

Sur le procédé

BÉTOMUR®RTH MASSIF

Famille de produit/Procédé : Mur de façade de types panneaux sandwich

Titulaire(s) : Société SORIBA

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° 3.2 - Murs et accessoires de mur

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	Cette version, examiné le 16 avril 02024, annule et remplace le DTA n°3.2/19-1009_V3. Elle intègre les modifications suivantes : • Modification du renforcement de la paroi extérieure au droit des ancrés • Mise à jour du maillage des connecteurs	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline
V3	Cette version annule et remplace le DTA n°3.2/19-1009_V2. Elle intègre les modifications suivantes : • Mise à jour des références normatives.	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Procédé de mur de façade mettant en œuvre des panneaux de façade en béton armé, de type sandwich, constitué de deux voiles dont le voile extérieur est librement dilatable, avec interposition d'un isolant.

Ces éléments de façade, constituent l'enveloppe extérieure et peuvent avoir des fonctions d'éléments de façade porteurs ou non porteurs.

L'épaisseur du panneau sandwich courant varie entre 29 et 50 cm (paroi extérieure pleine de 7 cm, couche continue d'isolant d'épaisseur de 10 à 27 cm, paroi intérieure pleine de 12 à 20 cm : épaisseur minimum de 12 cm pour les panneaux non porteurs et de 16 cm pour les panneaux porteurs).

Ces panneaux, de dimensions maximales 12 m de longueur par 4 m de largeur (sans excéder une surface maximum de 40m²), peuvent être disposés soit en position verticale (côte à côte) soit en position horizontale (superposition).

La liaison des deux voiles est assurée par le système SM2i® de la société SORIBA.

La liaison du panneau à l'ossature s'effectue soit par des armatures en attentes dimensionnées par le bureau d'études, soit par des rails et douilles de fixation en acier galvanisé.

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.....	7
1.2.3.	Impacts environnementaux	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	7
2.	Dossier Technique	8
2.1.	Mode de commercialisation	8
2.1.1.	Coordonnées	8
2.1.2.	Mise sur le marché.....	8
2.1.3.	Identification	8
2.2.	Description	8
2.2.1.	Principe	8
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	9
2.3.	Dispositions de conception	13
2.3.1.	Conception de la paroi intérieure structurale	13
2.3.2.	Conception de la paroi extérieure librement dilatable	18
2.3.3.	Dimensionnement du SM2i®	19
2.3.4.	Conception de l'isolant	26
2.4.	Conditions de stockage et de transport	26
2.4.1.	Prescriptions concernant la manutention des panneaux	26
2.4.2.	Prescriptions concernant le transport des panneaux	27
2.5.	Dispositions de mise en œuvre.....	27
2.5.1.	Généralités.....	27
2.5.2.	Pose des éléments.....	27
2.5.3.	Préparation du support	27
2.5.4.	Calage des éléments.....	27
2.5.5.	Calage des éléments.....	27
2.5.6.	Stabilité en phase provisoire	28
2.5.7.	Tolérance de pose du BETOMUR® rth Massif	28
2.6.	Traitements des joints	28
2.6.1.	Généralités.....	28
2.6.2.	Murs courants en superstructure	28
2.6.3.	Murs courants en infrastructure.....	29
2.6.4.	Durabilité / Entretien	29
2.7.	Traitement en fin de vie	29
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	29
2.8.1.	Fabrication	29
2.8.2.	Contrôle de fabrication.....	30
2.8.3.	Caractéristiques dimensionnelles et tolérances	30
2.8.4.	Finitions et aspect	30
2.9.	Mode d'exploitation	31
2.10.	Mention des justificatifs	32
2.10.1.	Résultats expérimentaux	32

2.10.2.	Références chantiers	32
2.11.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre	33
2.11.1.	Annexe I : Sécurité incendie suivant l'appréciation de laboratoire n° AL16-175_V3	33
2.11.2.	Annexe III : Schémas et détails type du BETOMUR® RTh Massif.....	37

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 est formulé pour les utilisations en France européenne et DROM. Le « BETOMUR® RTh Massif » est utilisable en zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 Octobre 2010 modifié, pour des bâtiments de catégorie d'importance I à IV.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé « BETOMUR® RTh Massif » est destiné à la réalisation de murs porteurs ou non porteurs en infrastructure et en superstructure et peut intégrer des poutres voiles, des poutres, des poteaux, etc.

Le procédé « BETOMUR® RTh Massif » est destiné à la réalisation de :

- Bâtiments tertiaires, scolaires, de commerce, industriels, agricoles ;
- Stockage et réservoirs agricoles ;
- Logements collectifs et individuels ;
- Établissements recevant du public ;

Les murs dont la paroi intérieure est inférieure à 16 cm d'épaisseur sont limités aux bâtiments hors exigences de sécurité incendie.

Les panneaux sont généralement aveugles ; ils peuvent être également munis d'ouvertures (cf. paragraphe Prescriptions Techniques).

L'utilisation du « BETOMUR® RTh Massif » est possible pour les ouvrages à la mer, exposés aux embruns ou aux brouillards salins (classes XS), ainsi que les ouvrages exposés à des atmosphères très agressives (classe XA).

En situation enterrée et lorsque l'utilisation ne rend pas obligatoire l'étanchéité de la paroi au sens du NF DTU 20.1, partie 3 § 5.2.2 (mur de soubassement de deuxième catégorie), le « BETOMUR® RTh Massif » pourra comporter une partie enterrée de 1 m.

La mise en œuvre d'un seul organe d'ancrage (ancrage porteuse) pour le maintien de la paroi extérieure du BETOMUR® RTh Massif est limitée aux panneaux borgnes. Cet organe sera disposé au centre de gravité de la paroi extérieure. Les autres panneaux sont équipés d'au moins deux ancrages.

Les surfaces maximales de panneaux équipés d'une seule ancre sont indiquées dans le tableau 1 ci-dessous, en fonction de la zone de sismicité et la catégorie de bâtiments.

Tableau 1 : Surface maximum des panneaux borgnes avec une seule ancre en zones sismiques

S_{mex} en m ²	Zone de sismicité				
Catégorie d'importance	1	2	3	4	5
I	18	18	18	18	18
II	18	18	17,70	12,30	8,40
III	18	18	14,70	10,20	3,75
IV	18	18	12,75	8,70	3,30

Le procédé « BETOMUR® RTh Massif » peut être associé à l'utilisation des prédalles suspendues à partir de la mise en place de boîte d'attente dans la paroi intérieure du panneau sandwich et pour utilisations dans des bâtiments ne nécessitant pas des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié. L'utilisation des prédalles suspendues relève des prescriptions définies dans le NF DTU 23.4.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Aptitude au levage

L'aptitude au levage du procédé n'est pas visée par le présent Avis.

1.2.1.2. Stabilité

La stabilité propre du voile de béton extérieur librement dilatable des panneaux sandwichs peut être normalement assurée moyennant l'application des prescriptions techniques visant les dispositifs de liaison associés à ces panneaux.

L'utilisation des panneaux comme éléments porteurs est acceptée moyennant le respect des prescriptions données dans le Dossier Technique.

Les panneaux non porteurs ne participent pas à la stabilité du bâtiment (contreventement, fonction porteuse, ...).

1.2.1.3. Construction en zone sismique

L'utilisation en zone sismique des panneaux porteurs est limitée aux zones 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant le respect des dispositions prévues au paragraphe 2 « Dossier Technique ».

L'utilisation des panneaux non porteurs est acceptée, moyennant le respect des dispositions prévues au paragraphe 2 « Dossier Technique ».

1.2.1.4. Sécurité au feu

Réaction au feu :

Le parement en béton bénéficie conventionnellement du classement de réaction au feu M0.

Résistance au feu :

Du fait de la présence de l'isolant dans les panneaux, les règles simplifiées de la NF EN 1992-1-2 de détermination de la distribution de la température dans le béton ne peuvent pas s'appliquer.

L'appréciation de laboratoire n°16-175_V3 fournit les champs de température à considérer pour le dimensionnement de la paroi intérieure suivant la NF EN 1992-1-2. Ces tableaux sont rappelés en Annexe 1 du Dossier Technique. L'appréciation de laboratoire référencée n° 16-175_V3 comprend également une étude du maintien au feu de la peau extérieure du procédé de mur de façade « BETOMUR® RTh Massif » de type panneau sandwich préfabriqué en béton armé.

Celle-ci prescrit les dispositions permettant de justifier la stabilité au feu du voile extérieur librement dilatable en tenant compte de la présence de l'isolant à l'intérieur des murs et de l'utilisation du système SM2i® pour suspendre la peau extérieure à la paroi intérieure. L'appréciation de laboratoire n°16-175_V3 vise la tenue du voile extérieur pour une épaisseur de paroi intérieure au moins égale à 16 cm. Les organes de suspension doivent être dimensionnés moyennant le respect des prescriptions données dans le Dossier Technique (§2.3.3).

Conformément à l'appréciation de laboratoire n°16-175_V3 :

- Les ancrs principales SM2i ne devront pas être installées en-deçà d'une hauteur de 1 mètre au-dessus des linteaux.
- L'espacement entre connecteurs sera inférieur ou égal à 100 cm.

Les dispositions permettant le respect de l'IT 249, notamment au pourtour des baies, sont décrites dans l'appréciation de laboratoire n°16-175_V3. Elle prescrit également les dispositions constructives à respecter pour la justification du procédé mis en œuvre dans des bâtiments d'habitation de la 3^{ème} et 4^{ème} famille et les Immeubles de Moyenne Hauteur IMH (bâtiment à usage d'habitation dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de 28 m sans être considéré immeuble de grande hauteur)

Le comportement au feu des panneaux non porteurs doit faire l'objet d'une appréciation de laboratoire agréé pour chaque chantier (portant notamment sur la protection des fixations des panneaux non porteurs à la structure afin d'éviter leur échauffement, sur la conception des fixations permettant la déformation des panneaux, et sur le calfeutrement en nez de plancher).

1.2.1.5. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

Elle peut être normalement assurée moyennant les précautions propres à la manutention et à l'échafaudage d'éléments lourds de grandes dimensions. Il est noté que les acrotères constitués par un prolongement des panneaux ne sont pas prévus pour assurer l'appui des dispositifs supportant des charges telles que les nacelles d'entretien.

1.2.1.6. Résistance au choc

Par analogie aux ouvrages traditionnels, le procédé est considéré comme satisfaisant vis-à-vis des exigences de résistance aux chocs définies dans la norme expérimentale P 08-302.

1.2.1.7. Isolation thermique

Les vérifications sont à effectuer, dans chaque cas d'utilisation, selon les Règles Th-Bat en vigueur.

Afin que l'isolant joue convenablement son rôle, la présence en parement extérieur d'une garniture de joint apte à assurer, au droit des joints, sa protection à l'eau est indispensable. Le maintien des performances thermiques suppose l'utilisation d'isolants dont les performances ne sont pas dégradées de manière significative par l'humidification possible au niveau des joints.

Dans le cas de l'utilisation d'isolant sans certification de type ACERMI, les performances thermiques des panneaux doivent être calculées en majorant de 15 % les valeurs déclarées de la conductivité thermique de ces isolants.

En l'absence de données fournies par le demandeur, un calcul des coefficients de transmission surfacique doit être réalisé en tenant compte de tous les ponts thermiques structurels (joints, fixations, connecteurs, ...).

1.2.1.8. Isolation acoustique

Etant donné les épaisseurs de béton minimales mises en jeu, et moyennant les dispositions de traitement des joints décrites au « Dossier Technique », le procédé ne devrait pas poser de problèmes d'isolement au bruit aérien, jusqu'aux exigences de $D_{n,T,A,Tr} \leq 35\text{dB}$. Au-delà, une étude au cas par cas est nécessaire.

1.2.1.9. Étanchéité des murs extérieurs

Pour les bâtiments à usage autre qu'industriel, l'étanchéité est organisée sur la base des principes du DTU 22.1 et peut être considérée comme normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, avec cependant des risques d'humidification localisée de la paroi intérieure des panneaux isolants.

Quant à la solution d'étanchéité des joints à simple garniture extérieure de mastic, utilisée pour les bâtiments à usage industriel, elle repose essentiellement sur l'efficacité de la garniture extérieure ; elle confère aux façades des bâtiments autres que

courants tels que définis dans la NF DTU 20.1 une étanchéité équivalente à celle admise dans ce cas pour les façades traditionnelles, dans les mêmes situations de la construction (situations a, b, c et d sauf front de mer).

1.2.1.10. Aspects sanitaires

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

La garniture extérieure des joints est constituée d'un mastic élastomère à bas module présentant une bonne déformabilité. Une telle caractéristique est indispensable compte tenu de l'amplitude des variations dimensionnelles des joints verticaux entre panneaux et des joints entre menuiseries et béton extérieur par suite du choix du voile intérieur pour recevoir la fixation.

Les acrotères constitués par un prolongement des panneaux du dernier niveau doivent comporter des armatures de sections conformes à celles prévues dans les Prescriptions Techniques des panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable (cf. Cahier du C.S.T.B. n° 2159, livraison 279, Chapitre 2), dans le DTU 20.12 et le DTU 22.1.

Au total, la durabilité d'ensemble des murs de façade de ce procédé peut être considérée comme équivalente à celle de murs traditionnels en béton.

Elle requiert :

- L'exécution des travaux normaux d'entretien des façades en béton ;
- La réfection des garnitures de mastic extérieures.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le procédé « BETOMUR® RTh Massif » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le groupe tient à signaler à l'utilisateur qu'il est nécessaire que toutes les informations relatives aux conditions de conception de l'ouvrage soient transmises à SORIBA, pour une bonne coordination.

