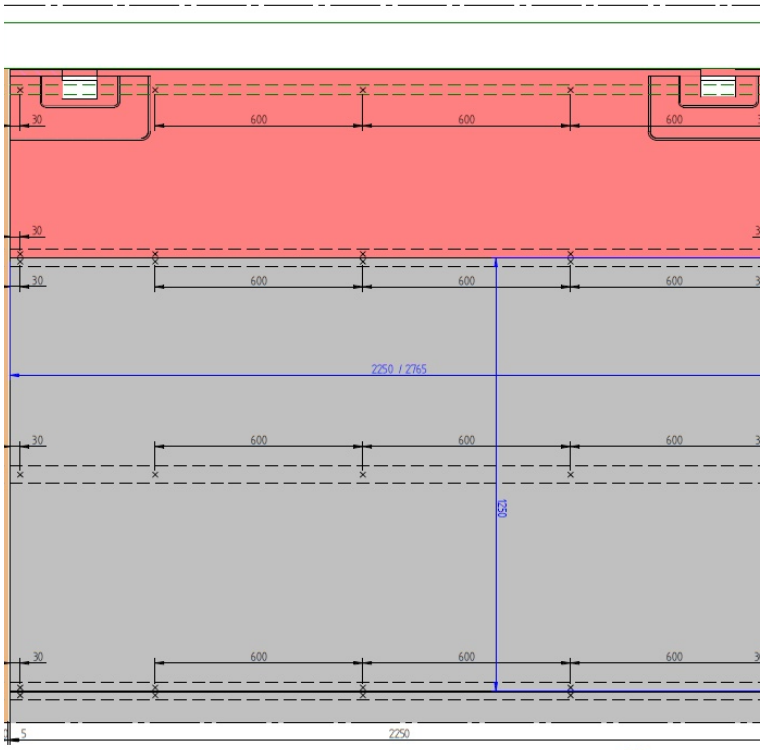
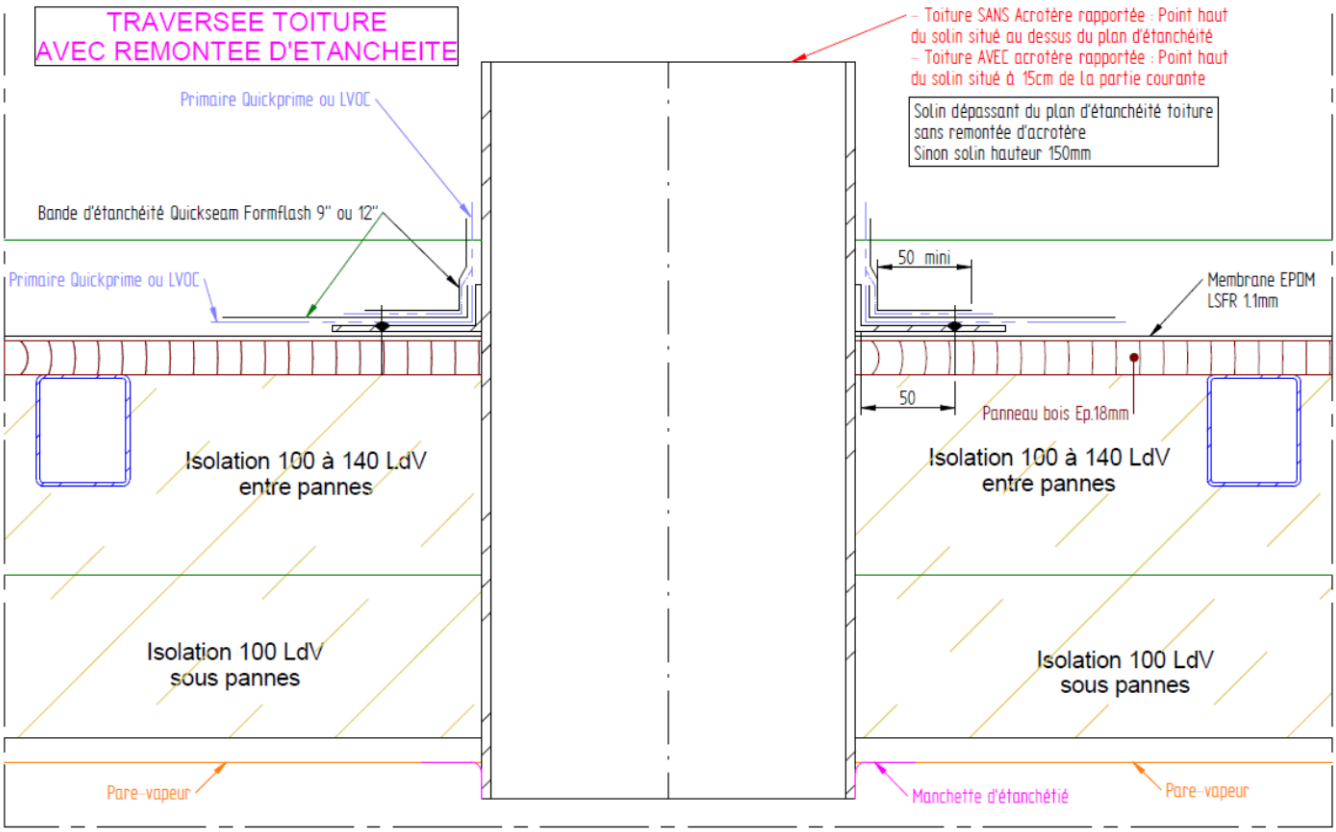


Figure 59 : Toiture EPDM - Principe de fixation du platelage – Dépression Maximale 2450Pa – Entraxe 600mm



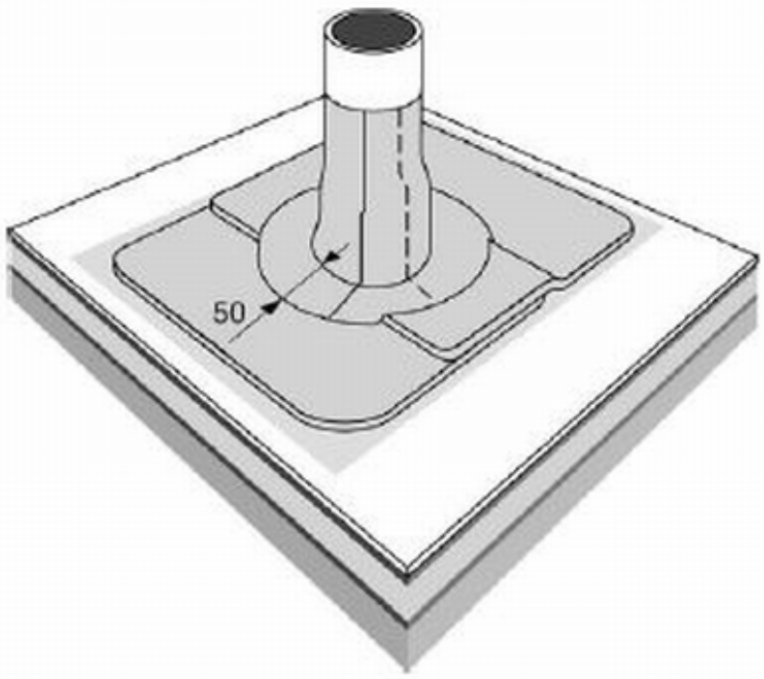
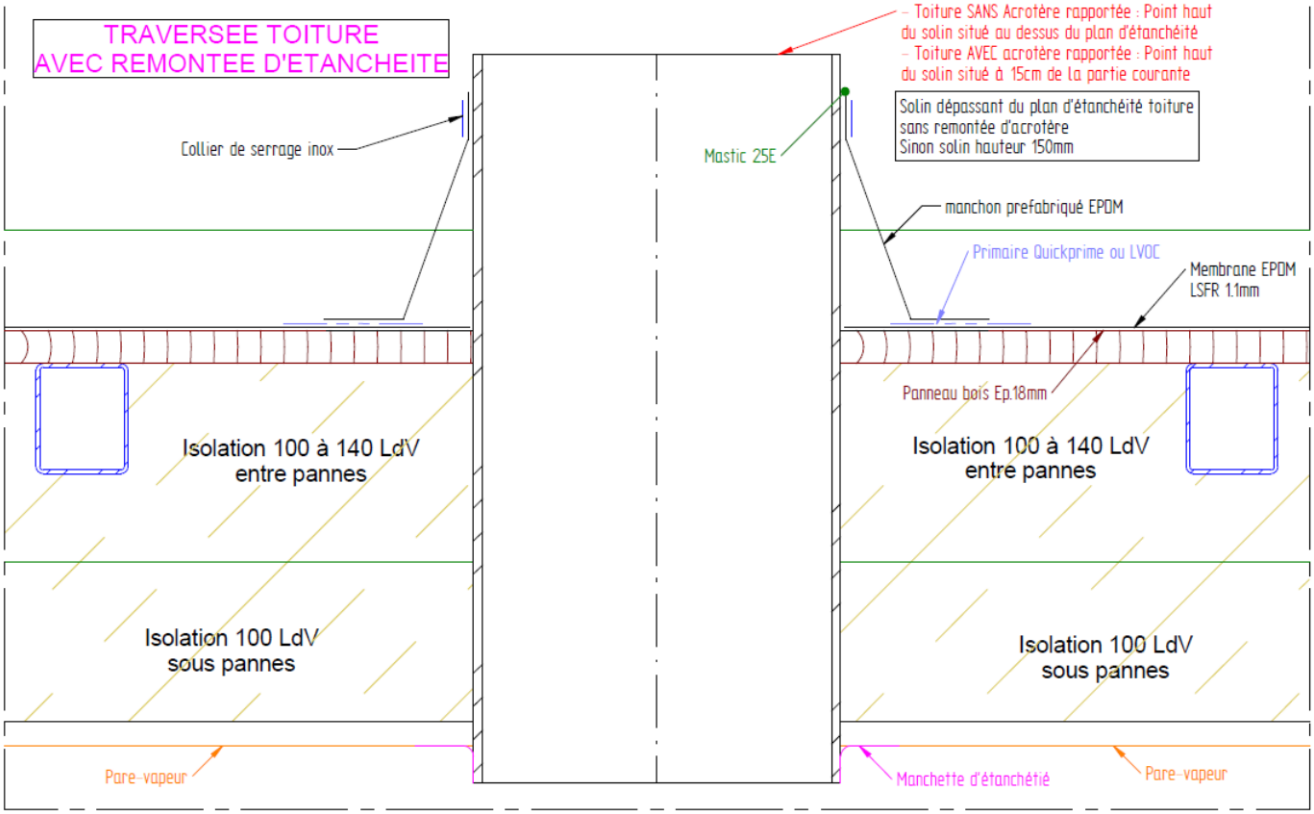


Figure 60 : Toiture EPDM - Traitement de traversées - étanchéité du relevé



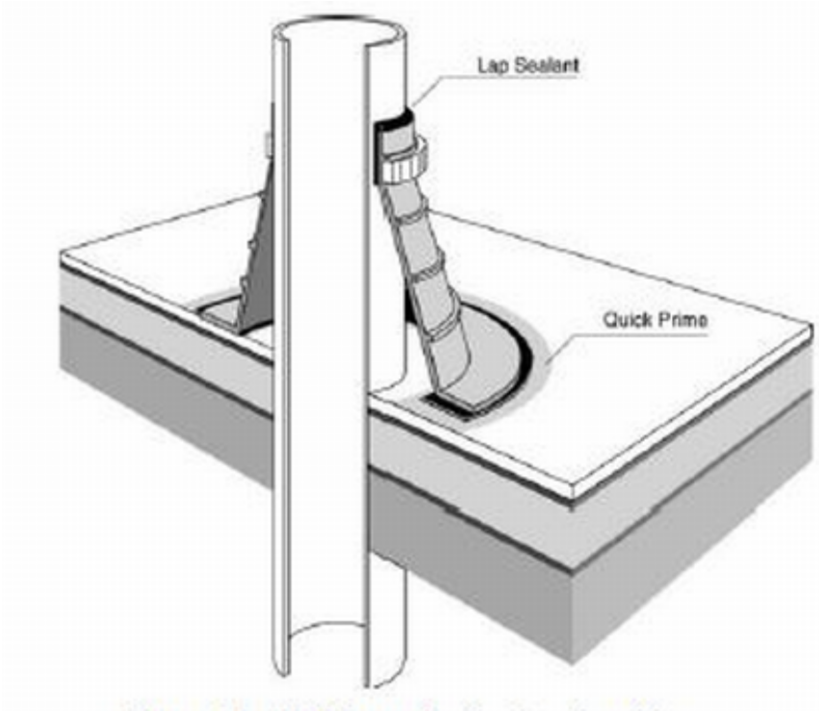


Figure 61 : Toiture EPDM - Traitement de traversées - Quick Seam Pipe Flashing

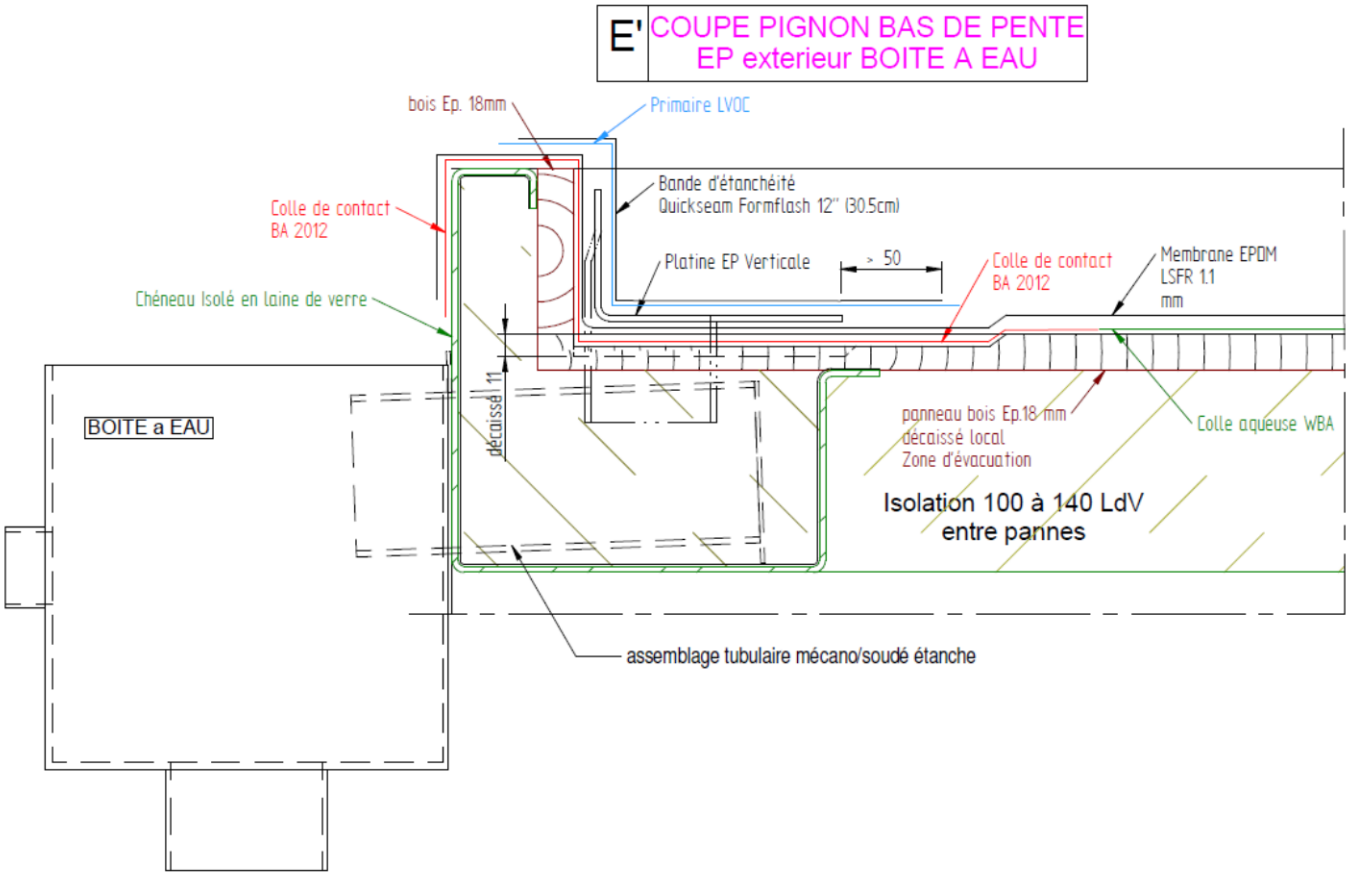


Figure 62 : Toiture EPDM - Variante EP dans boite à eau devant le bardage

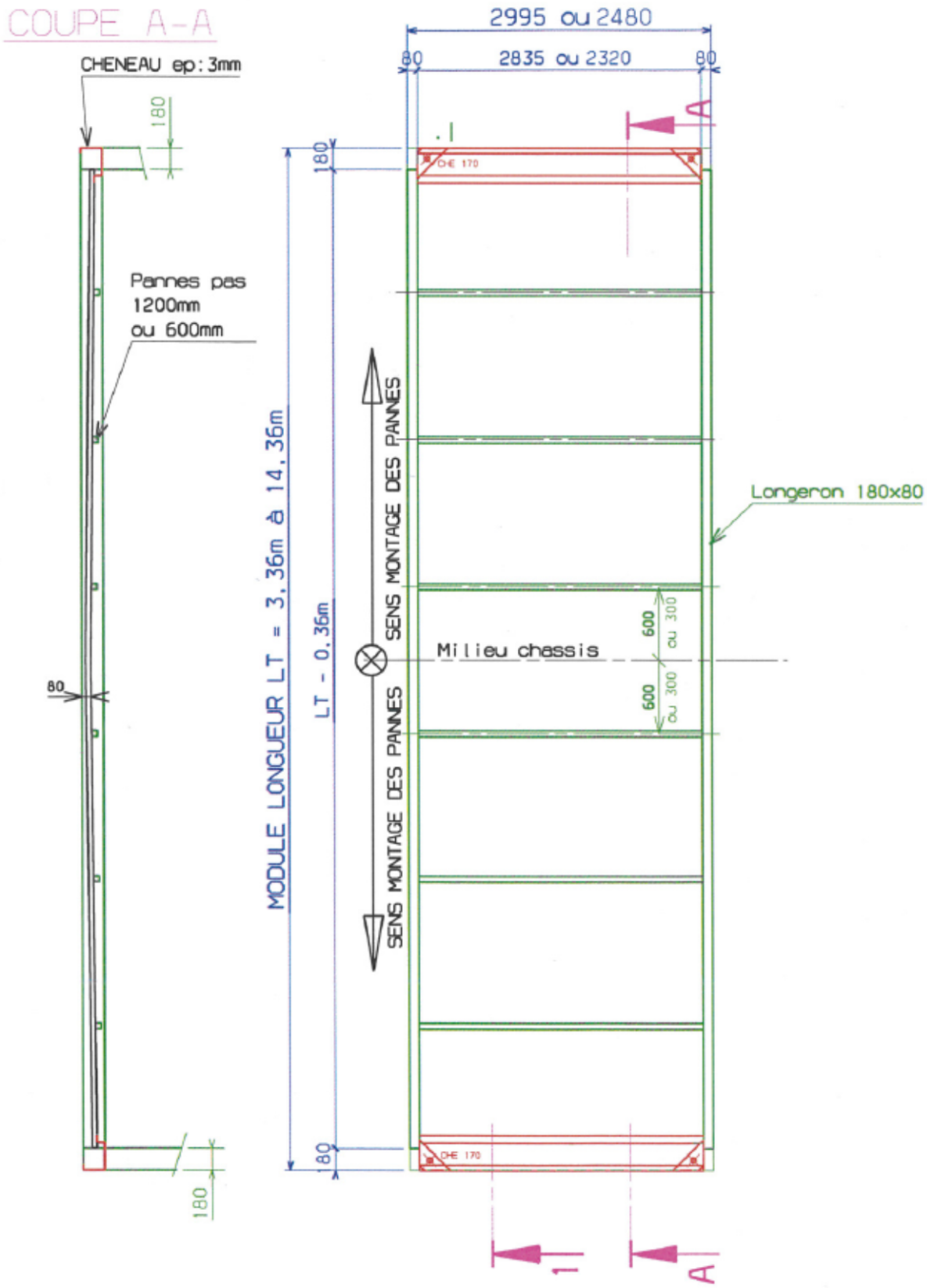