Toute la gamme des épaisseurs d'isolants ne permet pas de satisfaire les exigences réglementaires. Il est rappelé qu'un calcul thermique est dans tous les cas nécessaires.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3.2

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

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Société SORIBA

Rue Gustave Eiffel

B.P. 515

85305 CHALLANS Cedex

France

Tél. : 02 51 93 23 01

Email : soriba@soriba.com

Internet : <https://soriba.fr>

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n° 305/2011, le produit « BETOMUR RTh Massif » fait l'objet d'une déclaration des performances établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 14992. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Tous les éléments sont identifiés à l'aide d'une étiquette apposée sur chaque élément et contenant les données suivantes :

- Date de production
- Poids de l'élément
- Repère de l'élément
- Nom du client ou du projet
- Numéro et code du dossier de commande
- Nom de l'usine de production

2.2. Description

2.2.1. Principe

Procédé de mur de façade, isolée par l'extérieur, « BETOMUR® RTh Massif » est constitué de deux parois en béton armé reliées par des organes de liaison en matériau composite et un système d'ancrage en acier inoxydable.

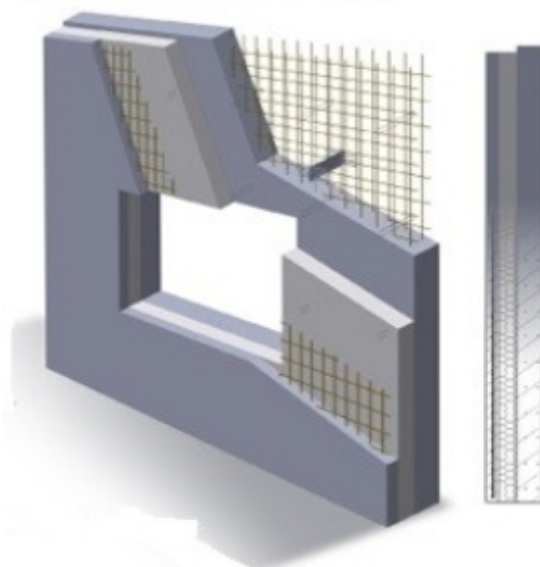
Un isolant est mis en œuvre en usine sur la paroi extérieure. Cette paroi extérieure, dite aussi de parement, est librement dilatable.

Ces éléments, constituent généralement l'enveloppe extérieure des bâtiments et remplissent deux fonctions :

- Éléments de façade porteurs ou non :
 - Dans le cas de mur porteur, ils sont posés à l'avancement du chantier et la paroi intérieure participe à la reprise des charges sollicitant l'ouvrage.
 - Dans le cas de murs non porteurs, ils sont fixés sur la structure en fin de réalisation du gros œuvre. Ces éléments sont autoporteurs, portés ou d'habillage.
- Isolation par l'extérieur du bâtiment par l'interposition d'un isolant continu entre la paroi extérieure et la paroi intérieure.

La face extérieure des éléments est de type béton brut ou tout autre type de parement (béton désactivé, béton acidé, béton matricé, polissage, sablage, négatifs, faux joints...).

Schéma 1 - Schéma de principe du "BETOMUR® RTh Massif"



Les dimensions maximales d'un élément sont de 12,00 x 4,00 m, sans excéder une surface maximale de 40 m².

La paroi extérieure est d'une épaisseur comprise entre 70 mm et 100 mm.

La paroi intérieure est d'une épaisseur minimale de 160 mm, ou de 120 mm dans le cas d'éléments non-porteurs (épaisseur de 120 mm non visée par l'appréciation de laboratoire).

L'isolant a une épaisseur comprise entre 100 et 270 mm.

Les armatures complémentaires de type poteau, poutre, linteau, rive, etc., sont incorporées aux murs lors de la réalisation en usine. Il en est de même pour les équipements électriques, les inserts, les réservations, etc. Les bâtis de menuiseries peuvent être intégrés en usine, ou rapporté en œuvre sur chantier.

Les chants tels que les embrasures de menuiserie extérieure, abouts de panneaux, acrotères, etc. doivent faire l'objet d'habillages de protection.

2.2.2. Caractéristiques des composants

Les matériaux constituant les parois en béton armé devront être conformes à la section 3 de la NF EN 1992-1-1.

2.2.2.1. Béton parois préfabriquées

Pour la paroi intérieure, réalisée en usine, le béton de classe de résistance équivalente à C30/37, sera conforme aux normes NF EN 206+A2/CN et NF EN 13369.

Pour la paroi extérieure, réalisée en usine, le béton de classe de résistance équivalente à C40/50, sera conforme à la norme NF EN 206+A2/CN et NF EN 13369.

La nature du ciment et son dosage seront adaptés à la classe d'environnement.

La granulométrie et la composition des agrégats sont choisis en fonction de parement souhaité, et de la résistance souhaitée. Pour la paroi intérieure, la granulométrie usuelle est entre 2 et 16 mm.

2.2.2.2. Béton coulé en place

Le béton coulé en place dans les zones de clavetages, telles que :

- Liaisons verticales entre parois intérieures ;
- Liaisons horizontales entre parois intérieures ;
- Chaînage entre paroi intérieure et planchers ;
- etc.

, sera de classe de résistance minimal C25/30, à agrégats de petits diamètres ($D_{max} = 12$ mm) et de classe de consistance S4. Il sera conforme à la norme NF EN 206+A2/CN.

De plus, l'écart entre les résistances caractéristiques du béton de clavetage et du béton préfabriqués est limité à 25 MPa.

2.2.2.3. Armatures

2.2.2.3.1. Armatures incorporées aux parois préfabriquées

Tous les aciers et les raidisseurs de type CKT (INTERSIG) ou équivalent sont conformes à la norme européenne EN 10025, NF EN 10 080 et sont certifiés AFCAB.

Aciers en bobines et barres, B 500 Ø 6 à 32 mm.

La classe de ductilité de l'acier (A, B ou C) sera adaptée en fonction de la zone de sismicité et de la destination de l'ouvrage.
Treillis soudés standard B 500.

D'une façon systématique, les parois intérieures et extérieures non percées d'ouvertures doivent disposer d'une section minimale d'armatures dans les deux directions égales à 0,2 % de la section de béton pour les panneaux de longueur maximum de 6 mètres, et 0,25 % au-delà de 6 mètres.

La paroi extérieure comprend, pour des murs de longueur L, au minimum :

- Verticalement :
 - 1,4 cm²/ml pour L < 6 m
 - 1,9 cm²/ml pour L ≥ 6 m
- Horizontalement :
 - 1,4 cm²/ml pour L < 6 m
 - 1,9 cm²/ml pour L ≥ 6 m

Ces valeurs sont minimales et majorées en fonction des sollicitations provisoires ou définitives sur l'ouvrage.

L'enrobage des armatures est défini en fonction de la classe d'exposition et sera déterminé en fonction du milieu ambiant où sera mis en œuvre le mur « BETOMUR® RTh Massif ».

L'enrobage nominal est au moins égal à 20 mm sur la face extérieure de la paroi extérieure.

2.2.2.3.2. Armatures complémentaires de chantier

Les armatures complémentaires de type chaînage, acier de liaison, etc. seront incorporés au droit des clavetages entre panneaux. Ces armatures sont du type HA où treillis façonnés à la demande.

Les armatures complémentaires à mettre en œuvre sur chantier seront à prévoir par l'entreprise de pose.

2.2.2.4. Système de connexion SM2i®

2.2.2.4.1. Généralités

Le Système pour Mur à Isolation intégrée – SM2i® – est constitué d'organes de connexion entre parois (connecteurs) et d'organes d'ancrage (ancres porteuses).

Les organes de liaison sont prévus :

- Le maintien de la paroi extérieure en phase définitive
- Résister aux actions sismiques dans le plan

Les connecteurs sont prévus pour :

- Résister aux actions du vent hors plan
- Résister aux actions sismiques hors plan

2.2.2.4.2. Connecteurs

Le système de connexion entre parois comprend des connecteurs en matériau composite (associant des fibres de verre AR constituant l'armature et de la résine de type vinylester constituant la matrice), constitués de barres de diamètre 12 mm et 15,6 mm.

Tableau 2 - Caractéristiques mécaniques des connecteurs du système SM2i®

Propriété	Valeurs
Renfort	Fibre de verre AR
Modules de flexion et traction longitudinales	≥ 35 000 MPa
Contrainte à la rupture en flexion longitudinale	≥ 690 MPa
Contrainte à la rupture en traction longitudinale	≥ 690 MPa
Contrainte de cisaillement inter laminaire	30 MPa

Ces connecteurs répartis suivant un maillage carré maximal de 100 cm (au minimum 1 connecteurs/m²) ont entre autres pour rôle de :

- Reprendre, en partie ou en totalité, les efforts sismiques hors plan ;
- Reprendre les efforts de pression/dépression dû au vent ;
- Reprendre en partie les efforts de distorsion de la paroi extérieure.

2.2.2.4.3. Ancres porteuses

Le système d'ancrage est constitué d'organes métalliques, appelés ancres porteuses, en acier inoxydable, ancrés à leurs extrémités dans les deux parois en béton.

- APC 76,1 : Ancre porteuse cylindrique (cylindre de Ø 76,1 mm)
- APC 160 : Ancre porteuse cylindrique (cylindre de Ø 160 mm)
- ADP 150 : Ancre de Distorsion Plate (largeur de l'ancre de 150 mm)
- ADP 200 : Ancre de Distorsion Plate (largeur de l'ancre de 200 mm)

- APF : Ancre Porteuse Fendue

Les nuances d'aciers sont selon norme EN 10 088 : 1.4162, 1.4404 ou nuance équivalent (corrosion).

Les panneaux sont équipés d'au moins une ancre porteuse (en association avec une ancre de distorsion dans ce cas). Lorsque les panneaux sont équipés de 2 ancras porteuses, l'espacement maximum de celles-ci est de 6,85 m.

Les surfaces maximales de panneau en fonction de la zone de sismicité, de la catégorie d'importance de bâtiment, et du nombre d'ancre sont données en Annexe 2 (pour une épaisseur de paroi extérieure de 7 cm).

Le dimensionnement des ancras (nombre, positionnement, ...) est réalisé conformément aux prescriptions du §2.3.3 du présent dossier.

Les ancras porteuses permettent, entre autres, de reprendre le poids propre de la paroi extérieure.

Pour les éléments « BETOMUR® RTh Massif » de grande dimension, le nombre d'ancres porteuses pourra être augmenté, en fonction du poids propre de la paroi extérieure.

Pour les éléments de grande hauteur, devant être transporté sur chant, le nombre d'ancres porteuses sera majoré pour répondre aux sollicitations et permettre les manutentions en phase provisoire.

Dans le cadre de chantiers en zones sismiques, des ancras de distorsion plates pourront être disposées pour reprendre les efforts sismiques, suivant calcul.

2.2.2.5. Système de levage

Le système de levage des panneaux « BETOMUR® RTh Massif » est réalisé par des inserts de levage de type HALFEN-DEHA, ARTEON, ADC ou équivalent.

Le nombre et le type d'inserts sera déterminé par le Bureau d'Études SORIBA, en fonction du poids des panneaux et des valeurs caractéristiques des organes de levage.

Les inserts de levage sont fixés au coffrage pendant la production des panneaux et sont noyés dans le béton. Les organes de manutention (élingue filetée, mains de manutention, etc.) sont adaptés à chaque type de levage.

Le béton comprenant les éléments de levage doit présenter une résistance à la compression minimale de 15 MPa lors du premier levage (en cohérence avec les essais expérimentaux).

Les éléments devant être transportés sur chant, comporteront des inserts complémentaires. Le relevage sur chantier se fera alors à l'aide d'un basculeur.

2.2.2.6. Système de fixation des panneaux

Les panneaux « BETOMUR® RTh Massif » sont fixés à la structure suivant deux possibilités, suivant s'ils sont porteurs ou non.

Dans le cas de panneaux porteurs, le clavetage des panneaux sur la structure se fait à l'aide d'armatures laissées en attente et dimensionnées par le Bureau d'Études Structures de l'opération.

Dans le cas de panneaux non porteurs, la fixation des panneaux sur la structure peut se faire à l'aide de :

- Rails et/ou douilles de type HALFEN, ARTEON, JORDHAL H-BAU, ADC, FIXINOX ou équivalent, dimensionnés par le Bureau d'Études SORIBA, en fonction des valeurs caractéristiques des organes et des données du projet. Ils doivent suivre exactement les préconisations des fournisseurs. Les boulons insérés dans les rails doivent avoir un diamètre minimal de 12 mm.
- Inserts métallique insérés à la préfabrication pour soudure sur ossature métallique. La structure métallique est préalablement chargée avec le poids propre des panneaux, puis les soudures sont effectuées. Les charges amenées sur la structure par les panneaux sont prises en compte par le BET Structure en charge du dimensionnement de la structure métallique.

Les cordons de soudure devront être réalisés par du personnel dûment qualifié et certifié pour réaliser ce type de soudure. Le dimensionnement des cordons de soudure est à la charge du BET Structures du chantier.

Le type et la position des inserts seront indiqués sur les plans de production des éléments « BETOMUR® RTh Massif » (cf. figure 3a et 3b).

Tous les accessoires et inserts servant à la fixation des panneaux seront à minima en acier galvanisé.

D'une façon systématique, les fixations des panneaux non porteurs à l'ossature doivent être dimensionnées en déduisant la charge de calcul de la charge de rupture moyenne par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 3. Dans le cas particulier des rails et des douilles faisant l'objet d'un ETE (Evaluation Technique Européenne), le dimensionnement doit être effectué sur la base des caractéristiques mécaniques résistantes indiquées dans les ETE en cours de validité dont ils relèvent. En zone sismique, les dispositifs d'accrochage des panneaux non porteurs doivent être dimensionnés de manière à (i) reprendre les efforts dus à l'action sismique dans les conditions prévues au chapitre 4.3.5 de la norme NF EN 1998-1 avec un coefficient q_a pris égal à 1 et (ii) éviter que le panneau soit mis en charge par la déformation de la structure. La charge de calcul en situation sismique des rails et des douilles de fixation est déduite de la charge résistante de calcul statique déterminée selon les ETE en cours de validité dont ils relèvent, par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 2,5.

2.2.2.7. Isolant

En partie courante, différents matériaux, faisant l'objet d'un certificat ACERMI, peuvent être utilisés, sous forme de panneaux rigides. Le classement ISOL minimum est ($I_1S_1O_2L_3$) :

- Mousse de polyuréthane PUR ou PIR
- Polystyrène expansé ou extrudé

Tout autre matériau présentant les caractéristiques ci-dessous pourra être utilisé (hors matériaux bio-sourcés) :

- Rigidité suffisante pour permettre une mise en œuvre aisée (découpe, perçage, etc.) ;
- Résistance à la compression suffisante, pour éviter sa déformation lors du coulage de la paroi intérieure ;
- Insensibilité à l'eau, notamment pour éviter leur altération durant la phase de coulée de la paroi intérieure.

Pour les dispositifs de protection vis-à-vis de la propagation du feu en façade, l'isolant utilisé présente les caractéristiques suivantes :

- Laine de roche certifiée ACERMI
- Masse volumique ≥ 120 kg/m³
- Absorption à long terme par immersion partielle : WS selon la norme EN 12087.
- Absorption à court terme par immersion partielle : WL(P) selon la norme EN 12087.
- Les bandes de protection coupe-feu seront situées en tête de panneau de façon à être protégées des infiltrations d'eau par la bavette EPDM situées au droit du joint horizontal adjacent.
- Le pare-vapeur interposé entre la laine de roche et la paroi intérieure est de type Aluflex, Sopravap® Kraft de SOPREMA ou équivalent.

2.2.2.8. Vide d'air

Lorsque les variations de températures sont importantes entre le jour et la nuit, les condensations qui en résultent, peuvent être évacuée par la mise en place d'un vide d'air positionné entre la paroi extérieure et l'isolant.

La mise en œuvre d'un coffrage spécial pour vide d'air type SPA-DH, HALFEN-DEHA ou équivalent permet de réaliser un vide ventilé et donne la possibilité à l'humidité pénétrante de s'évacuer vers la paroi extérieure.

2.2.2.9. Douilles d'étalement

Des douilles métalliques filetées sont scellées en usine dans la paroi intérieure pour assurer la liaison aux étais tire-pousse, barrettes, etc. pendant les phases de montage et de bétonnage du noyau.

Le diamètre de ces douilles et leur position est déterminé par le Bureau d'Études SORIBA, en fonction des efforts à reprendre.

2.2.2.10. Matériaux de traitement de joint

2.2.2.10.1. Paroi extérieure

Largeur de joint

La largeur des joints entre parois extérieures de panneaux adjacents est dimensionnée pour éviter tout entrechoquement en cas de séisme ou de dilatation thermique. Ce joint nominal est de 15 mm minimum. Ce joint prend en compte les tolérances de fabrication et de pose et la largeur minimum pour l'application d'un joint.

Traitement des joints horizontaux

Le joint horizontal en pied et/ou tête de panneau en cas de superposition de panneau est traité à l'aide d'un emboitement par rejingot (cf. plans en Annexe) pour les bâtiments à usage autre qu'industriels.

En cas de superposition de panneaux, au droit du joint horizontal et des joints verticaux, un complément d'étanchéité par bavette EPDM, bande bitumineuse collé à froid, etc. sera mise en œuvre en usine pour protéger l'isolant des éventuels infiltrats (cf. Figure 23).

Traitement des joints verticaux

Le traitement des joints verticaux doit être effectué pour protéger l'isolant et assurer l'étanchéité à l'eau, et sera réalisé à l'aide :

- Joint élastomère de 1ère catégorie appliqué sur fond de joint au niveau de la paroi extérieure, avec joint de décompression,
- Joint mécanique à gouttières type P71 CN de chez COUVRANEUF ou techniquement équivalent,
- Joint néoprène type JD de chez COUVRANEUF ou techniquement équivalent.

2.2.2.10.2. Paroi intérieure

Traitement des joints horizontaux

Le joint horizontal en pied et/ou tête de panneau en cas de superposition de panneau est traité à l'aide d'un emboitement par rejingot (cf. plans en Annexe).

Le traitement de l'étanchéité à l'air se fait à l'aide d'un joint compressible, placé sur le côté intérieur en partie supérieure du rejingot.

Traitement des joints verticaux

Le traitement des joints verticaux doit être effectué pour assurer l'étanchéité à l'air, et sera réalisé à l'aide :

- Joint pré comprimé expansif de type ILLMOD 600 de chez ILLBRUCK ou équivalent,
- Béton de remplissage pour clavetage entre panneaux, dans le cas de panneaux porteurs.

Traitement des joints vis-à-vis du risque d'incendie (cf. Appréciation de laboratoire n° 16-175 V3)

Si un degré coupe-feu est requis pour le projet, le joint devra être traité sur la paroi intérieure à l'aide de joint cordon de type LITAFEU, NULLIFIRE ou équivalent.

Conformément à l'IT 249, les joints au droit des ouvertures et sur leur périphérie, ainsi qu'au droit des joints horizontaux au niveau des joints de recoupement, une bande de laine minérale de type laine de roche de l'épaisseur de l'isolant principal et de hauteur 100 mm minimum (réduite à 50 mm lorsqu'elle est protégée par une bavette en acier sera mis en œuvre en usine.

Au droit de la jonction façade-plancher, les prescriptions du paragraphe 2.2 de l'IT 249 doivent être respectées afin d'assurer l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds et d'éviter la propagation du feu aux niveaux supérieurs.

2.2.2.11. Matériaux de traitement de tête de mur, d'about, d'ouverture, etc.

Tête de mur

cf. Figures 20

Lorsque la partie supérieure de l'élément « BETOMUR® RTh Massif » constitue la tête du mur, elle sera alors protégée par un élément de couverture en béton ou en tôle, formant couvertine.

About de mur

Lorsque l'élément « BETOMUR® RTh Massif » constitue l'about du mur, celui-ci sera alors protégé par un élément en béton ou en tôle, formant protection.

Ouvertures

cf. Figures 12 à 15

La paroi extérieure étant librement dilatable, il sera impératif de réaliser l'étanchéité de la menuiserie sur la paroi structurelle (paroi intérieure).

Les chants d'ouvertures telles que les menuiseries extérieures (fenêtre, portes, etc.) devront faire l'objet d'un habillage de protection.

Acrotères : cf. Figure 20

Traitement des angles : cf. Figures 16 à 19

2.2.2.12. Autres accessoires

D'autres accessoires pourront être mis en œuvre dans la fabrication, ou post fabrication des éléments « BETOMUR® RTh Massif », dont la liste non exhaustive est listée ci-dessous :

- Coupleurs pour reprise d'armatures en paroi intérieure (bénéficiant d'une certification AFCAB)
- Les boîtes d'attentes doivent faire l'objet d'une certification telle que décrite dans le dossier technique du demandeur et respecter les exigences des Recommandations Professionnelles concernant les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes (novembre 2012).
- Liaisons de type ARMATUBE ou équivalent pour liaisonner les panneaux porteurs à la structure. Le dimensionnement du procédé (reconstitution de la continuité d'armature) utilisé pour assurer la liaison entre panneaux porteurs superposés doit être effectué conformément aux prescriptions du cahier des clauses techniques du fournisseur.
- Bavettes d'étanchéité collées de type EPDM, bande bitumineuse collée à froid, ...
- etc.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Conception de la paroi intérieure structurelle

2.3.1.1. Généralités

Le dimensionnement de la paroi structurelle n'est en aucun cas réalisé par le Bureau d'Études SORIBA.

Le Bureau d'Études Techniques Structure du chantier devra calculer les efforts transmis aux éléments et définir les équarrissage et sections d'armatures nécessaires à leur stabilité, ainsi que les sections d'armatures à mettre en œuvre au droit des joints.

Le dimensionnement des panneaux (jonctions entre panneaux, paroi extérieure, fixation des panneaux non porteurs) doit être réalisé par le bureau d'étude désigné par le titulaire.

Les calculs et justifications sont menés suivant les règlements français en vigueur :

- Les règles Eurocodes et, dans le cas de panneaux porteurs, en tenant compte des spécificités des panneaux préfabriqués décrites dans le DTU 22.1 (renvoi aux règles contenues dans les Directives UEAtc et aux recommandations CEB-CIB-UEAtc : « Recommandations internationales pour les structures en panneaux »)
- La norme NF EN 14992

Le calcul des armatures des deux voiles pleins constituant les panneaux non porteurs doit s'effectuer de la façon suivante :

- Le voile intérieur est soumis à une flexion composée sous l'action simultanée des charges permanentes et de l'action du vent,
- L'action du vent est décomposée au prorata des inerties des voiles.

Les murs de façade réalisés avec les panneaux non porteurs ne doivent pas être pris en compte dans les vérifications de calculs de stabilité et de contreventement des structures qu'ils enveloppent. En particulier, dans le cas où les panneaux habillent une ossature, celle-ci doit être dûment contreventée.

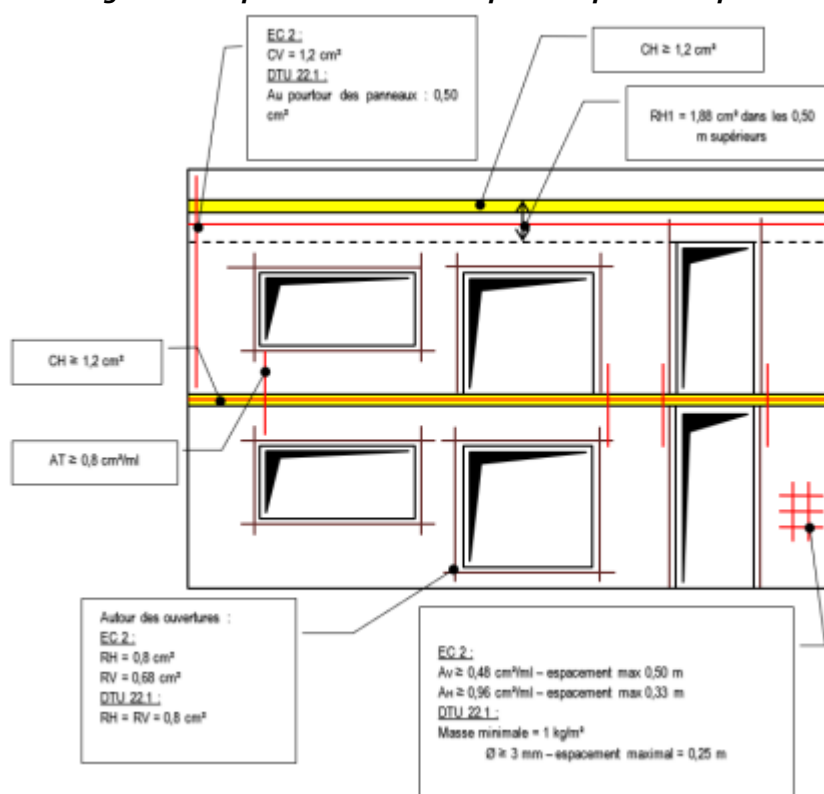
Les liaisons horizontales avec broches entre panneaux superposés devront comporter au moins 3 broches avec un diamètre minimal de 16 mm.

2.3.1.2. Armatures minimales

La paroi intérieure comprend au minimum :

- 0,48 cm²/ml d'aciers verticaux avec un espacement maximum entre barres de 50 cm
- 0,96 cm²/ml d'aciers horizontaux avec un espacement maximum entre barres de 33 cm

Ces valeurs sont minimales et majorées en fonction des sollicitations provisoires ou définitives sur l'ouvrage.

Figure 1 : Dispositions minimales pour les panneaux porteurs

2.3.1.3. Epaisseur de la paroi structurelle et enrobage

La paroi intérieure d'un élément « BETOMUR® RTh Massif » possède une épaisseur minimale de 160 mm dans le cas de panneaux porteurs, et de 120 mm dans le cas de panneaux non porteurs.

L'épaisseur de la paroi intérieure pourra être réduite localement et ponctuellement en cas de faux joint, décaissé, etc.

L'enrobage des armatures est défini en fonction de la classe d'exposition et sera déterminé en fonction du milieu ambiant où sera mis en œuvre le mur « BETOMUR® RTh Massif ».

2.3.1.4. Panneaux aveugles

L'armature des panneaux est calculée et adaptée aux conditions d'utilisations. Les panneaux sont fixés à la structure avec des éléments en acier galvanisés dans le cas de panneaux non porteurs, et liaisonnés avec des armatures en attente dans le cas de panneaux porteurs.

Dans le cas de panneaux porteurs, la transmission des charges verticales de la structure sera assurée, au droit du joint en pied des panneaux, par un joint maté au mortier sans retrait.

La liaison du plancher en tête des panneaux se fait par clavetage béton armé, soit directement sur la paroi intérieure, soit par l'intermédiaire d'une console filante à l'arrière de cette paroi (cf. plans en Annexe).

Les fixations sont invisibles ou apparentes.

Les panneaux de façade sont étanches entre eux, sur la face extérieure, avec un joint souple ou un joint mécanique à gouttière.

Les dimensions maximums d'un élément sont de 12,00 x 4,00 m, sans excéder une surface maximale de 40 m².