Figure 63 : Châssis de toiture intermédiaire Bac Acier

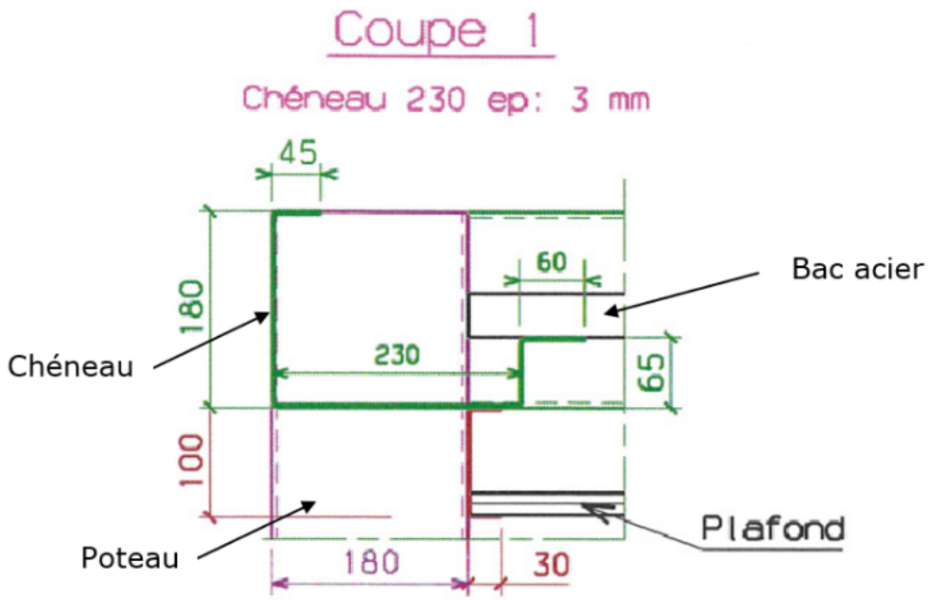


Figure 64 : Toiture intermédiaire bac acier – Coupe chéneau

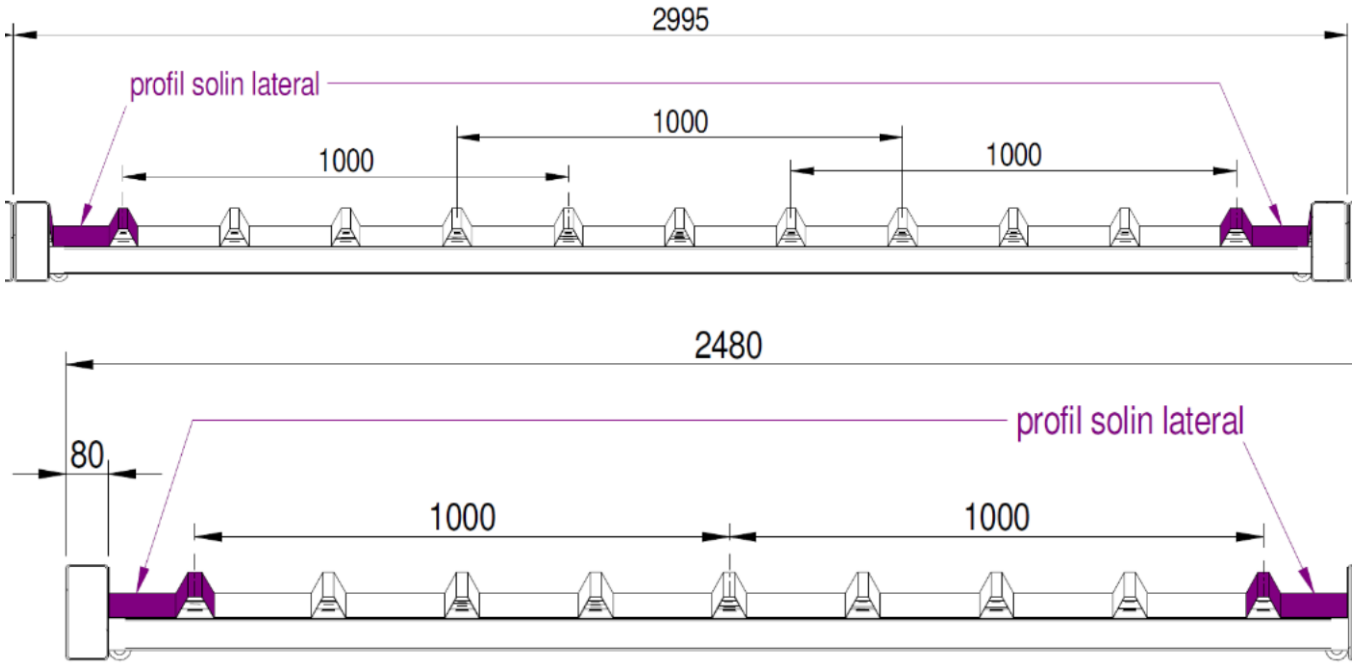


Figure 65 : Toiture intermédiaire bac acier – Coupes transversales

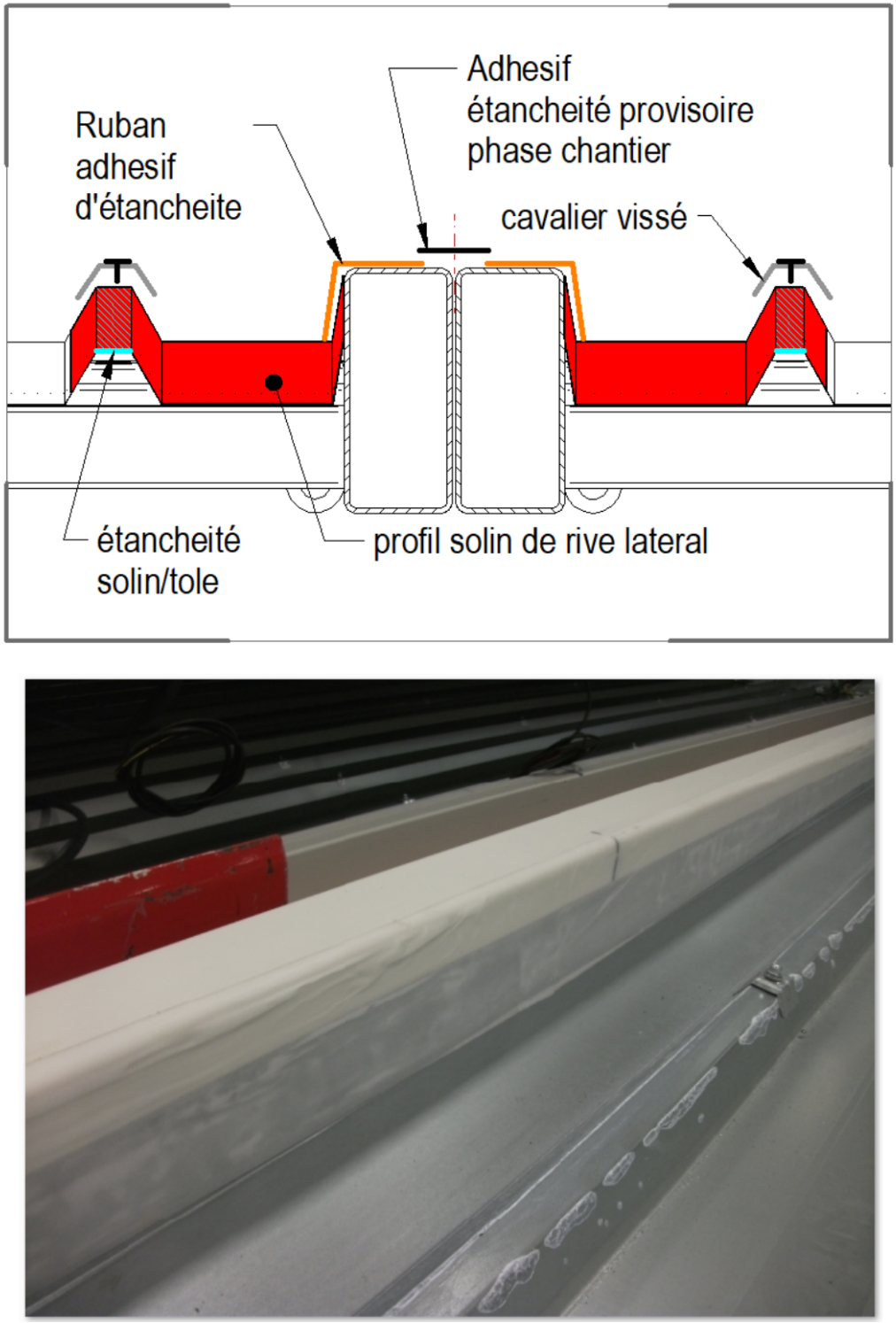


Figure 66 : Toiture intermédiaire bac acier – Etanchéité en jonction Long-pan de modules

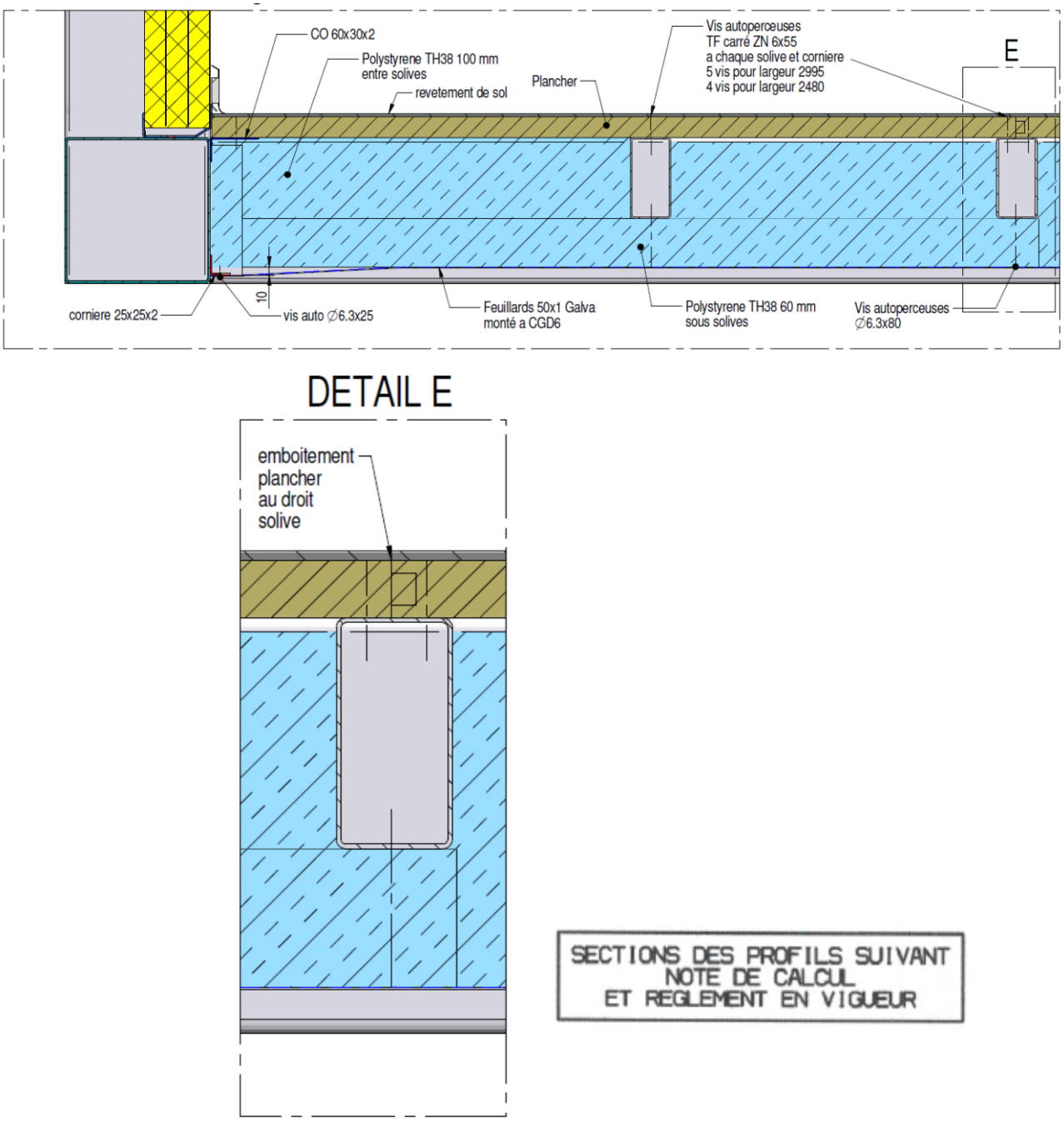


Figure 67 : PLANCHER Coupe pignon – isolation 100mm + 60mm de polystyrène

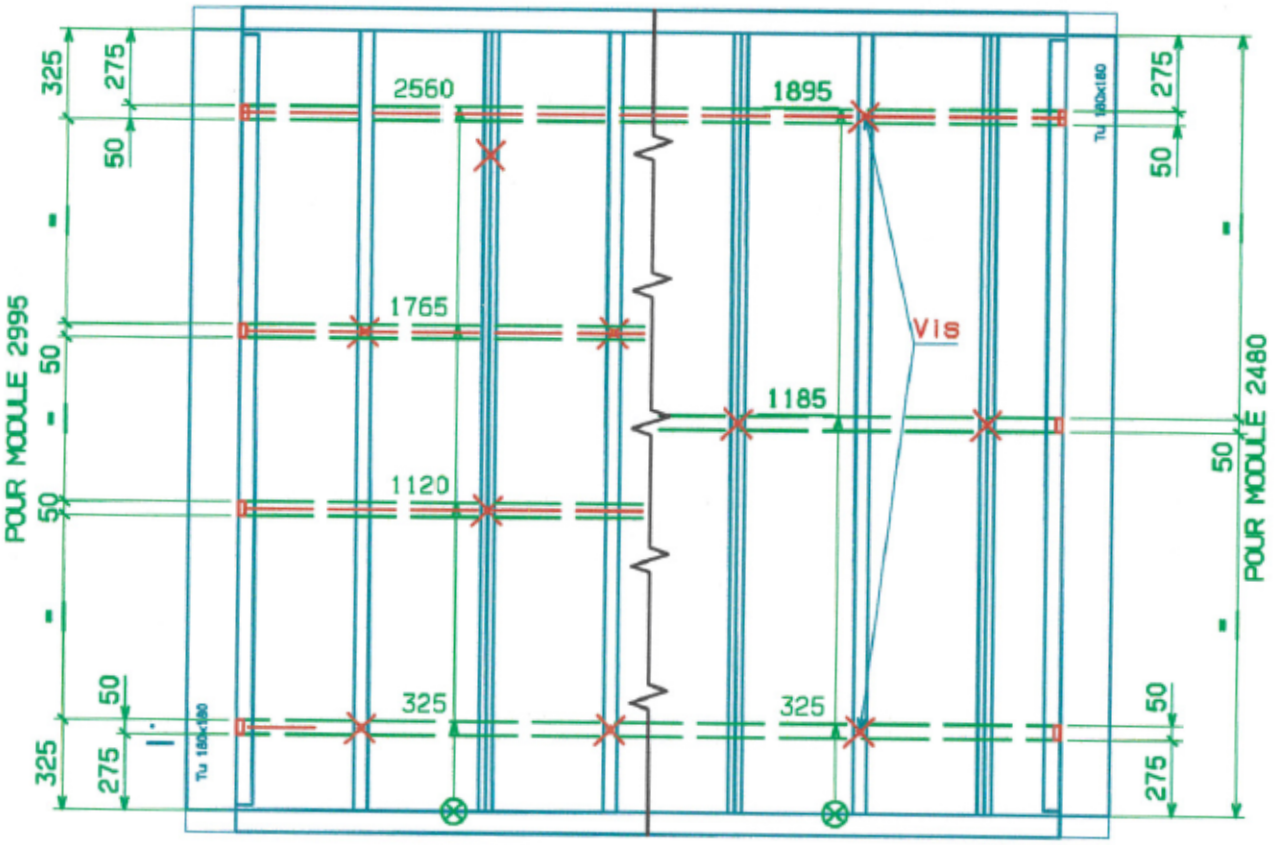


Figure 68 : PLANCHER Position feuillards
Principe fixation feuillards : un tube sur deux alterné entre droite et gauche