L'épaisseur totale du complexe est de 290 mm à 500 mm, et est constitué :

- Une paroi extérieure d'une épaisseur minimale de 70 mm,
- Un isolant thermique, d'épaisseur allant de 100 mm à 270 mm, suivant l'étude thermique du projet,
- Une paroi intérieure, d'une épaisseur minimale de 160 mm en cas de panneaux porteurs, et de 120 mm en cas de panneaux non porteurs.
- L'enrobage minimal des armatures sur la paroi extérieure ne pourra être inférieur à 20 mm, permettant ainsi de garantir *a minima* une classe d'exposition XC3.
- L'enrobage minimal des armatures sur la paroi intérieure ne pourra être inférieur à 10 mm, permettant ainsi de garantir *a minima* une classe d'exposition XC1.

2.3.1.5. Panneaux avec ouvertures

Les panneaux avec ouvertures possèdent les mêmes caractéristiques que les panneaux borgnes, dont la description est donnée ci-dessus, à l'exception des armatures.

Les trumeaux, les linteaux et les allèges bordant les ouvertures doivent avoir une largeur et une hauteur d'un mètre au minimum,

- Les armatures de renforts à disposer autour de la trémie doivent correspondre en section à celle des armatures sectionnées,

- La longueur minimale d'ancrage des armatures de renforts doit être égale à $50 \varnothing$,

En dehors des cas prévus ci-avant, une étude particulière est à prévoir. Cette dernière devra prendre en compte les phénomènes de flambement et de voilement associé notamment en cas d'empilage de panneaux percés d'ouvertures de dimensions supérieures à celles visées ci-avant.

Les dimensions maximales (largeur par hauteur) des ouvertures par panneau sont :

- Soit de deux ouvertures de $1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$,
- Soit d'une ouverture de $2,40 \text{ m} \times 2,10 \text{ m}$.

2.3.1.6. Hypothèses de calcul

Dans le cas d'éléments non porteurs, les dimensions des panneaux sont déterminées en fonction de l'épaisseur de la paroi intérieure et des capacités de levage en usine et sur site.

Dans le cas d'éléments porteurs, le Bureau d'Études Structures de l'opération calcule les efforts transmis aux éléments et définit les équarrissages et les sections d'armatures nécessaires à leur stabilité.

Le Bureau d'Études SORIBA reprend les plans de coffrage et de ferrailage pour les transformer en plans de production.

Le Bureau d'Études SORIBA reçoit du Bureau d'Études Structures de l'opération, les informations suivantes :

- Les plans du projet (plans de coffrage et sections d'armatures à mettre en œuvre dans la paroi intérieure) ;
- Descentes des charges par niveau :
 - Charges permanentes
 - Charges verticales
 - Charges horizontales
 - Moments
 - Charges variables
 - Charges verticales
 - Charges horizontales
 - Moments
- Le principe de transmission des charges :
 - Liaisons horizontales
 - Liaison plancher / panneau (rotule ou encastrement)
 - Liaison entre deux panneaux superposés (rotule ou encastrement)
 - Liaisons verticales
 - Avec clavetage dans le joint vertical entre panneaux adjacents
 - Sans clavetage dans le joint vertical entre panneaux adjacents
- Le principe de contreventement : par exemple utilisation de murs de refend, noyau de contreventement, etc.

NOTA : la liaison rotule est systématiquement adoptée en zone sismique

Les calculs sont basés sur l'application des normes Eurocodes et plus particulièrement l'Eurocode 2 Partie 1-1, et selon les principes de fonctionnement des murs préfabriqués d'écrits dans les documents suivants :

- Les recommandations CEB
- Le DTU 22.1
- Les directives rédigées par l'UEAtc

Les planchers seront toujours rigides et contribueront à la transmission des efforts aux différents ouvrages participant au contreventement.

Dans le cas où des chaînages sont nécessaires, ceux-ci seront déterminés suivant l'UEAtc ch 1.212 page 9 et ch 1.213 page 10.

2.3.1.7. Dimensionnement en zone sismique

Concernant les actions sismiques, elles seront évaluées selon les méthodes d'analyse indiquées dans la norme NF EN 1998-1.

Les panneaux intérieurs porteurs doivent être conçus conformément à l'article 5.11 « Structures préfabriquées en béton » de la norme NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

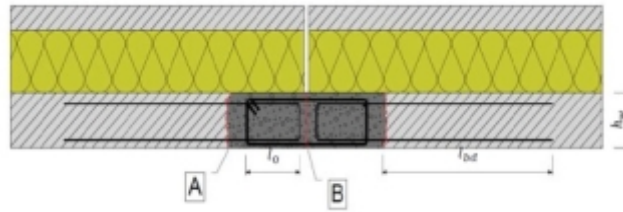
Le coefficient de comportement q_a pour les actions sismiques horizontales est calculé conformément à l'article 5.2.2.2 – EC 8.

Le coefficient de réduction k_p dépendant de la capacité de dissipation d'énergie des structures préfabriquées est pris égal à 1,0 – art. 5.11.1.4 de la NF EN 1998-1.

Les assemblages des éléments préfabriqués devront respecter les dispositions générales indiquées à l'article 5.11.2 de la norme NF EN 1998-1-1.

Les murs participant au contreventement de l'ouvrage doivent comporter au droit des jonctions verticales, des tirants dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité avec les armatures en attente des panneaux ; dans ce cas les tirants doivent comporter au moins une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage ; les prédalles de plancher doivent être calepinées en conséquence et comporter une échancrure pour le passage des aciers de continuité.

La vérification du cisaillement à la jonction des panneaux/plancher (joint horizontal entre deux panneaux superposés) doit être réalisée en prenant en compte les aciers d'un tirant vertical sur deux (celui comprimé) conformément aux prescriptions du §6.2.5 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale et du §5.4.3.5.2(4) de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Figure 2 : Interface entre béton coulé et panneau préfabriqué

A l'interface entre le béton coulé en place et le panneau préfabriqué, il convient de vérifier le cisaillement le long des surfaces de reprise (A) :

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi} \text{ avec } V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (m \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,50 \cdot n \cdot f_{cd}$$

où :

- $\rho = \sum A_s / (b_w \cdot 1,00)$;
- A_s la section des armatures cisillées par ml ;
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$;
- σ_n la contrainte engendrée par la force normale externe à l'interface. σ_n est positive si compression avec σ_n limitée à $0,6 \cdot f_{cd}$ et négative en traction. Dans ce dernier cas, retenir $c \cdot f_{cd} = 0$. Dans le cas présent, σ_n est prise égale à 0 ;
- $c = 0,40$ (surface rugueuse présentant des aspérités d'au moins 3 mm de haut espacés d'environ 40 mm). Pour des charges dynamiques, la valeur de c est divisée par 2 (art. 6.2.5 (5) – EC 2)
- $\alpha = 90^\circ$ (armatures perpendiculaires au plan de reprise)
- v = coefficient de réduction de la résistance
- f_{ctd} est défini au paragraphe 3.1.1. – EC 2 (résistance de calcul à la traction)

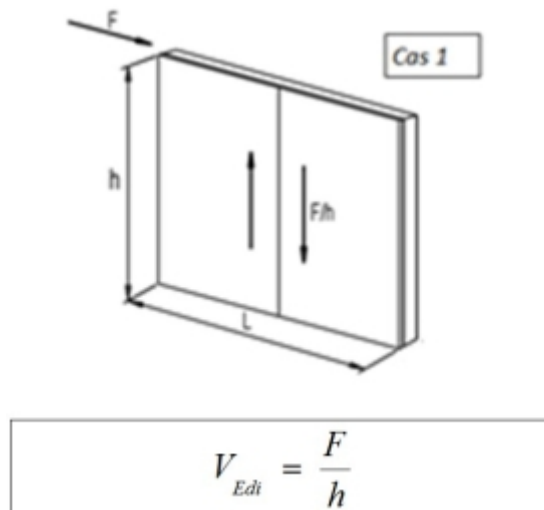
Le plan B est ferrailé avec la même section d'acier que le plan A.

Dans le cas de panneaux non porteurs ou ne participant pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment, ces éléments sont considérés comme non structuraux conformément à l'article 4.3.5 – EC 8. Un coefficient de comportement q_a égale à 1,0 conformément au tableau 4.4 – NF EN 1998-1 est retenu. Dans ce cas, sous actions sismiques, les éléments ne devront pas mettre en charge la structure principale (ossature béton armé, métallique, etc.) ; cette dernière doit être dimensionnée à l'état de limitation des dommages suivant le § 4.4.3.2 de la norme NF EN 1998-1.

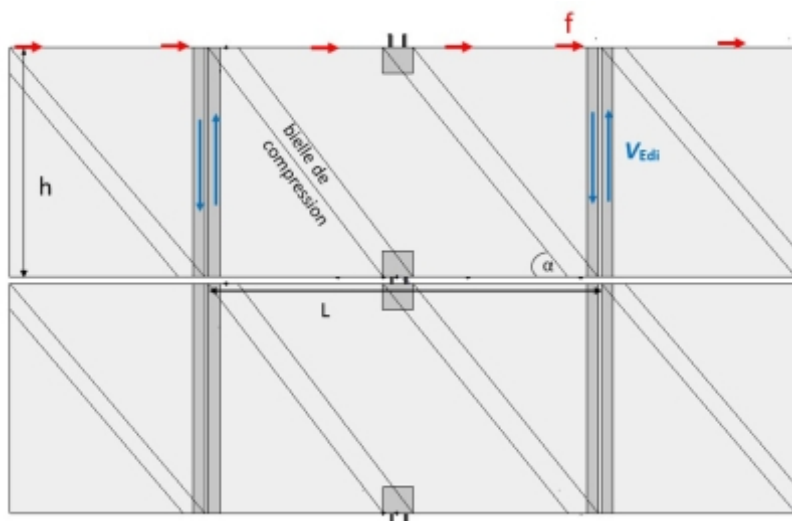
Détermination de l'effort sollicitant

Dans le cas d'un mur développant une bielle de compression (cas 1) ou le cas de reprise d'une charge linéaire horizontale sur un mur développant n bielles de compression (cas 2), on peut considérer un effort sollicitant par mètre linéaire V_{Edi} :

CAS 1 :



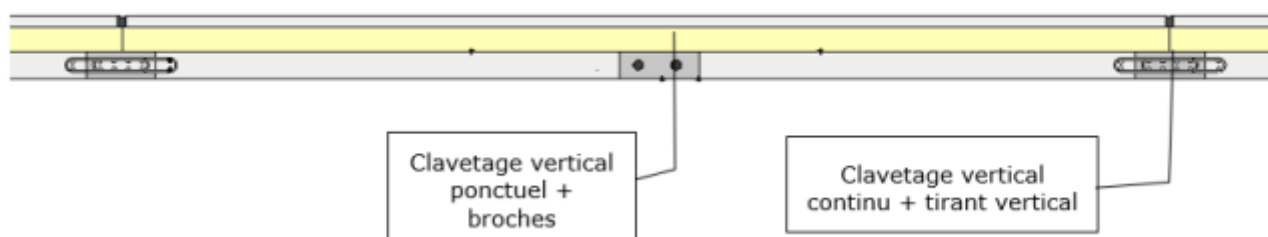
CAS 2 :



Avec $26,5^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$, soit $1 \leq L/H \leq 2$

$$V_{Edi} = \frac{f \cdot L}{n \cdot h}$$

n étant le nombre de bielles de compression développées sur la longueur L



Le coefficient de comportement q est calculé selon l'Article 5.11 de la NF EN 1998-1 pour les panneaux porteurs. Le coefficient de réduction k_p dépendant de la capacité de dissipation d'énergie des structures préfabriquées est pris égal à 1,0 – art. 5.11.1.4 – EC8. Les assemblages des éléments préfabriqués devront respecter les dispositions générales indiquées à l'article 5.11.2 – EC8.

2.3.1.8. Sécurité au feu

Le parement en béton bénéficie conventionnellement du classement de réaction au feu M0.

Le degré coupe-feu ou la stabilité au feu du produit « BETOMUR® RTh Massif » est de 2 heures.

Les critères de classification de résistance R , d'étanchéité E et d'isolation I définis à l'articles 2 de la norme NF EN 1992-1-2 avec son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA) d'un mur sandwich peuvent être vérifiés individuellement selon l'une des trois méthodes suivantes :

- Valeurs tabulées, section 5 ;
- Méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 et annexe B de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA)
- Méthode de calcul avancée, section 4.3.

Conformément aux prescriptions de l'Instruction Technique n°249 et de l'Appréciation de Laboratoire AL16-175_V3, la propagation du feu au travers de l'isolant est évitée par la mise en place :

- De bande de laine de roche de densité 120 kg/m^3 de 10 cm d'épaisseur en périphérie d'ouvertures pour éviter la propagation par les baies,
- De recoupements entre les niveaux de type bande de laine de roche de haute densité insérée avant coulage du noyau permettent d'assurer la protection de l'isolant contre la propagation verticale du feu au niveau des joints horizontaux.

Elle prescrit également les dispositions constructives à respecter pour la justification du procédé mis en œuvre dans des bâtiments d'habitation de la 3^{ème} et 4^{ème} famille et les Immeubles de Moyenne Hauteur IMH (bâtiment à usage d'habitation dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de 28 m sans être considéré immeuble de grande hauteur).

La tenue au feu des organes de suspension (cylindres et plats SM2i®) doit être vérifiée en fonction de leur taux de chargement (chargement à chaud/capacité résistante à froid) qui doit rester inférieure au coefficient $k_{fi,t,anc}$ donné dans l'appréciation de laboratoire n°16-175_V3.

2.3.2. Conception de la paroi extérieure librement dilatable

2.3.2.1. Généralités

Les parois extérieures du « BETOMUR® RTh Massif » sont conçues pour être librement dilatables, ce qui exclut :

- Tout contact avec un autre panneau ;
- L'accrochage de charge lourde ou de support de charge lourde directement sur cette dernière ;
- D'être support de relevé d'étanchéité.

Les charges légères pourront être directement fixées sur la paroi extérieure, sous réserve d'une étude spécifique du Bureau d'Études SORIBA.

Le système d'ancrage est constitué d'ancres porteuses constituant des points fixes qui s'opposent aux efforts développés dans le plan de la paroi extérieure.

La longueur maximale l_{max} , et le positionnement des ancrs sont déterminés par le Bureau d'Études SORIBA en fonction des contraintes maximales admissibles par l'ancre porteuse et le béton au droit de ses ancrages.

La distance entre les deux ancrs n'excèdera pas 6,85 m. Le ferrailage de la paroi extérieure est suffisant pour reprendre les efforts de membranes.

Le plan d'étanchéité à l'eau du panneau est situé au niveau du parement extérieur de la paroi extérieure et doit faire l'objet d'un traitement (cf. §2.6).

Le plan d'étanchéité à l'air du panneau est situé au niveau de la paroi intérieure et est obtenu par clavetage béton, bande collée à chaud, etc.

2.3.2.2. Dimensionnement de la paroi extérieure

- Le dimensionnement de la paroi extérieure est réalisé par le bureau d'études de SORIBA.
- Les parois extérieures peuvent se dilater librement. La variation de température est déterminée suivant les prescriptions de la NF EN 1991-1-5 et son Annexe Nationale. On retiendra une variation de température $\Delta T = 50$ °C.
- La stabilité de la paroi extérieure est vérifiée suivant les règles usuelles du béton armé (NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, dispositions constructives du DTU 23.1) en prenant en compte, en fonction des 3 directions de sollicitation, des principes de fonctionnement directement liés à l'implantation et aux rôles des composants du système de liaison SM2i.
- Sous sollicitations verticales :
 - Le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une double console sur appui centré (si un seul point de soutien : cylindre) ou à une poutre-voile appuyée sur les points de soutien (si plusieurs points de soutien : 2 plats ; zone de la paroi en porte à faux assimilée à un fonctionnement en console ou voile-drapeau).
- Sous sollicitations horizontales dans le plan :
 - Le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une double console sur appui centré (si point de soutien (cylindre) sur une seule ligne horizontale sans plats de distorsion) ou à celui d'une poutre-voile appuyée sur les points de soutien (si points de soutien (cylindre ou plats) et plats de distorsion sur plusieurs lignes horizontales ; zone de la paroi en porte à faux assimilée à un fonctionnement en console ou voile-drapeau)
- Sous sollicitations horizontales perpendiculaires au plan :
 - Le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une dalle « appuyée » sur les connecteurs (avec vérification des zones en porte à faux de la dalle = distance aux bords des connecteurs).

Les dispositions minimales d'armature (renforts verticaux et horizontaux dans les angles des ouvertures, armatures de peau, ...) sont conformes aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale, du DTU 22.1 et du DTU 23.1.

2.3.2.3. Épaisseur de paroi extérieure

Afin de respecter les conditions d'ancrage des connecteurs et des ancrs, les épaisseurs nominales des parois extérieures des panneaux sont les suivantes :

- Panneaux ne faisant pas l'objet d'une certification par un organisme extérieur : au moins 7,5 cm.
- Panneaux faisant l'objet d'une certification par un organisme extérieur : au moins 7 cm.

Les enrobages des armatures de la paroi extérieure doivent respecter les prescriptions de la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale en fonction des conditions d'environnement.

En tout état de cause, l'épaisseur de la peau extérieure vérifiera l'inéquation suivante :

$$b_2 \geq c_{nom,ext} + c_{nom,iso} + \phi_v + \phi_h + \Delta^-$$

Avec :

- $c_{nom,ext}$: enrobage nominal de la paroi extérieure côté extérieur (fonction de la classe d'environnement côté extérieur)
- $c_{nom,iso}$: enrobage nominal de la paroi extérieure côté isolant (fonction de la classe d'environnement côté isolant). Il convient de considérer un enrobage minimal des armatures correspondant à celui de la classe d'exposition du parement exposé - 5 mm, sans descendre en dessous de celui de la classe d'exposition XC3 :
- $c_{min,iso} = \max\{c_{min,ext} - 5 \text{ mm} ; c_{min,ext} (XC3)\}$
- ϕ_v et ϕ_h : diamètre des armatures verticales (v) et horizontales (h) disposées dans la paroi extérieure

- Dans le calcul des largeurs de joints, il sera pris en compte une tolérance d'exécution minimale de 5 mm pour les joints verticaux et de 5 mm pour les joints horizontaux, et une tolérance de fabrication telle que définie dans la norme NF EN 14992 (classe A). $\Delta^- = \Delta b^- = 5 \text{ mm}$: tolérance en moins sur l'épaisseur de la paroi extérieure préfabriquée.

Dans le cas de « BETOMUR® RTh Massif » présentant un parement matricé, ou bien support d'une charge légère, il conviendra de prendre en compte pour le dimensionnement du SM2i® :

- Le poids propre de la surépaisseur de béton liée à l'amplitude de la matrice,
- Le poids propre de la charge accrochée.

L'épaisseur de la paroi extérieure pourra être réduite localement et ponctuellement en cas de parement matricé, de faux joint, décaissé, etc.

2.3.2.4. Calepinage

Le calepinage de la façade en « BETOMUR® RTh Massif » est réalisé en tenant compte des données suivantes :

- Dimensions maximales de panneaux : 4,00 m x 12,00 m,
- Poids propre d'un panneau (capacité de levage) : 575 kg/m² mini,
- Largeur nominale de joint vertical de 15 mm minimum,
- Largeur nominale de joint horizontal de 15 mm minimum.
- Les largeurs des joints entre panneaux sont déterminées par le titulaire en fonction de l'accélération sismique à partir des raideurs moyennes en cisaillement des ancrs porteuses (cylindre et plat) SM2i. Ces largeurs, indiquées sur les plans, doivent être respectées.

La largeur u_j du joint vertical doit vérifier la condition suivante :

$$u_j \geq \max\{\alpha \cdot \Delta T \cdot L_{max} + \Delta_{pose} + \Delta_{fabrication}; 2 \cdot u_{sis} + \Delta_{pose} + \Delta_{fabrication}\}$$

La largeur u_j du joint doit donc être déterminée de la façon suivante :

avec $\alpha = 1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (coefficient de dilatation thermique du béton), $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ (variation de température), L_{max} la distance entre deux point fixes successifs (ou deux pôles de dilatation) de panneaux encadrant un joint, u_{sis} le déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique déterminé de la façon suivante (cas défavorable de la vibration en opposition de phase, éviter les risques d'entrechoquement entre parois contiguës) : $u_{sis} = F_{a,ind} / K_{dyn}$

et avec :

$F_{a,ind}$: sollicitation sismique sur un point de soutien ou un connecteur (suivant §4.3.5 de l'EC8, voir §2.1.9.1)

K_{dyn} : raideur moyenne en cisaillement dynamique des points de soutiens ou des connecteurs déterminée conformément aux valeurs présentes au paragraphe 2.3.3.1.2.2 du présent document.

NOTA : La valeur de ΔT peut être adaptée suivant la localisation du projet de construction (région concernée) conformément aux prescriptions de la NF EN 1991-1-5. La valeur de $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ correspond au cas le plus défavorable : dans le cas où une largeur de joint minimale est déclarée, celle-ci devra être vérifiée pour le cas le plus défavorable, soit $\Delta T = 50^\circ\text{C}$.

Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan vertical, il sera privilégié des joints horizontaux au droit ou à proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées, etc.).

Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan horizontal, il sera privilégié des joints verticaux au droit ou à proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets, etc.).

On veillera à ne pas réduire la raideur du mur dans le sens porteur privilégié.

2.3.3. Dimensionnement du SM2i®

Chaque « BETOMUR® RTh Massif » comporte :

- 1 à 3 ancrs porteuses,
- Des connecteurs répartis selon un maillage carré de 1 m x 1 m maximum et 0,25 m x 0,25 m minimum. Dans tout le cas, la distance entre deux connecteurs devrait être toujours supérieure à 3 fois l'épaisseur de paroi extérieure.

La distance minimale au bord des connecteurs de rive est 25 cm. Pour les ancrs porteuses, cette distance minimale est de 75 cm (à l'axe de l'ancre).

Une ligne de connecteurs est composée a minima de 2 connecteurs (cas des panneaux de faible longueur et trumeaux). Les panneaux de faibles largeurs sont composés d'au moins 2 lignes minimums de connecteurs.

Le dispositif d'accrochage Sm2i® assurant la liaison entre les deux voiles doit être dimensionné, pour chaque type de panneau, par le bureau d'études de SORIBA.

Le SM2i® est conçu pour une longueur libre, i.e. une épaisseur d'isolant, allant de 100 mm mini à 270 mm maxi.

Dans chaque cas d'application (fonction des charges de vent, des dimensions, des petites ouvertures, ...), le choix de la dimension des pièces de liaison (soutiens et connecteurs), leur position dans le panneau et l'organisation des aciers de renfort, doivent être déterminés par le bureau d'études techniques, en fonction des efforts à équilibrer.

Lorsque les panneaux doivent être manutentionnés dans une position différente de celle qu'ils auront en œuvre, le dimensionnement des ancrages doit être justifié dans l'hypothèse de fonctionnement la plus défavorable.

En situation sismique, les dispositifs d'accrochage SM2i® doivent être dimensionnés conformément aux prescriptions du dossier technique, de manière à reprendre les efforts dus à l'action sismique dans les conditions prévues au chapitre 4.3.5 de la norme NF EN 1998-1 avec un coefficient q_a pris égal à 1. A défaut de justification particulière, la composante horizontale de l'effort dû à l'action sismique doit être reprise par l'ancrage principal seul dont les charges admissibles en situation sismique sont indiquées dans le Dossier Technique. De plus, l'ancrage principal doit se situer dans une zone de béton fretté.

2.3.3.1. Résistances admissibles des organes du SM2i®

Les résistances admissibles indiquées ci-dessous sont données pour des épaisseurs d'isolant égales à 100, 140, 180, 220 et 270 mm.

Pour toute épaisseur comprise entre 100 mm et 270 mm, les résistances seront obtenues par interpolation linéaire entre les deux valeurs les plus proches.

2.3.3.1.1. Ancres porteuses

La raideur moyenne est exprimée en kN/m. La résistance caractéristique de cisaillement V_{Rk} est exprimée en kN.

Elle est déterminée à partir d'un traitement statistique conforme à l'annexe D de la norme NF EN 1990.

La résistance au cisaillement à l'ELU statique $V_{Rd,stat} = \frac{V_{Rk}}{1,2 \times 2}$ est exprimée en kN.

La résistance au cisaillement à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn} = \frac{0,4 \cdot V_{Rk}}{1,2}$ est exprimée en kN.

Tableau 3 – Résistances admissibles des APC-160

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	28 931	22 952	18 903	14 381	11 515
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	198,69	160,64	128,75	116,47	104,10
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	82,79	66,93	53,65	48,53	43,38
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	66,23	53,55	42,92	38,82	34,70

Tableau 4 – Résistances admissibles des APC-76,1

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	18 220	16040	10 969	9 328	6 957
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	138,8	126,64	105,39	89,23	83,18
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	57,83	52,77	43,91	37,18	34,66
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	46,27	42,21	35,13	29,74	27,73

Tableau 5 – Résistances admissibles des ADP-150

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	14 594	13 222	10 067	6 991	5 740
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	92,56	92,57	88,44	47,41	46,23
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	38,57	38,57	36,85	19,75	19,26
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	30,85	30,86	29,48	15,80	15,41

Tableau 6 – Résistances admissibles des ADP-200

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	16 057	14 711	10 371	8 958	6 269
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	98,84	95,13	73,22	45,11	44,62
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	41,18	39,64	30,51	18,80	18,59
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	32,95	31,71	24,41	15,04	14,87

Tableau 7 – Résistances admissibles des APF-160 (sens Ig,M)

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	17 558	14 711	10 630	6 475	5 169
Caractéristique V_{Rk}	128,04	89,62	73,46	69,24	33,01
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	53,35	37,34	30,61	28,85	13,75
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$	42,68	29,87	24,49	23,08	11,00

Tableau 8 – Résistances admissibles des APF-160 (sens Ig,m)

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN/m)	13 613	9 224	7 902	6 318	5 758
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	69,65	55,72	58,13	48,3	46,25
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	29,02	23,22	24,22	20,13	19,27
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	23,22	18,57	19,38	16,10	15,42

2.3.3.1.2. Connecteurs**2.3.3.1.2.1. Résistance à l'arrachement**Connecteur 15,6 mm

La résistance caractéristique à l'ELU statique est $N_{Rd,stat} = \frac{N_{Rk}}{1,5 \times 2} = \frac{10,47}{3} = 3,49 \text{ kN}$ (pour une résistance caractéristique du béton $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$)

La résistance caractéristique à l'ELU dynamique est $N_{Rd,dyn} = \frac{0,4 \cdot N_{Rk}}{1,3} = \frac{0,4 \cdot 10,47}{1,3} = 3,22 \text{ kN}$ (pour une résistance caractéristique du béton $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$)

2.3.3.1.2.2. Résistance au cisaillement des connecteurs

La raideur moyenne est exprimée en kN/m.

La résistance caractéristique de cisaillement V_{Rk} est exprimée en kN.

La résistance caractéristique de cisaillement N_{Rk} est exprimée en kN.

Elles sont déterminées à partir d'un traitement statistique conforme à l'annexe D de la norme NF EN 1990.

La résistance au cisaillement à l'ELU statique $V_{Rd,stat} = \frac{V_{Rk}}{1,2 \times 2}$ est exprimée en kN.

La résistance au cisaillement à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn} = \frac{0,4 \cdot V_{Rk}}{1,2}$ est exprimée en kN.