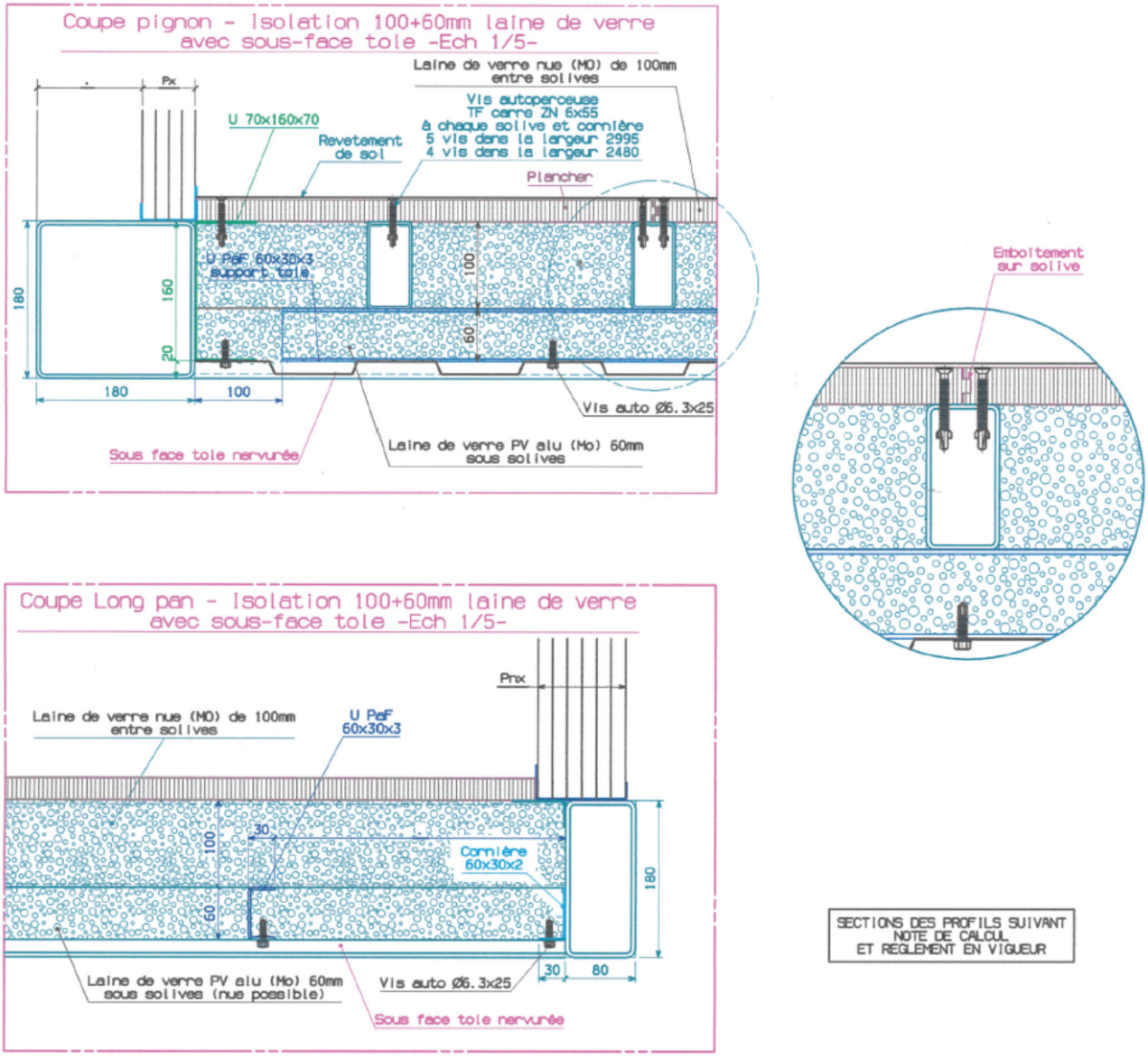


Figure 69 : PLANCHER Coupe isolation 100 + 60 mm laine de verre

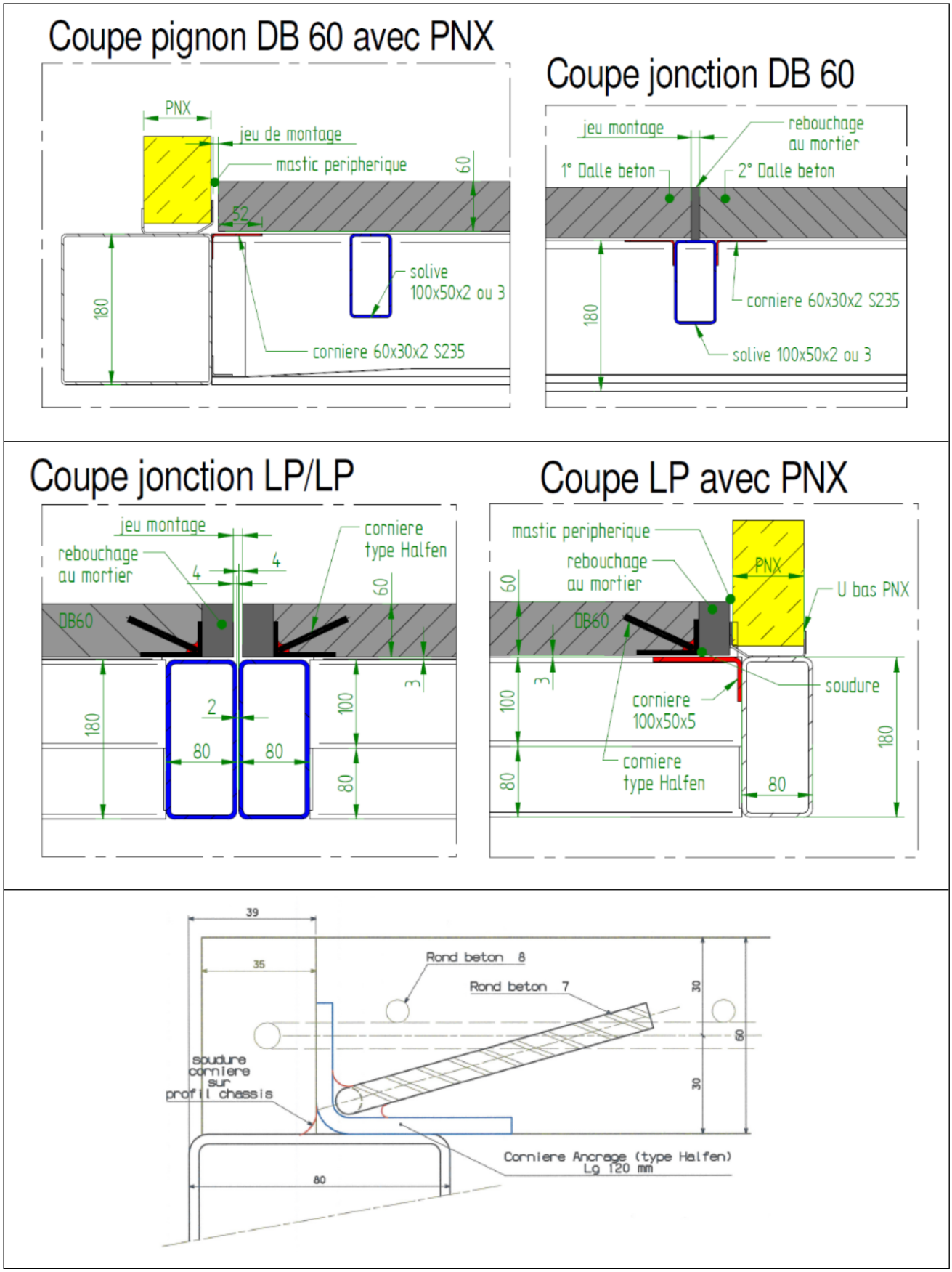


Figure 70 : PLANCHER coupes fixations dalle béton 60

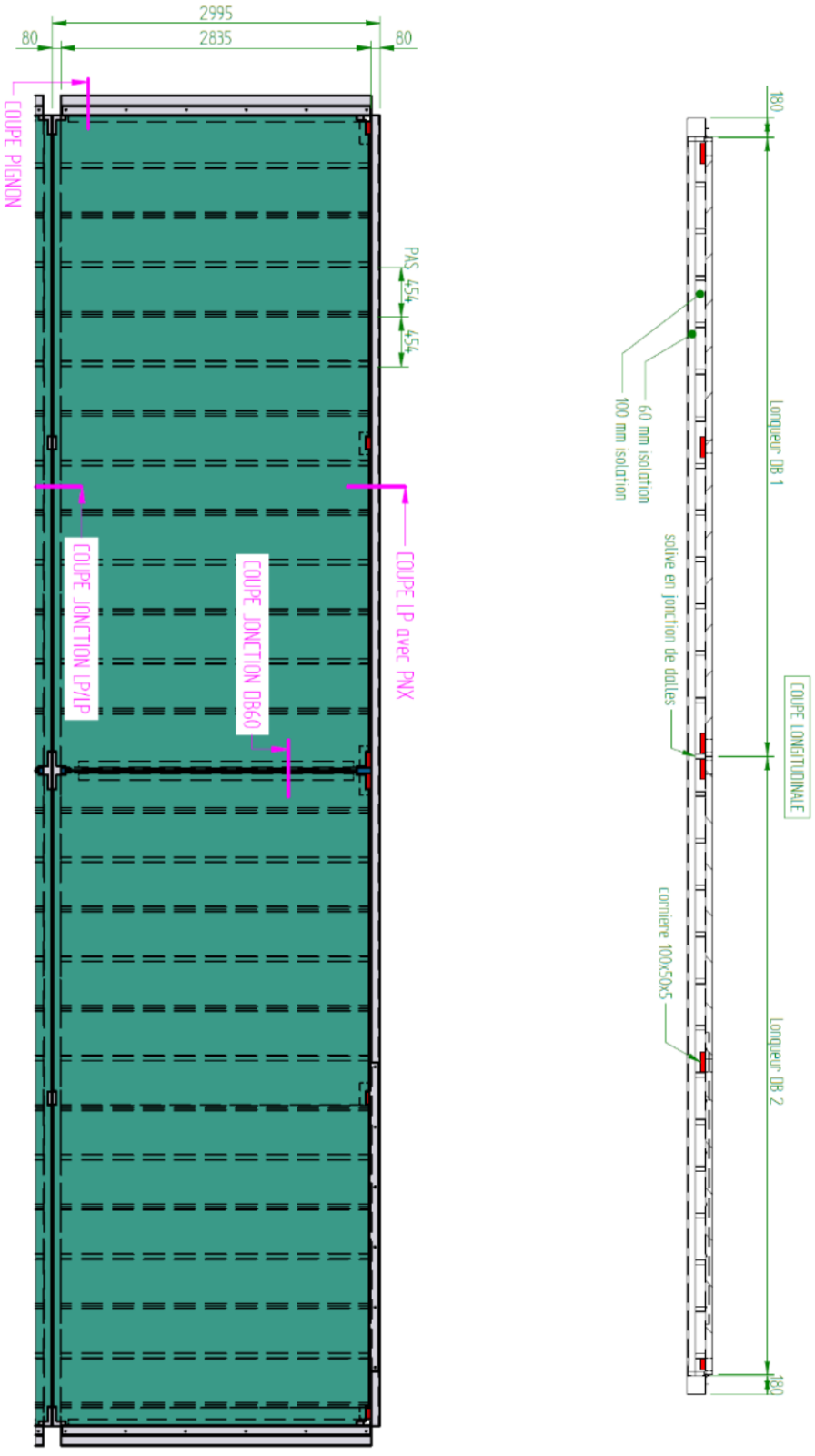
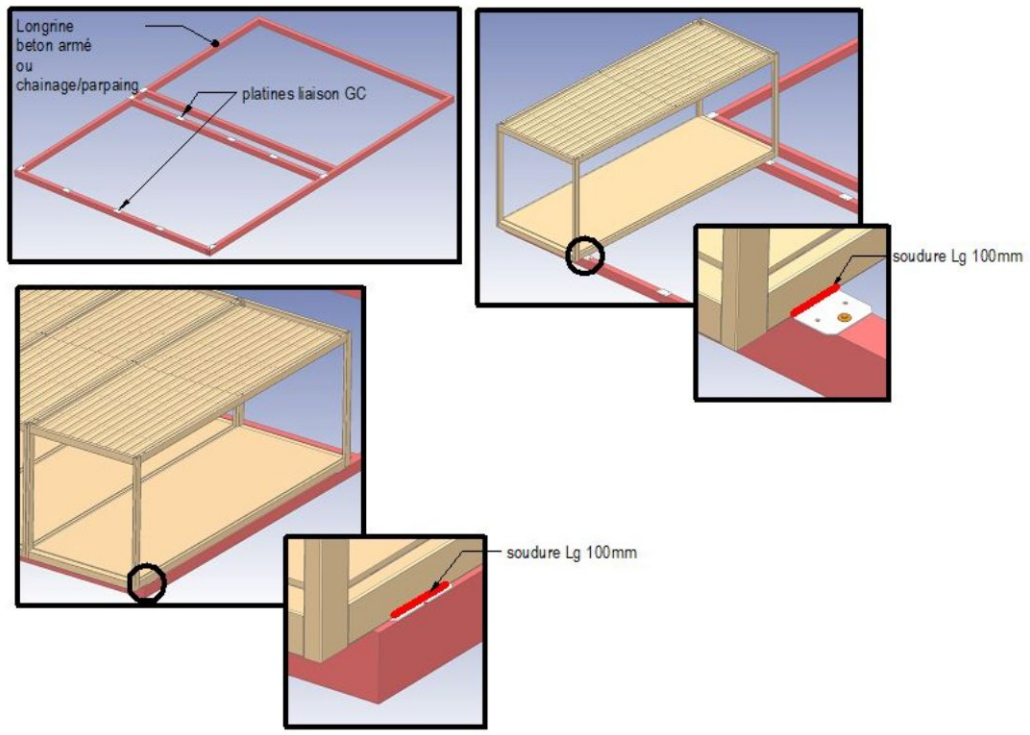


Figure 71 : PLANCHER dalle béton 60 – Position des solives



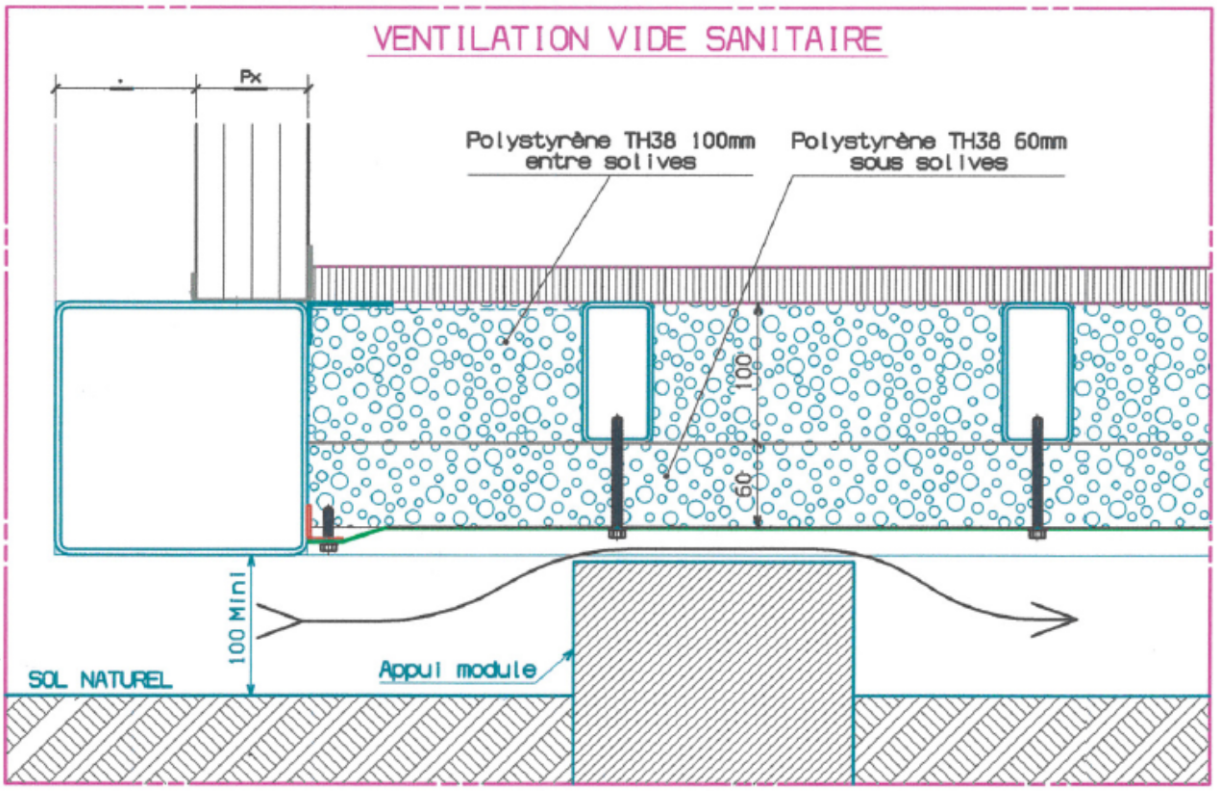


Figure 72 : PLANCHER – Ventilation du vide sanitaire

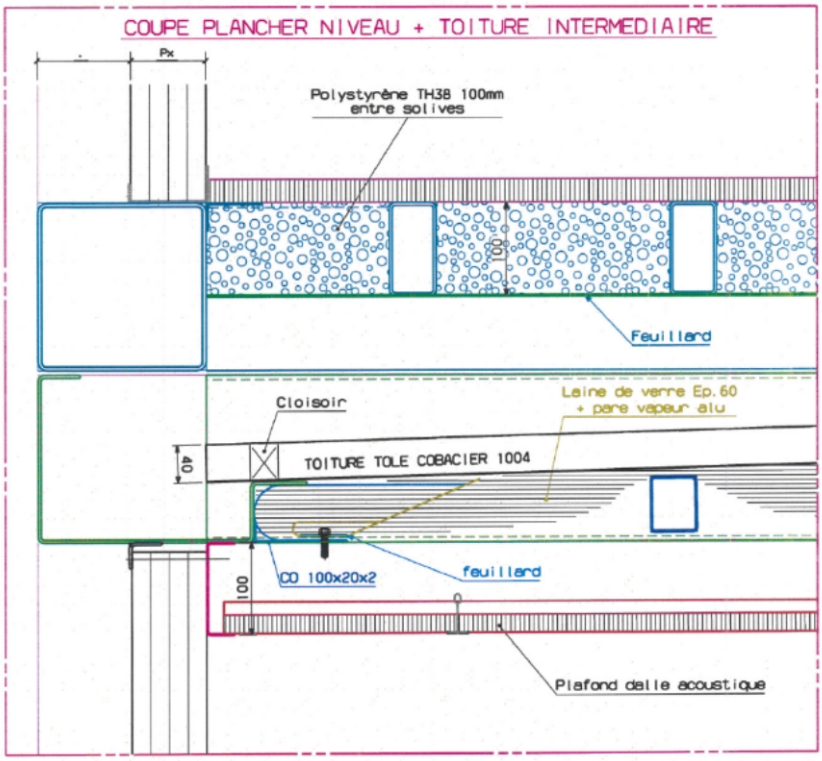


Figure 73 : PLANCHER Complexe plancher niveau avec toiture intermédiaire

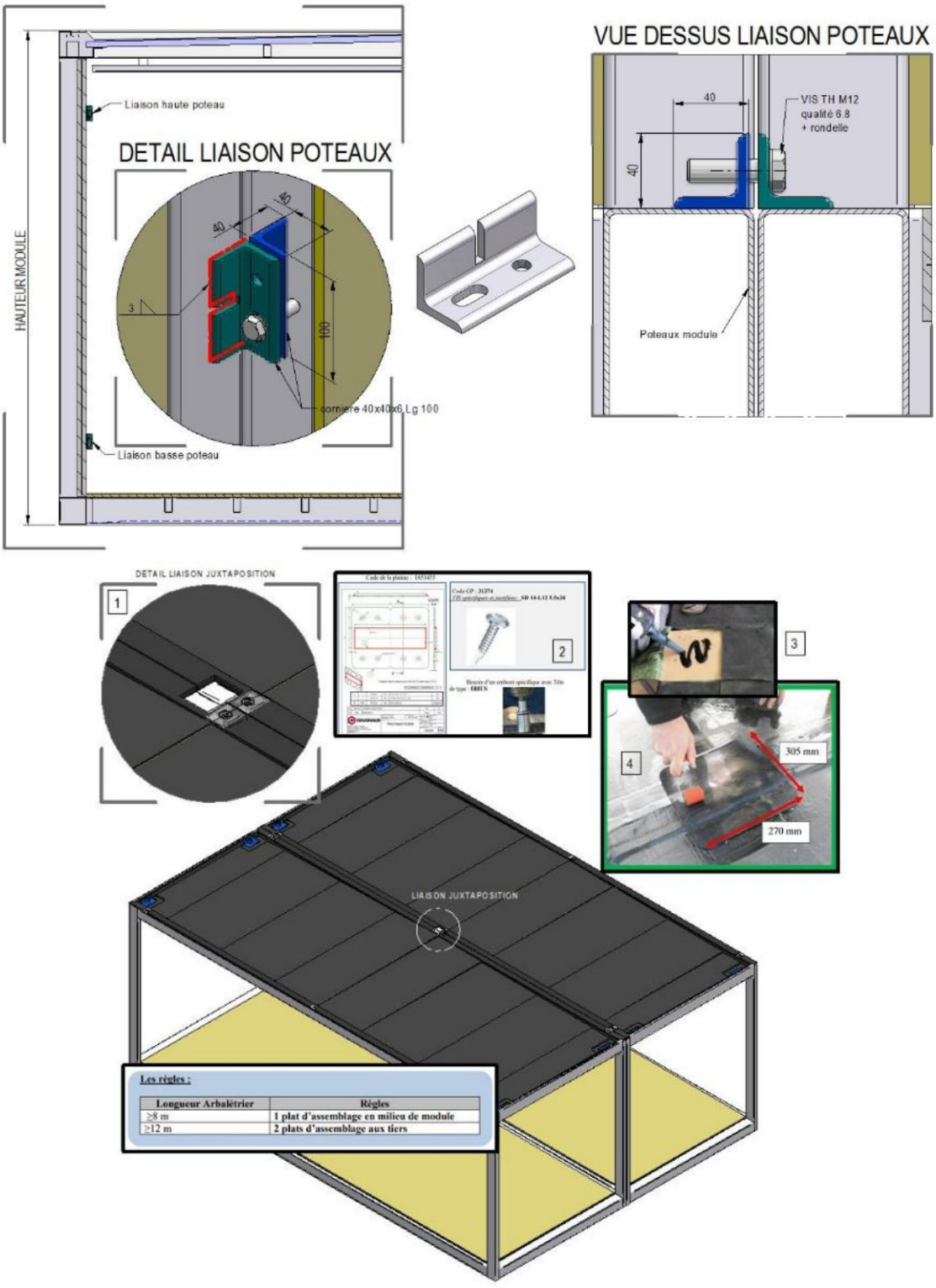


Figure 74 : éléments de liaison entre modules de même étage

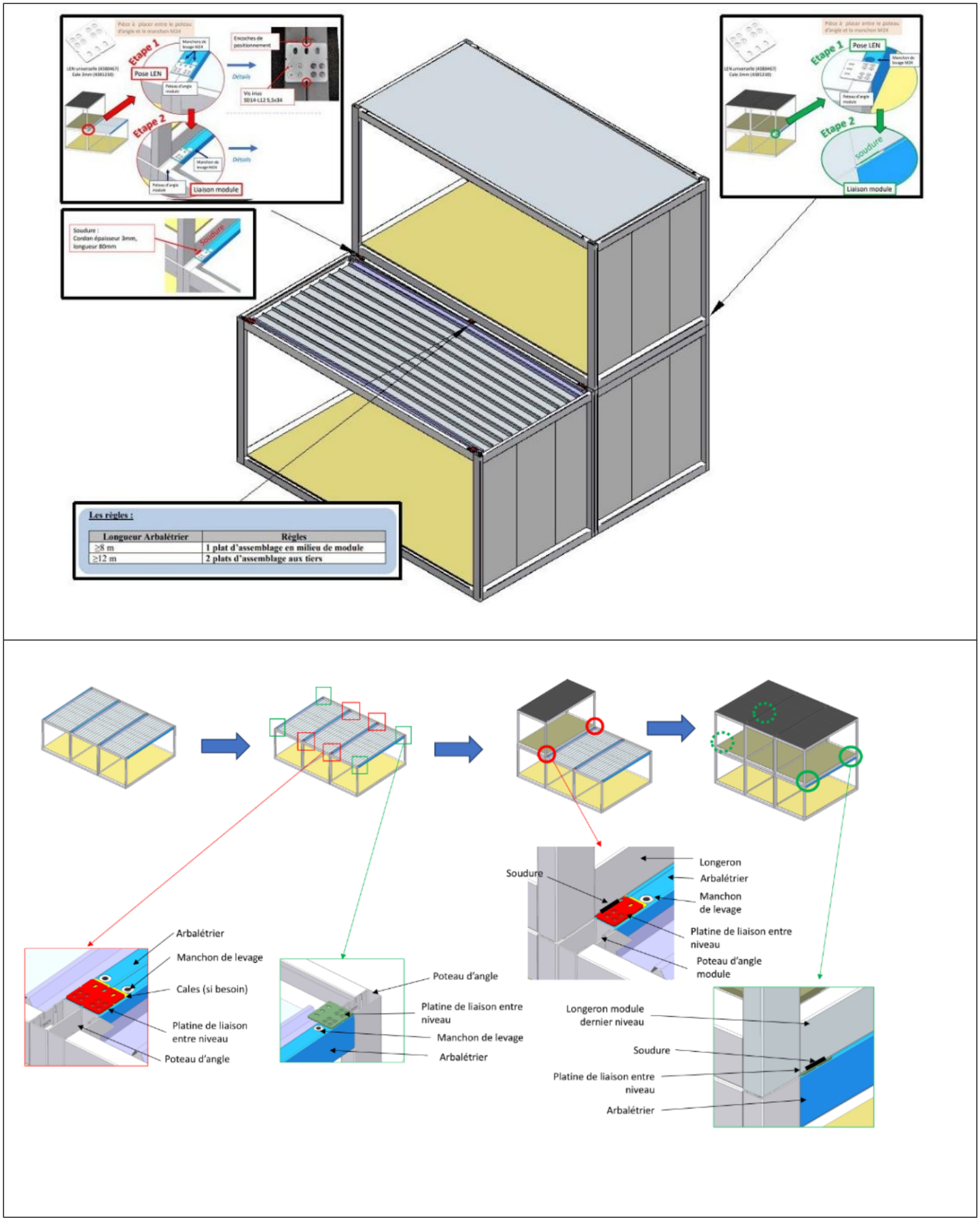


Figure 75 : éléments de liaison entre modules de même étage et avec les modules de l'étage supérieur