Connecteur 15,6 mm**Tableau 9 – Résistances admissibles des connecteurs**

	Longueur libre (épaisseur d'isolant) en mm				
	100	140	180	220	270
Raideur moyenne (en kN.m-1)	257,69	157,08	89,11	57,19	48,09
Résistance caractéristique V_{Rk} (en kN)	2,09	1,32	1,05	0,72	0,70
Résistance à l'ELU statique $V_{Rd,stat}$ (en kN)	0,87	0,55	0,44	0,30	0,29
Résistance à l'ELU dynamique $V_{Rd,dyn}$ (en kN)	0,70	0,44	0,35	0,24	0,23

2.3.3.2. Dimensionnement à l'ELU du SM2i®**2.3.3.2.1. Critères de dimensionnement du SM2i®**Critère sous sollicitations de traction

Il convient de vérifier que l'effort sollicitant est inférieur ou égal à l'effort résistant :

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Critère sous sollicitations de cisaillement

Il convient de vérifier que l'effort sollicitant est inférieur ou égal à l'effort résistant :

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Critère sous sollicitations combinées

Il convient de vérifier sous sollicitations de traction et de cisaillement combinées que :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1$$

2.3.3.2.2. Vérification des ancrs porteuses à l'ELU

Compte tenu des raideurs relatives en flexion entre ancrs porteuses et connecteurs, ces dernières sont supposées ne reprendre que les efforts sollicitant la paroi extérieure dans son plan :

- G : action de pesanteur, déterminée selon NF EN 1991-1-1
- $E_{d,E}$: action sismique, déterminée selon article 4.3.5 NF EN 1998-1

Situation d'actions durables ou transitoires

$$E_d = 1,35 \cdot G$$

L'action sollicitante étant de type 'cisaillement', il convient de vérifier l'inéquation suivante :

$$1,35 \cdot V_G \leq V_{Rd,stat}$$

Situation d'actions accidentelles

Incendie

$$E_{d,A} = G$$

L'action sollicitante étant de type 'cisaillement', il convient de vérifier l'inéquation suivante :

$$V_G \leq V_{Rd,fi}$$

Sismique

En application de la clause de l'art. 4.II.c de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié (valeur de a_{vg}/a_g) et en considérant les cas où a_{vg} est supérieur à $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^2$, la composante sismique verticale n'est à prendre en compte qu'en zone de sismicité 5 pour les bâtiments de catégorie d'importance III et IV.

L'action sollicitante étant de type 'cisaillement', il convient de vérifier l'inéquation suivante :

$$E_{d,Eh} = A_{d,Eh} \quad (\text{Direction horizontale})$$

$$E_{d,Ev} = G + A_{d,Ev} \quad (\text{Direction verticale})$$

avec :

$$A_{d,Eh} = k_{ampli} \cdot G$$

$$A_{d,Ev} = \frac{a_{vg}}{a_g} \cdot k_{ampli} \cdot G$$

où :

k_{ampli} : coefficient d'amplification des forces de pesanteur liée à l'action sismique

$\frac{a_{vg}}{a_g} = 0,9$: rapport de l'accélération verticale à l'accélération horizontale – Arrêté 22/10/2010

k_{ampli}	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	0,7	1,10	1,6	2,35
III	0,9	1,3	2,0	2,83
IV	1,0	1,6	2,3	3,30

Art. 4.3.5 NF EN 1998-1 avec $q_a = 1$

Nota : Lorsqu'il y a lieu de considérer une surépaisseur moyenne de la paroi extérieure liée à l'aspect architectonique du panneau (matrice, faux joints), il convient d'en tenir compte dans les calculs.

L'action sollicitante étant de type 'cisaillement', il convient de vérifier l'inéquation suivante (issue des combinaisons de Newmark) :

$$E_{d,Ev} + 0,3 \cdot E_{d,Eh} \leq V_{Rd,dyn}$$

Soit :

$$(1 + 1,2 \cdot k_{ampli}) \cdot V_G \leq V_{Rd,dyn}$$

2.3.3.2.3. Vérification des connecteurs à l'ELU

Compte tenu des raideurs relatives en traction entre ancrs porteuses et les connecteurs, ces derniers sont supposés ne reprendre que les efforts sollicitant la paroi extérieure hors de son plan :

- W : action liée au vent, déterminée selon NF EN 1991-1-4
- N_T : action liée au gradient thermique dans l'épaisseur de la paroi extérieure
- $E_{d,E}$: action sismique, déterminée selon article 4.3.5 NF EN 1998-1

Situation d'actions durables ou transitoires

$$E_{d,W} = 1,5 \cdot W$$

$$E_{d,N_T} = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T_{lin}}{8 \cdot d_v \cdot b_2^2 + K_t \cdot d_v^2} + \frac{\alpha_T \cdot \Delta T_{lin}}{8 \cdot d_h \cdot b_2^2 + K_t \cdot d_h^2}$$

où :

- $\alpha_T = 1 \times 10^{-5} \text{ m/C.m}^{-1}$: coefficient de dilatation thermique du béton
- $\Delta T_{lin} = 5^\circ \text{C}$: gradient de température dans la paroi extérieure
- $d_h = d_v = 0,50 \text{ m}$: écartement horizontal et vertical des connecteurs ;
- $b_2 = 0,07 \text{ m}$: épaisseur de la paroi extérieure ;
- $E_c = 35 \text{ GPa}$: épaisseur de la paroi extérieure ;
- $K_t = 1 \times 10^6 \text{ N.m}^{-1}$: raideur en traction des connecteurs.

L'action sollicitante étant de type 'traction', il convient de vérifier les inéquations suivantes :

$$1,5 \cdot W + 0,9 \cdot n \cdot N_T \leq n \cdot N_{Rd,stat}$$

$$1,5 \cdot n \cdot N_T + 0,9 \cdot W \leq n \cdot N_{Rd,stat}$$

Situation d'actions accidentelles

Incendie

$$E_{d,A} = 0,2 \cdot W$$

L'action sollicitante étant de type 'traction', il convient de vérifier l'inéquation suivante :

$$0,2 \cdot N_w \leq n \cdot N_{Rd,fi}$$

Sismique

$$E_{d,Eh} = A_{d,Eh}$$

Avec :

$$A_{d,Eh} = k_{ampli} \cdot b_2 \cdot S_{aff} \cdot \rho_c \cdot g$$

Où :

k_{ampli} = coefficient d'amplification des forces de pesanteur liée à l'action sismique ;

b_2 = épaisseur de la paroi extérieure¹ ($b_2 = 7 \text{ cm}$) ;

S_{aff} = surface afférente à un organe de connexion ($S_{aff} = 1 \text{ m}^2$) ;

ρ_c = masse volumique du béton armé ($\rho_c = 2,5 \text{ t/m}^3$) ;

g = accélération de la pesanteur ($g \approx 10 \text{ m/s}^2$) ;

L'action sollicitante étant de type 'traction', il convient de vérifier l'inéquation suivante :

$$E_{d,Eh} \leq N_{Rd,dyn}$$

2.3.3.2.4. Vérification sous variation dimensionnelle

Capacité résistante des organes de connexion

La paroi extérieure subit des variations dimensionnelles liées à un effet thermique réglementaire défini selon la norme NF 1991-1-5. Il convient alors de vérifier la compatibilité des déplacements des connecteurs.

Le déplacement imposé crée une action sollicitante de type 'cisaillement' au droit des organes de connexion. La vérification se réduit à l'inéquation suivante :

$$E_{d,\Delta T} \leq V_{Rd,stat}$$

avec :

$$E_{d,\Delta T} = k_i \cdot \Delta l$$

où :

- k : raideur moyenne en flexion d'un connecteur caractérisée par essai pour l'épaisseur d'isolant b_i
- Δl : déplacement imposé au droit du connecteur vérifié :

$$\Delta l = \alpha_T \cdot \Delta T \cdot d_{G,j}$$

- $\alpha_T = 1 \times 10^{-5} \text{ m/C.m}^{-1}$: coefficient de dilatation du matériau béton ;
- $\Delta T = 50^\circ \text{C}$: amplitude maximale de variation uniforme de température à considérer selon NF EN 1991-1-5 ;
- $d_{G,j}$: distance de l'organe de connexion j au centre de gravité de la paroi extérieure ;

Vérification de la paroi extérieure entre deux points fixes sous gradient thermique

Pour les panneaux de largeur supérieure à 6 m, sous l'effet d'un gradient thermique de $\pm 50^\circ \text{C}$, le ferrailage minimal avec une contrainte de travail limité est suffisant pour la reprise des efforts thermiques, quel que soit l'organe de liaison utilisé.

Vérification du non-entrechoquement des parois

Sous actions sismiques, lorsque que la tenue de paroi extérieure est assurée uniquement par des organes d'ancrage/de levage de type APP, APF, etc., il convient de vérifier le non-entrechoquement de parois extérieures. La vérification est à effectuer dans la direction mobilisant sa faible inertie de flexion. Dès lors, dans cette direction, la raideur à la flexion des organes de connexion ne sont plus négligeables.

La vérification s'explicite sous l'équation suivante :

$$\frac{E_{d,E}}{k_{E,i}} < \Delta_{adm}$$

¹ Lorsqu'il y a lieu de considérer une surépaisseur moyenne de la paroi extérieure liée à l'aspect architectonique du panneau (matrice, faux joints), il convient d'en tenir compte dans les calculs.

où :

Δ_{adm} = 5 mm : déplacement admissible de la paroi extérieure

$k_{E,i}$: raideur des ancrs porteuses en situation d'actions sismiques

NOTA 1 :

Pour tenir compte d'un état fissuré sous actions sismiques, il sera tenu compte forfaitairement d'une réduction de 60% :

$$k_{E,i} = 0,4 \cdot k_i$$

$E_{d,E}$: effort afférent à un connecteur en situation d'actions sismiques :

$$E_{d,E} = k_{ampli} \cdot b_2 \cdot S_{aff} \cdot \rho_c \cdot g$$

avec :

k_{ampli} : coef. d'amplification des forces de pesanteur liée à l'action sismique ;

b_2 : épaisseur de la paroi extérieure ($b_2 = 7\text{ cm}$) ;

S_{aff} : surface afférente à un connecteur ($S_{aff} = 1\text{ m}^2$) ;

ρ_c : masse volumique du béton armé ($\rho_c = 2,5\text{ t/m}^3$) ;

g : accélération de la pesanteur ($g \approx 10\text{ m/s}^2$) ;

De plus, la capacité résistante au cisaillement d'un organe de connexion est assurée lorsque l'inéquation suivante est vérifiée :

$$E_{d,E} \leq V_{Rd,dyn}$$

NOTA 2 : Les tableaux de l'Annexe 2 donnent les surfaces amissibles de panneau, compte-tenu de la situation sismique, du type d'ancres porteuses mises en œuvre, de l'épaisseur d'isolant.

2.3.4. Conception de l'isolant

2.3.4.1. Isolation thermique

La résistance thermique du système « BETOMUR® RTh Massif » est estimée au moyen des règles R-Bat. Cette dernière prend en compte les ponts thermiques ponctuels réalisés par le système de connexion SM2i®.

Le système permet d'obtenir des résistances thermiques comprises entre $3 \leq R \leq 12\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ en fonction essentiellement de l'épaisseur et de la nature de l'isolant.

Un exemple de calcul est donné en Annexe 1.

2.3.4.2. Isolation acoustique

Sous réserve d'une étude ou d'un résultat expérimental, l'indice d'affaiblissement est obtenu en appliquant la loi masse à la partie structurelle, considérée comme homogène de ce point de vue.

Il est considéré que le BETOMUR® RTh Massif permet d'obtenir la valeur d'affaiblissement minimale de 30 dB exigée par la réglementation.

En cas d'exigence acoustique, les joints verticaux doivent être remplis du côté intérieur et extérieur par un mastic souple.

Par ailleurs, les dormant des menuiseries doivent être au moins partiellement en applique sur la paroi intérieure.

A défaut de justification particulière, l'isolement entre deux pièces contiguës d'un même niveau ne peut être atteint qu'avec des parois intérieures de panneaux non porteurs d'épaisseur d'au moins 18 cm.

A défaut de justification particulière, l'isolement entre deux pièces superposées ne peut être atteint avec des panneaux non porteurs que par interposition de bandes anti-vibratiles au droit des joints horizontaux (au niveau des nez de plancher), le remplissage des joints par un mortier de matage étant proscrit pour éviter une configuration de jonction acoustique « filante » entre deux niveaux.

Dans tous les cas où les murs de façade sont réalisés avec les panneaux non porteurs, leurs jonctions avec les nez de refends et de planchers doivent être traités avec des joints souples.

Dans le cas de panneaux porteurs, les indices acoustiques k_{ij} sont assimilables à ceux d'une jonction en T en béton homogène. Les performances acoustiques de l'ouvrage peuvent alors être calculés à l'aide des normes européennes de calcul EN 12354-1 à 4. De plus, les épaisseurs des murs de refends et de planchers vis-à-vis de l'isolement acoustique peuvent être surdimensionnées pour tenir compte de la faible épaisseur éventuelle des parois intérieures des panneaux porteurs.

2.4. Conditions de stockage et de transport

2.4.1. Prescriptions concernant la manutention des panneaux

La manutention des « BETOMUR® RTh Massif » se fait uniquement par les douilles/ancres de levage mises en œuvre à la préfabrication.

Les résistances minimales du béton à la livraison sont :

$$f_{ck,min} = 20\text{ MPa à la livraison sur site.}$$

2.4.2. Prescriptions concernant le transport des panneaux

Les panneaux « BETOMUR® RTh Massif » sont transportés verticalement à l'aide de remorques porte préfa de type Faymonville ou équivalent.

Les panneaux sont chargés sur des palettes spécifiques.