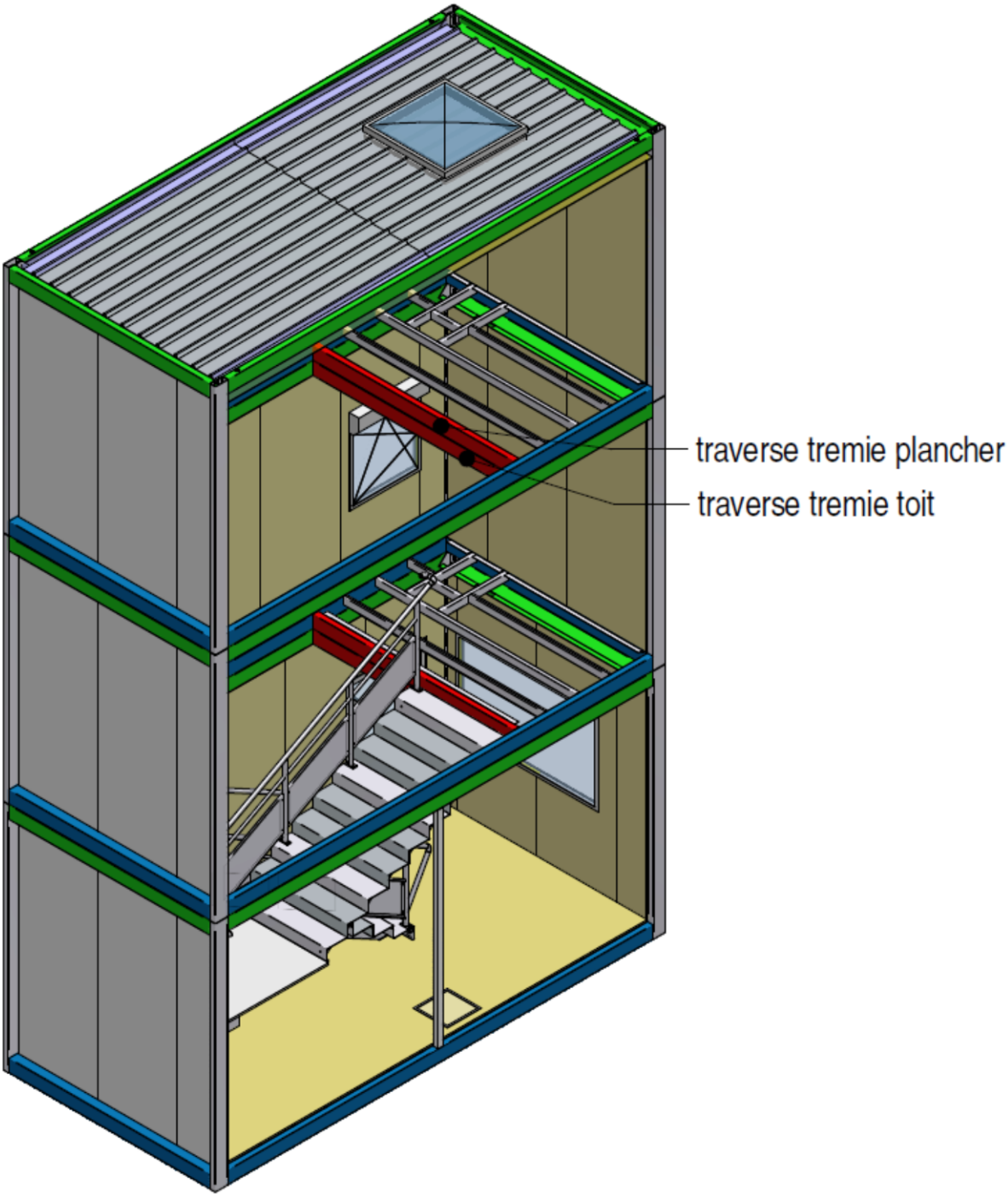


Figure 76 : principe d'implantation d'un escalier intérieur

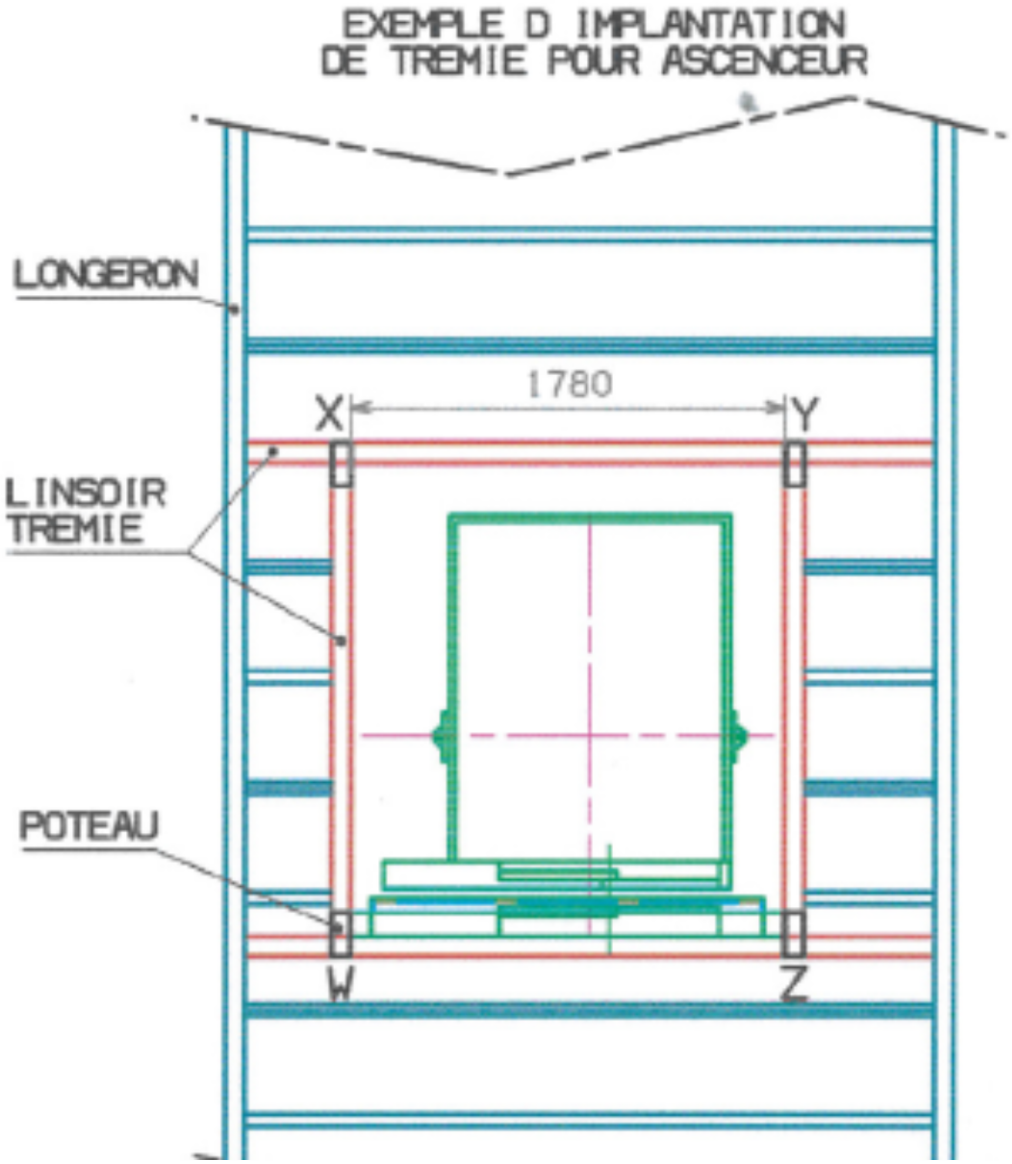


Figure 77 : vue de dessus d'une trémie d'ascenseur

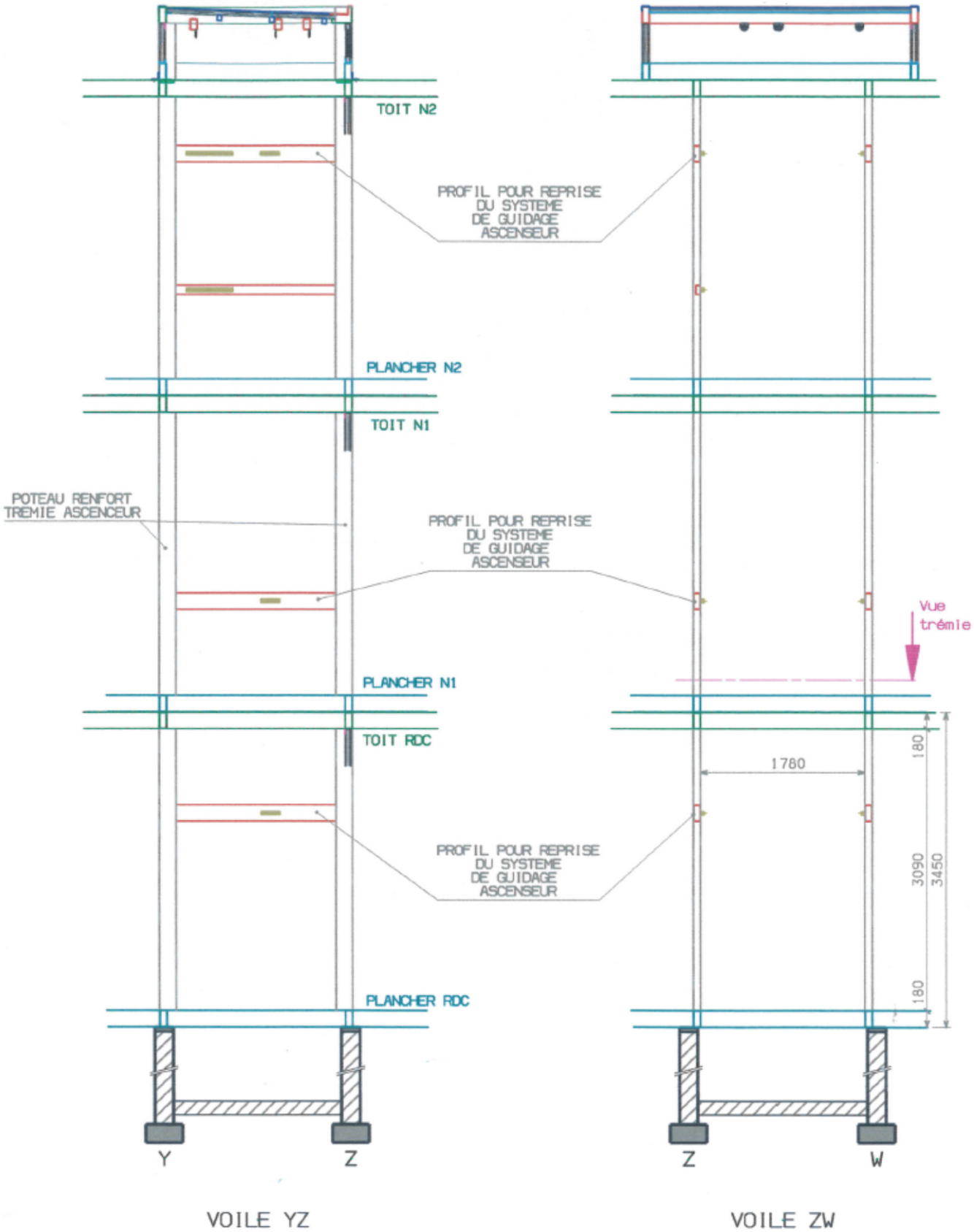


Figure 78 : coupes verticales d'une trémie d'ascenseur

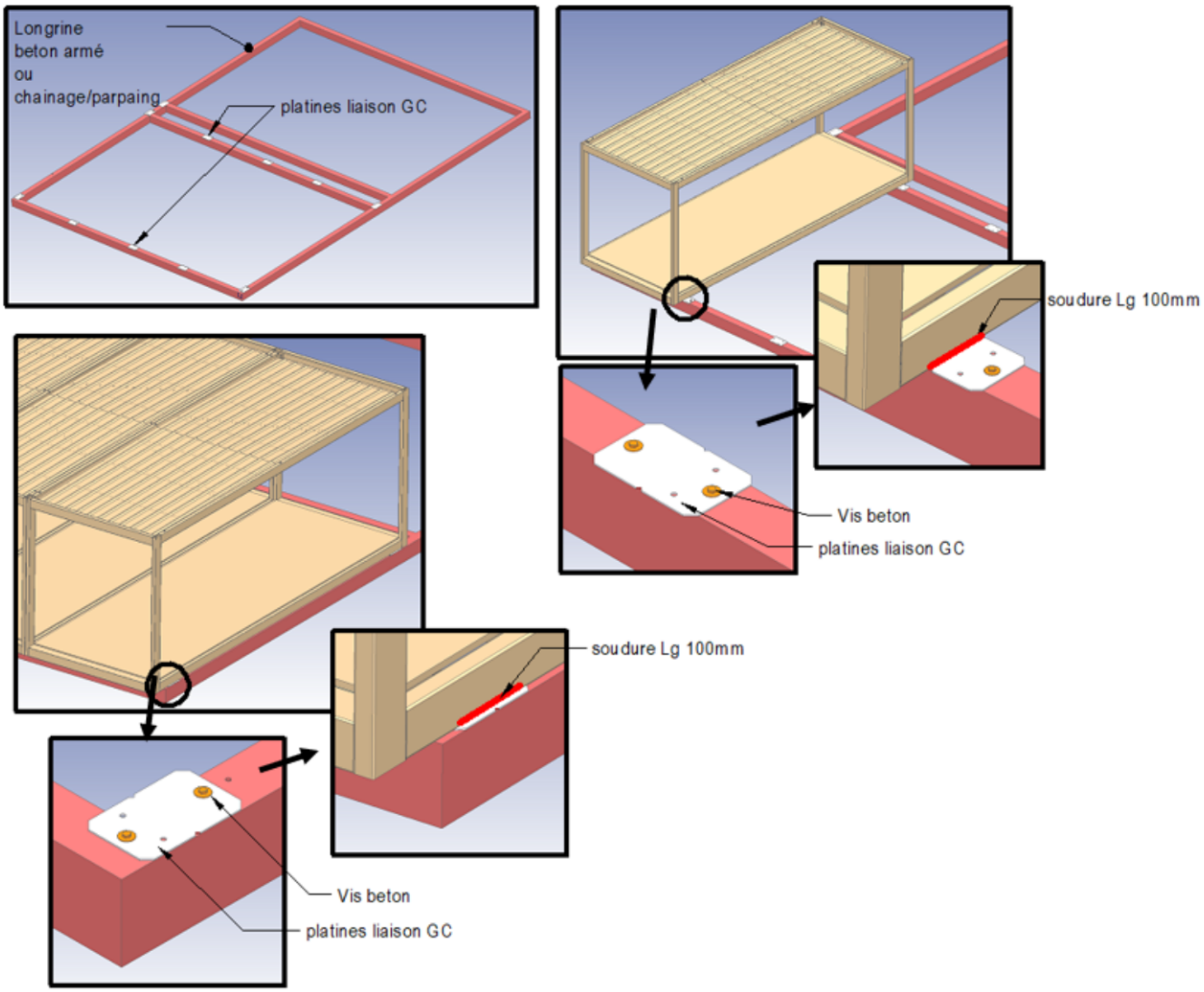


Figure 79 : Exemple d'ancrage avec reprise d'efforts modérés

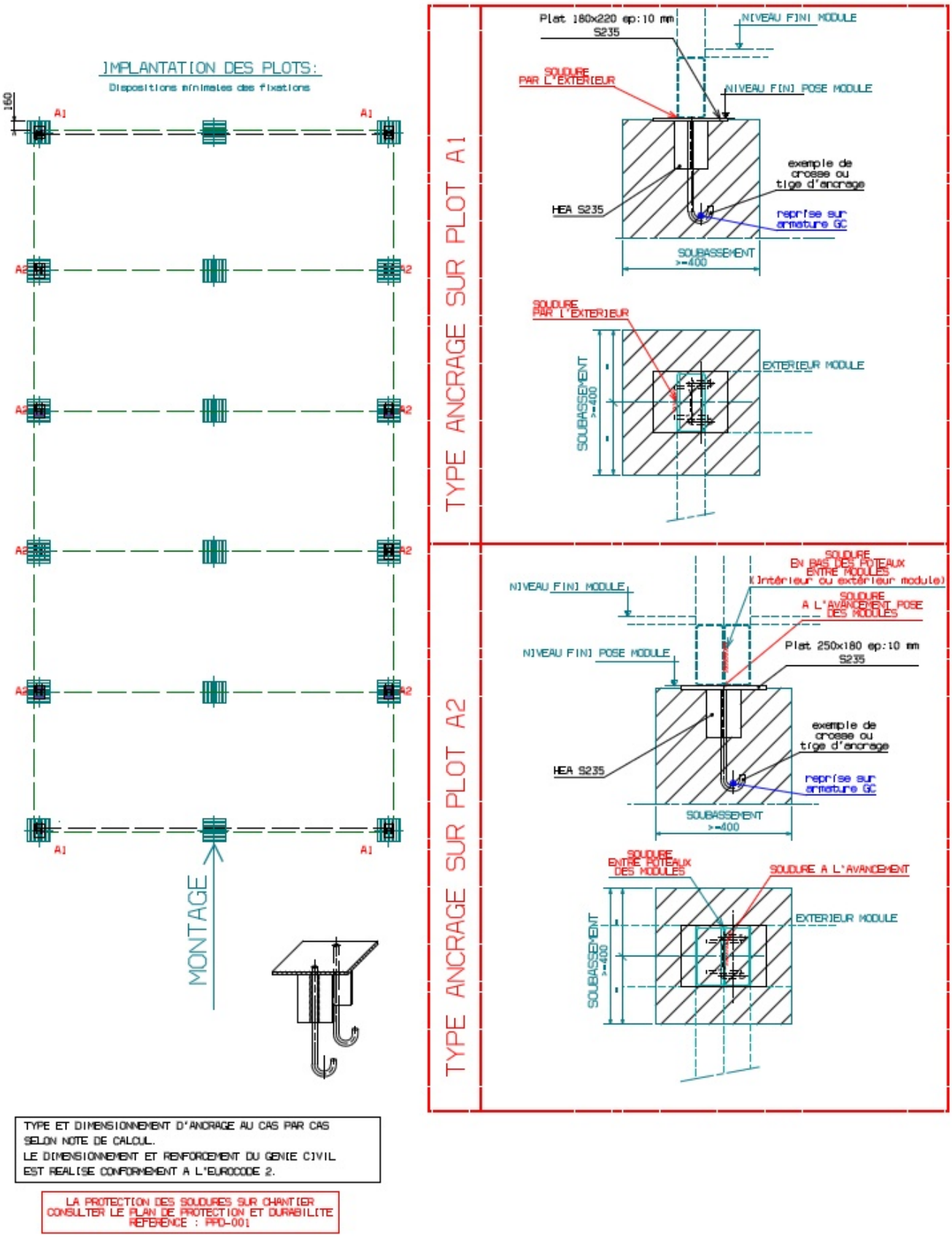


Figure 80 : Exemple d'ancrage avec reprise d'efforts élevés



Figure 81 : Plaque d'identification

COUGNAUD

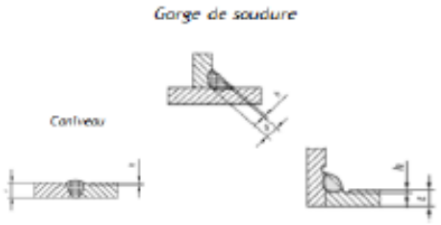
Fiche contrôle soudage Chantier

COUGNAUD

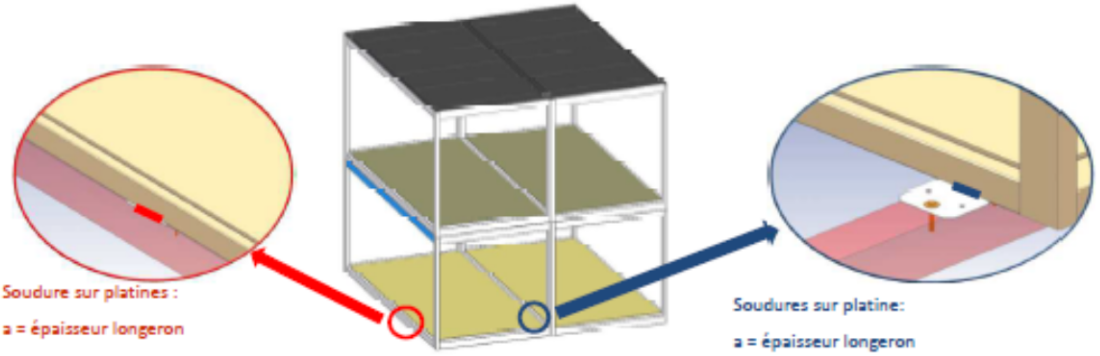
Aff. :	P.

Rappel des critères de conformité à respecter :

=> Aspect de la soudure
- Cordon de soudage : valeur de gorge avec tolérance de -0.2/+ 1,4mm
- Caniveau de maxi 0,6 mm
- Soufflure de diamètre maxi 0,9 mm
- Aucun gratton
- Nid de soufflure non autorisé



Soudures sur liaisons au sol :



Soudure sur platines :

a = épaisseur longeron

longueur = 80 mm

Dans le cas d'une soudure sur ancrages de type bêche (réf. 1 ou 2) a longueur doit être de 100mm

Nom du soudeur :

Date : / /

Soudures sur platine:

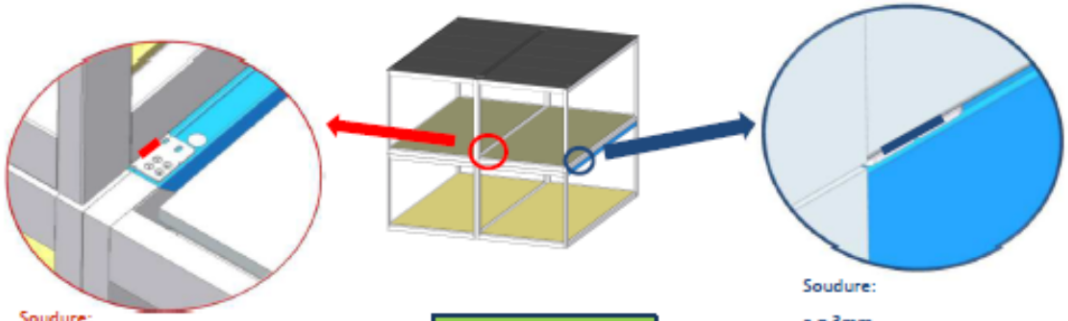
a = épaisseur longeron

longueur = 80 mm

Dans le cas d'une soudure sur ancrages de types bêches (réf. 1 ou 2) la longueur doit être de 100mm

Après nettoyage et refroidissement des soudures, appliquer traitement anti-corrosion adapté selon Avis Technique COUGNAUD

Soudures sur platine de liaisons entre niveaux :



Soudure:

a = 3mm

longueur = 80 mm

Nom du soudeur :

Date : / /

Soudure:

a = 3mm

longueur = 80 mm

Lien archivage sharepoint : BE Pôle S - DVPT PRODUITS\2-CERTIFICATION\209-REV ATEC 3 15-810 V1\QUALITE\Qualif soudeur et soudage

Figure 82 : Fiche de contrôle soudures

COUGNAUD CONSTRUCTION	Rédigé le : 06/03/2023	Code article TC : 4547410
MODE OPERATOIRE LIAISON ENTRE NIVEAU	Mis à jour le : 28/09/26	Indice B
	Liaison entre modules - Bâtiment PANNEAUX	

EPI OBLIGATOIRES


Gants anti-coupures


Protection oculaire


Chaussures de sécurité


Vêtement de travail


Genouillères de protection

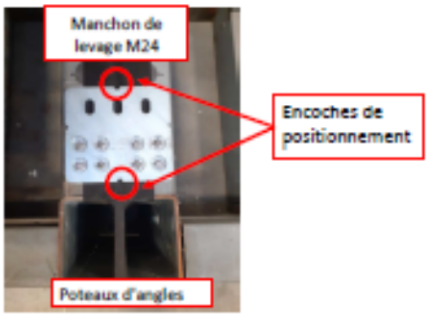
N°	Descriptif de l'étape	Illustrations	Moyens	Points de vigilance
JONCTION ENTRE MODULE ADJACENTS				
1 VERIFICATION				
1	Boulonner les pattes de liaisons et vérifier la bonne mise en oeuvre	 	- Clé à cliquets - Contrôle visuel	⚠ Respecter le plan de poteaux qui précise le nombre de fixations à réaliser par jonction Vérifier la bonne mise en oeuvre de serrage
JONCTION ENTRE MODULE SUPERPOSES				
1 VERIFICATION				
1	Vérifier que la bande d'étanchéité soit en place entre les longerons		- Contrôle visuel	
2 PREPARATION AVANT GRUTAGE				
2	La LEN universelle se met entre le poteau d'angle et le manchon M24 Caler si besoin pour que toutes les solutions soient au même niveau		- Cale(s)	⚠ Ne pas mettre plus de 3 cales l'une sur l'autre (calage limité à 6mm) Si le jeu est inférieur à 2mm : possibilité de visser directement la LEN universelle dans l'arbe
3	Mettre en place la LEN universelle en alignant les encoches aux centre des arbalétriers. Les perçages doivent être côté poteaux d'angles		- LEN universelle	⚠ Attention à bien centrer la platine entre les arbalétriers Les trous oblongs sont côté manchon de levage
4	Visser la LEN universelle avec 8 vis auto Irlus	 	- LEN universelle, - 8 vis Irlus zinguées SD14-L12 5,5x34, - Visseuse, - Embout spécifique tête Irlus -Contrôle visuel	⚠ Préconisation : Régler la puissance de la visseuse sur 20

Figure 83: Fiche de contrôle des liaisons entre modules

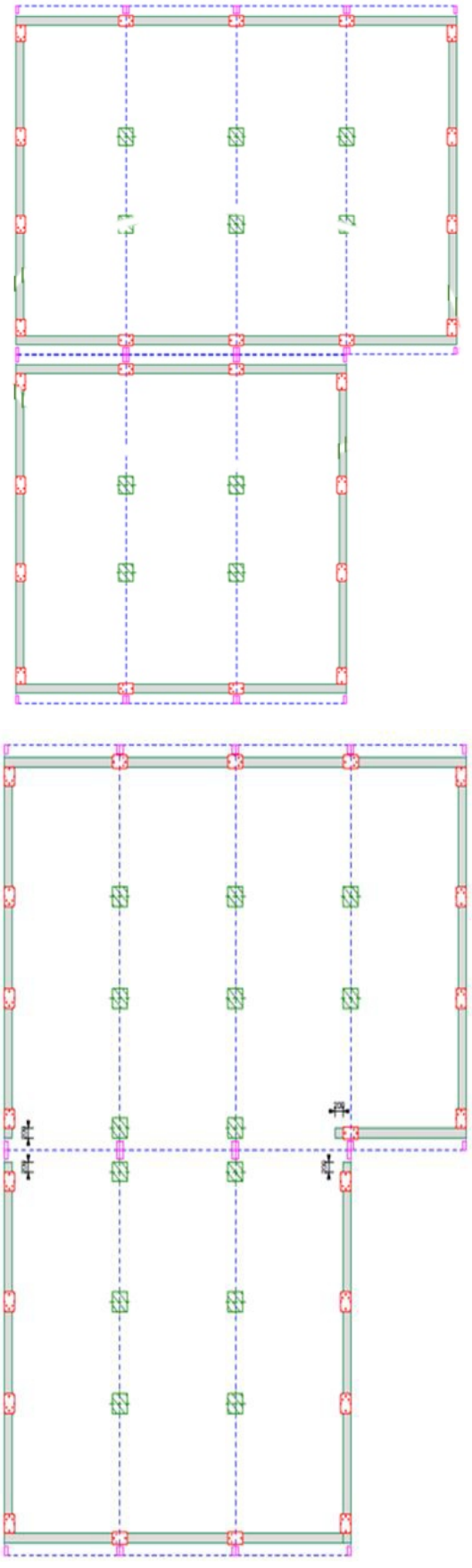


Figure 84: Exemple de répartition des liaisons au sol