Afin que le déchargement d'un élément ne compromette pas la stabilité du reste du chargement, les panneaux sont arrimés au support de manière indépendante les uns des autres.

Les liaisons individuelles de maintien de chaque panneau sont retirées lorsque le panneau est repris par la grue.

Dans les panneaux de façade comportant une ou plusieurs baies, il est rappelé que l'on doit mettre en œuvre, au moins pour les opérations de manutention, des tirants ou entretoises de rigidité suffisante pour équilibrer, sans déformation sensible, les moments susceptibles d'être engendrés dans le plan du panneau par les efforts concentrés au droit des points de levage.

2.5. Dispositions de mise en œuvre

2.5.1. Généralités

L'entreprise SORIBA n'assure pas le déchargement des panneaux sur chantier, ni la pose des éléments.

Les documents à fournir par le titulaire (ou le BET désigné par le titulaire) et/ou le BET structure sont :

- Les plans de calepinage,
- Les plans de coffrage et de ferrailage.

Les menuiseries doivent être fixées sur la paroi intérieure et être conçues pour permettre la mise en place, dans le joint entre dormant et panneaux en béton, d'une garniture extérieure d'étanchéité à l'eau (mastic sur fond de joint) et d'une garniture intérieure d'étanchéité à l'air.

Pour constituer la garniture extérieure des joints de panneaux, on doit choisir un mastic élastomère à bas module.

Les garnitures de mastic des joints entre panneaux doivent être mises en place entre des lèvres de joints dépoussiérées, non mouillées et traitées, si nécessaire, avec un primaire prescrit par le fournisseur de mastic.

Le rejingot incorporé en tête de voile de béton extérieur doit être en une seule pièce sur toute la longueur du panneau.

Dans le cas de parement en gravillons lavés, le fournisseur des panneaux doit mettre à la disposition de l'entreprise de montage, sur sa demande, un produit de ragréage ayant une granulométrie, un aspect et une coloration identiques à ceux des panneaux livrés.

Le relevé d'étanchéité des planchers haut extérieur (par exemple toitures-terrasses) n'est pas admis sur la peau extérieure des murs.

2.5.2. Pose des éléments

Les éléments « BETOMUR® RTh Massif » sont systématiquement livrés sur chants.

BETOMUR® RTh Massif de hauteur < 4 m

Dans le cas de panneaux livrés dans le sens de pose, les éléments repris par les estropes pourront être directement mis en œuvre sans intervention complémentaire, conformément au guide de pose

BETOMUR® RTh Massif de hauteur > 4 m

Dans le cas de panneaux dont la hauteur est supérieure à 4 m, ceux-ci devront être retournés sur chantier à l'aide d'un basculeur.

Cet équipement pourra être mis à disposition de l'entreprise en charge de la pose par SORIBA.

2.5.3. Préparation du support

Avant la pose des panneaux, le support recevant les panneaux devra être préparé en suivant les étapes suivantes :

- Traçage complet des panneaux (épaisseur des parois extérieure, isolante et intérieure) de la façade sur le support
- Traçage complet des panneaux (épaisseur des parois extérieure, isolante et intérieure) des panneaux de retour sur le support
- Traçage des épaisseurs de joints
- Préparation du support en altimétrie à l'aide de cale de hauteurs variables pour rattraper les différences du support

2.5.4. Calage des éléments

Avant la pose des panneaux, le support recevant les panneaux devra être préparé en suivant les étapes suivantes :

- Traçage complet des panneaux (épaisseur des parois extérieure, isolante et intérieure) de la façade sur le support
- Traçage complet des panneaux (épaisseur des parois extérieure, isolante et intérieure) des panneaux de retour sur le support
- Traçage des épaisseurs de joints
- Préparation du support en altimétrie à l'aide de cale de hauteurs variables pour rattraper les différences du support

2.5.5. Calage des éléments

Le calage des éléments s'effectue sur la paroi intérieure, la paroi extérieure étant suspendue via les ancrs porteuses à la paroi intérieure.

Dans le cas d'un calage sur la paroi extérieure, il conviendra de retirer les cales avant traitement des joints afin de garantir la libre dilatation de la paroi extérieure.

Le matériau utilisé pour la confection des cales doit être d'une déformabilité au moins égale à celle du mortier sans retrait pour le matage des joints horizontaux.

Dans le cas contraire, les cales doivent être retirées après remplissage du joint horizontal. Le retrait des cales est effectué lorsque le mortier est susceptible de porter le poids des panneaux et du plancher supérieur. Après le retrait des cales, un matage complémentaire au mortier sans retrait devra être réalisé dans les empreintes.

Dans le cas des panneaux porteurs, le joint horizontal en pied de panneau doit être entièrement rempli avec un mortier sans retrait, sur une hauteur minimale de 10 mm toute tolérance épuisée.

Le mortier ne doit en aucun cas être disposé sous l'isolant ni la paroi extérieure.

2.5.6. Stabilité en phase provisoire

En phase provisoire, la stabilité des panneaux se fera à l'aide d'étais tirant-poussant, à la charge de l'entreprise de pose.

Ces étais tirant-poussant seront fixés au « BETOMUR® RTh Massif » à l'aide des douilles d'étalement prévues à la préfabrication.

Pour la stabilité en phase provisoire, le dimensionnement des douilles doit être réalisé pour la valeur de vitesse de vent spécifiée dans les DPM. En l'absence de vitesse de vent spécifiée dans les DPM, une valeur de 85 km/h, quelle que soit la direction du vent, sera retenue (en référence à la norme NF P 93 350 relative aux banches, art. 6.3.1.6).

2.5.7. Tolérance de pose du BETOMUR® rth Massif

La tolérance de pose d'un panneau est de +5/-5 mm.

Le joint nominal entre panneau est de 15 mm, et ne devra pas être inférieur à 10 mm.

La tolérance de désaffleurement maximal entre panneaux superposés ou adjacents est de 6 mm.

L'écart maximal de verticalité sur une hauteur d'étage est de 5 mm.

L'écart maximal de verticalité sur l'ensemble d'un mur est de 60 mm pour des bâtiments élevés.

2.6. Traitements des joints

2.6.1. Généralités

D'une manière générale, tout ouvrage ou prestation de corps secondaire – notamment menuiserie extérieure, étanchéité, etc. devra impérativement s'étancher sur le voile en béton armé.

Les produits de traitement des joints seront mis en œuvre conformément aux prescriptions des cahiers des charges des fournisseurs.

La paroi étant librement dilatable, cette dernière est susceptible de se dilater ou se rétracter en fonction de la température. Les matériaux mis en œuvre devront être capable de supporter les déformations induites par la dilatation/rétraction.

2.6.2. Murs courants en superstructure

2.6.2.1. Paroi extérieure

La mise en place d'un joint tant horizontalement que verticalement est obligatoire pour assurer l'étanchéité du mur de façade. Le traitement du joint horizontal en pied et/ou tête de panneau en cas de superposition de panneau est traité à l'aide d'un emboîtement par rejingot (cf. Figures 5 à 13) pour les bâtiments à usage autre qu'industriels.

À l'intersection entre joints horizontaux et verticaux, il sera mis en œuvre un complément d'étanchéité par bande collée formant bavette de rejet d'eau, pour empêcher les infiltrations et la stagnation d'eau au droit de l'isolant. À cette même intersection, un orifice au droit du joint devra être réalisé afin que les eaux présentes à l'intérieur du complexe puissent s'évacuer.

Le traitement des joints verticaux doit être effectué pour protéger l'isolant et assurer l'étanchéité à l'eau, et sera réalisé à l'aide :

- Joint élastomère de 1ère catégorie appliqué sur fond de joint au niveau de la paroi extérieure, avec joint de décompression,
- Joint mécanique à gouttières type P71 CN de chez COUVRANEUF ou techniquement équivalent,
- Joint néoprène type JD de chez COUVRANEUF ou techniquement équivalent.

2.6.2.2. Paroi intérieure

Le traitement des joints verticaux doit être effectué pour assurer l'étanchéité à l'air (cf. Figures 16 à 19), et sera réalisé à l'aide :

- Joint pré comprimé expansif de type ILLMOD 600 de chez ILLBRUCK ou équivalent,
- Béton de remplissage pour clavetage entre panneaux, dans le cas de panneaux porteurs.

2.6.3. Murs courants en infrastructure

2.6.3.1. Paroi extérieure

2.6.3.1.1. Cas des murs enterrés hors locaux nobles

Dans le cas de panneaux enterrés de hauteur inférieure à 1 m, le traitement des joints devra se faire à l'aide d'un joint souple de type élastomère, et la mise en place d'un complexe drainant sur la face verticale enterrée, et d'un drain horizontal en pied de mur raccordé à une évacuation.

La paroi extérieure ne sera pas fractionnée au niveau supérieur de la partie enterrée.

2.6.3.2. Paroi intérieure

La paroi intérieure sera traitée de la même manière que les murs en superstructure précédemment décrit.

2.6.4. Durabilité / Entretien

La garniture extérieure des joints est constituée d'un mastic élastomère à bas module présentant une bonne déformabilité. Une telle caractéristique est indispensable compte tenu de l'amplitude des variations dimensionnelles des joints verticaux entre panneaux et des joints entre menuiseries et paroi extérieure par suite du choix de la paroi intérieure pour recevoir la fixation.

Les acrotères constitués par un prolongement des panneaux du dernier niveau doivent comporter des armatures de sections conformes à celles prévues dans les Prescriptions Techniques des panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable (cf. Cahier du C.S.T.B. n° 2159, livraison 279, chapitre 2).

Moyennant les précautions de fabrication et de mise en œuvre, et les limitations précisées dans le paragraphe Prescriptions Techniques, la durabilité d'ensemble des murs de façade de ce procédé peut être considérée comme équivalente à celle de murs traditionnels en béton.

Elle requiert :

- L'exécution des travaux normaux d'entretien des façades en béton ;
- La réfection des garnitures de mastic extérieures.

2.7. Traitement en fin de vie

Le traitement en fin de vie peut être considéré comme équivalent à celui des murs traditionnels en béton.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

Afin de respecter les conditions d'ancrage du système de liaison entre voiles, la résistance caractéristique à la compression du béton des panneaux doit être au minimum de classe C30/37 pour la paroi intérieure, et C40/50 pour la paroi extérieure.

Afin d'éviter que les connecteurs et les ancrs reprennent le poids propre du voile extérieur (majoré éventuellement de l'effort d'adhérence au démoulage), la mise en position verticale du panneau doit obligatoirement être faite par l'intermédiaire d'une table relevante. Les armatures constituant les panneaux doivent faire l'objet d'une certification telle que décrite dans le Dossier Technique du demandeur.

2.8.1. Fabrication

2.8.1.1. Fabrication des ancrs porteuses

Les ancrs cylindriques métalliques et les plats métalliques sont fabriqués par la société TOLEA à l'usine de Challans (85)

2.8.1.2. Fabrication des connecteurs

Les connecteurs « Profil Pultrudé PUL 962 » sont fabriqués par la société GDP à l'usine de Montendre (17) par pultrusion.

2.8.1.3. Fabrication des panneaux

Elle s'effectue dans l'usine SORIBA à CHALLANS (85300), sur des tables de préfabrication horizontales, métalliques avec en général un habillage en bois pour les parements traités.

La face vue de la paroi extérieure est coulée en fond de moule.

Le cycle de production se déroule dans l'ordre suivant :

- Après nettoyage de la table, mise en place des différentes joues de coffrage (bois ou métalliques)
- Mise en place des encadrements de baies ou portes si nécessaire
- Mise en place de l'agent de démoulage ou de retardateur de prise dans le cas de parement désactivé
- Mise en place de l'armature de la paroi extérieure avec interposition de cales pour garantir le bon enrobage. Mise en place des ancrs porteuses
- Mise en œuvre du béton de parement et vibration de la table
- Mise en place de l'isolant et des connecteurs
- Mise en place des armatures et des différents accessoires de levage et fixation de la paroi intérieure

- Bétonnage de la paroi intérieure
- Décoffrage à l'aide des ponts roulants et table de relevage, après obtention d'une résistance à jeune âge de 16 MPa mini
- Traitement éventuel de la face extérieure du mur (béton désactivé, béton acidé, polissage, sablage, etc.)
- Mise sur parc dans des racks

2.8.2. Contrôle de fabrication

2.8.2.1. Contrôle des cylindres

Le fournisseur de cylindre procède à un contrôle qualité lors de la production des cylindres portant sur :

- Tôles : Certificat Matière CCPU à chaque livraison de matière première référencé dans l'ERP du sous-traitant (nuance, limite d'élasticité, ...)
- Lancement en production avec un numéro de lot (désignation des pièces + identifiant matière)
- Découpe + roulage : contrôle des 5 première pièces (dimensionnel) et contrôle d'une pièce sur 20
- Soudure : personnel qualifiée (cf. attestation de formation du personnel et du mode opératoire de soudage)

2.8.2.2. Contrôle des connecteurs

Lors de la production des connecteurs, la société GDP procède à un contrôle qualité portant sur :

- Quantité de fibre (densité) : vérification au démarrage et une vérification toutes les 4 h
- Résine : vérification à chaque formulation soit toutes les 4 à 6 h (densité, viscosité)
- Jonc : contrôle dimensionnel de longueur toutes les 4h ; contrôle dimensionnel de diamètre toutes les 8 h

2.8.2.3. Contrôle des panneaux en béton

2.8.2.3.1. Contrôle interne

Le processus de fabrication des panneaux doit comporter un contrôle sur :

- La bonne orientation des dispositifs principaux de liaison entre voiles de béton avant bétonnage,
- La bonne implantation vis-à-vis des bords du panneau des inserts métalliques et des connecteurs,
- Le respect des conditions d'enrobage des armatures non protégées contre la corrosion,
- Les résistances caractéristiques à la compression du béton constituant les deux voiles (cf. ci-avant),
- Les dimensions du panneau.

Durant le processus de production la qualité est assurée par le personnel de production suivant la procédure qualité décrite dans le manuel qualité.

Le système qualité consiste en un contrôle permanent exécuté par les ouvriers de production : il y a un contrôle après mise en place du coffrage (A), après mise en place des armatures (B), après bétonnage (C), après décoffrage (D) et avant chargement (E).

Chaque panneau est muni d'une fiche suiveuse d'identification qui précise que le contrôle a été réalisé.

Les éléments qui nécessitent des réparations ou des ragréages sont placés dans la zone de réparation et font l'objet d'une fiche de non-conformité.

Un contrôle final est réalisé avant chargement pour livraison (E).

La résistance caractéristique sur cylindre du béton des panneaux au démoulage (à 1 jour) doit être au moins égale à 16 MPa.

2.8.2.3.2. Contrôle externe

L'usine de Challans est soumise à un contrôleur externe – C.S.T.B. – dans le cadre du marquage CE (CE 2+).

La fabrication du procédé BETOMUR RTH MASSIF fait l'objet d'un autocontrôle de la fabrication, surveillé par le CSTB et reconnu par une certification NF (selon le référentiel NF 548). Les BETOMUR RTH MASSIF bénéficiant d'un certificat valide sont identifiables par la présence du logo NF suivi du numéro de marquage apposé sur eux.

2.8.3. Caractéristiques dimensionnelles et tolérances

Le « BETOMUR® Rth Massif » possède les caractéristiques suivantes :

- Poids propre de 575 kg/m² minimal (suivant quantité armatures, surépaisseur béton, etc.)
- Dimensions : 4,00 m x 12,00 m (surface maxi de 40 m²)
- Épaisseur du complexe total : 50 cm maxi
- Épaisseur d'isolant : de 100 mm à 270 mm

Les tolérances dimensionnelles sont conformes aux prescriptions du référentiel NF 548.

2.8.4. Finitions et aspect

2.8.4.1. Planéité

La tolérance sur la planéité est conforme aux prescriptions du référentiel NF 548.

2.8.4.2. Texture paroi extérieure

La texture est de type E(3) suivant la NF P 18-503, soit une surface de bulle $< 0,3 \text{ cm}^2$ et un bullage réparti à $< 2\%$.

2.8.4.3. Teinte

L'homogénéité de la teinte des parois n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie.

2.8.4.4. Parement architectonique

Dans certains cas, la face extérieure de la paroi extérieure reçoit un traitement avant ou après durcissement (béton désactivé, béton acidé, béton matricé, polissage, sablage, négatifs, faux joints, etc).

- **Béton désactivé** : Application d'un retardateur de prise en fond de moule, puis lavage à l'eau sous pression après démoulage pour laisser apparaître en parement les granulats du béton ;
- **Béton acidé** : Désactivation de la surface à l'aide d'un acide pour laisser apparaître en parement les sables entrant dans la composition du béton ;
- **Béton poli** : Après démoulage et maturité du béton, polissage par passes successives, à l'aide de meules adaptées pour laisser apparaître en parement les granulats du béton, tranchés et polis ;
- **Béton sablé** : Après démoulage et maturité du béton, projection d'un matériau abrasif sous pression (sable siliceux, corindon, ...) afin de « casser » la paroi du béton et laisser apparaître en parement les sables contenus dans le béton ;
- **Béton matricé** : La paroi coffrante est constituée d'une matrice en élastomère structurée permettant de reproduire des motifs sur le parement de la paroi extérieure.

Dans tous les cas, les graviers et les sables seront choisis pour leur couleur, leur granulométrie, leur dureté et adaptés au traitement du parement choisi.

2.9. Mode d'exploitation

La conception et le dimensionnement de la structure est réalisé par le Bureau d'Etude Technique Structure du chantier, sur la base d'un calepinage établi par SORIBA ou par un bureau d'études désigné par celui-ci.

Le Bureau d'Etudes Techniques Structure devra calculer les efforts transmis aux éléments et définir les équarrissages et sections d'armatures nécessaires à leur stabilité, ainsi que les sections d'armatures à mettre en œuvre au droit des joints.

Dans tous les cas, les plans et note de calcul feront l'objet d'un visa de la part du bureau d'étude SERBA missionné par SORIBA.

Dans le cas d'un visa défavorable, le dimensionnement sera réalisé par le bureau d'étude SERBA, à partir des informations suivantes :

- Les plans du projet ;
- Descente des charges par niveau :
 - Charges permanentes :
 - Charges verticales
 - Charges horizontales
 - Moments
 - Charges variables
 - Charges verticales
 - Charges horizontales
 - Moments
- Le principe de transmission des charges :
 - Liaisons horizontales :
 - Liaison plancher/panneau (rotule ou encastrement)
 - Liaison entre deux panneaux superposés (rotule ou encastrement)

Nota : La solution rotulée est adoptée systématiquement en zone sismique.

- Liaisons verticales :
 - Avec clavetage dans le joint vertical entre panneaux adjacents.
 - Sans clavetage dans le joint vertical entre panneaux adjacents.
- Principe de contreventement : par exemple utilisation de murs de refend, noyau de contreventement, etc....

Le dimensionnement de la partie structural n'est en aucun cas réalisé par le Bureau d'Etudes SORIBA.

La fabrication des éléments est réalisée par le titulaire dans son usine de fabrication située à Challans.

La mise en œuvre des éléments BETOMUR® RTh Massif est faite par l'entreprise de Gros Œuvre.

Une assistance technique peut être faite par SORIBA sur demande spécifique de l'entreprise de pose.

2.10. Mention des justificatifs

2.10.1. Résultats expérimentaux

Les valeurs indiquées dans le dossier technique sont issues d'essais expérimentaux, dont les résultats sont consignés dans les documents suivants :

- Rapport d'essais statiques du SM2i®, indice D du 06 mai 2016 :
 - Essais quasi-statique d'arrachement sur connecteurs ;
 - Essais quasi-statique de flexion par cisaillement sur connecteurs ;
 - Essais quasi-statique de flexion par cisaillement sur système d'ancrage en phase définitive.
- Appréciation de laboratoire (CSTB) AL16-175_V3 Étude du comportement au feu

2.10.2. Références chantiers

Chantier	Ville	Type	Surface (m ²)	Année
Extension usine SORIBA	Challans (85)	Locaux industriels	1 200	2010
Construction entrepôt stockage	Saint Christophe du Ligneron (85)	Locaux industriels	1 500 ²	2010
Piscine DEELO	Kerjouanno (56)	E.R.P.	250	2010
Siège social ERC HARRANGER	Sainte Soulle (17)	Locaux industriels	280	2011
Centre de détention	Nantes (44)	Etablissement pénitentiaire	1 280	2011
Kuhn Audureau	La Copechanière (85)	Locaux industriels	200	2012
Collège de Bruges	Bruges (33)	Etablissement scolaire	50 ²	2012
Institut de formation	Rezé (44)	Etablissement scolaire	250	2013
Salle polyvalente	Mesquer (44)	E.R.P.	50	2014
Internat Lycee Geoffroy	Saint-Hilaire-Etampes (91)	Etablissement scolaire	1500	2020
Siège Lidl	Chatenay Malabry (92)	ERP bureaux	6000	2022
Pole associatif	ZAC blosne-Rennes	ERP	70	2022

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

2.11.1. Annexe I : Sécurité incendie suivant l'appréciation de laboratoire n° AL16-175_V3

Champs de température dans le voile intérieur

Tableau 1 : Températures dans le voile exposé du procédé « BETOMUR® RTh Massif » après 30 minutes d'exposition à l'incendie conventionnel ISO R834

Distance à la face exposée [cm]	0	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Épaisseur du voile [cm]	12	755	623	514	352	242	167	96	58	40	34							
	14	755	623	514	352	242	167	95	57	37	28	25						
	16	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	22					
	18	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	21				
	20	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	20	20			
	25	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	20	20	20		
	30	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	20	20	20	20	
	35	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	20	20	20	20	20
	40	755	623	514	352	242	167	95	57	37	27	23	21	20	20	20	20	20

Tableau 2 : Températures dans le voile exposé du procédé « BETOMUR® RTh Massif » après 60 minutes d'exposition à l'incendie conventionnel ISO R834

Distance à la face exposée [cm]	0	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Épaisseur du voile [cm]	12	897	785	687	526	405	313	191	131	104	96							
	14	897	785	686	525	403	310	185	123	89	70	64						
	16	897	785	686	525	403	310	184	120	84	61	49	45					
	18	897	785	686	525	403	310	184	120	83	59	44	36	33				
	20	897	785	686	525	403	310	184	119	83	58	42	33	28	27			
	25	897	785	686	525	403	310	184	119	83	58	42	32	27	23	21		
	30	897	785	686	525	403	310	184	119	83	58	42	32	27	23	20	20	
	35	897	785	686	525	403	310	184	119	83	58	42	32	27	23	20	20	20
	40	897	785	686	525	403	310	184	119	83	58	42	32	27	23	20	20	20

Tableau 3 : Températures dans le voile exposé du procédé « BETOMUR® RTh Massif » après 90 minutes d'exposition à l'incendie conventionnel ISO R834

Distance à la face exposée [cm]	0	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Épaisseur du voile [cm]	12	972	873	784	632	511	417	285	207	167	156							
	14	971	872	782	628	506	410	272	187	141	121	115						
	16	971	872	781	627	504	407	267	178	129	103	87	82					
	18	971	872	781	627	504	406	266	174	125	95	75	64	60				
	20	971	872	781	627	504	406	265	173	123	92	70	55	47	45			
	25	971	872	781	627	504	406	265	173	123	91	68	51	40	33	26		
	30	971	872	781	627	504	406	265	173	123	91	68	51	40	32	23	21	
	35	971	872	781	627	504	406	265	173	123	91	68	51	40	32	23	21	20
	40	971	872	781	627	504	406	265	173	123	91	68	51	40	32	23	21	20

Tableau 4 : Températures dans le voile exposé du procédé « BETOMUR® RTh Massif » après 120 minutes d'exposition à l'incendie conventionnel ISO R834

Distance à la face exposée [cm]		0	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Épaisseur du voile [cm]	12	1022	934	852	709	592	498	362	278	232	217								
	14	1022	932	849	703	584	487	345	253	197	167	158							
	16	1021	931	847	700	580	481	336	239	176	142	127	122						
	18	1021	931	846	699	578	479	332	232	165	129	108	96	92					
	20	1021	930	846	699	578	478	330	229	161	123	99	82	72	69				
	25	1021	930	846	699	577	478	330	228	158	120	92	72	57	47	37			
	30	1021	930	846	699	577	478	329	228	158	119	92	71	56	45	29	25		
	35	1021	930	846	699	577	478	329	228	158	119	92	71	56	44	29	23	21	
	40	1021	930	846	699	577	478	329	228	158	119	92	71	56	44	29	23	21	20

Annexe II : Surfaces maximales des panneaux en situation sismique

L'épaisseur de la paroi extérieure considérée est de 7 cm.

2.11.1.1. Cas de 2xAPC160

2xAPC160 - $b_i=100\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	40,00	27,97
III	40,00	40,00	32,86	23,22
IV	40,00	40,00	28,57	19,92

2xAPC160 - $b_i=140\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	32,44	23,42
III	40,00	37,31	27,37	19,44
IV	40,00	32,44	23,92	16,67

2xAPC160 - $b_i=180\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	33,00	26,00	19,21
III	36,46	29,91	21,94	16,34
IV	34,68	26,00	19,56	14,23

2xAPC160 - $b_i=220\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	36,35	29,84	23,51	17,37
III	32,98	27,05	19,84	14,78
IV	31,37	23,51	17,69	12,87

2xAPC160 - $b_i=270\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	32,49	26,68	20,22	13,77
III	29,48	24,18	16,17	11,43
IV	28,04	20,22	14,06	9,80

Pour les épaisseurs d'isolant intermédiaires, le tableau à considérer est celui correspondant à l'épaisseur supérieure.

2.11.1.2. Cas de 3xAPC160

3xAPC160 - $b_i=100\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	40,00	40,00
III	40,00	40,00	40,00	34,83
IV	40,00	40,00	40,00	29,87

3xAPC160 - $b_i=140\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	40,00	32,93
III	40,00	40,00	36,72	28,66
IV	40,00	40,00	33,43	25,01

3xAPC160 - $b_i=180\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	39,56	33,55	26,39
III	40,00	37,07	29,43	22,97
IV	40,00	33,55	26,80	20,30

3xAPC160 - $b_i=220\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	35,78	30,34	23,87
III	38,04	33,53	26,62	20,78
IV	36,91	30,34	24,24	18,36

3xAPC160 - $b_i=270\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	35,94	31,98	27,12	20,65
III	34,01	29,97	23,79	17,15
IV	33,00	27,12	21,10	14,70

Pour les épaisseurs d'isolant intermédiaires, le tableau à considérer est celui correspondant à l'épaisseur supérieure.

2.11.1.3. Cas de 2xAPC160 + 1xADP150

2xAPC160 + 1xADP150 - $b_i=100\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	40,00	35,47
III	40,00	40,00	40,00	29,45
IV	40,00	40,00	36,24	25,26

2xAPC160 + 1xADP150 - $b_i=140\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	40,00	38,95	29,98
III	40,00	40,00	33,72	25,67
IV	40,00	38,95	30,47	22,02

2xAPC160 + 1xADP150 - $b_i=180\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	40,00	37,13	30,56	23,38
III	40,00	34,34	26,36	20,14
IV	38,59	30,56	23,77	17,67

2xAPC160 + 1xADP150 - $b_i=220\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	39,14	33,99	28,12	21,62
III	36,58	31,51	24,33	18,65
IV	35,28	28,12	21,98	16,38

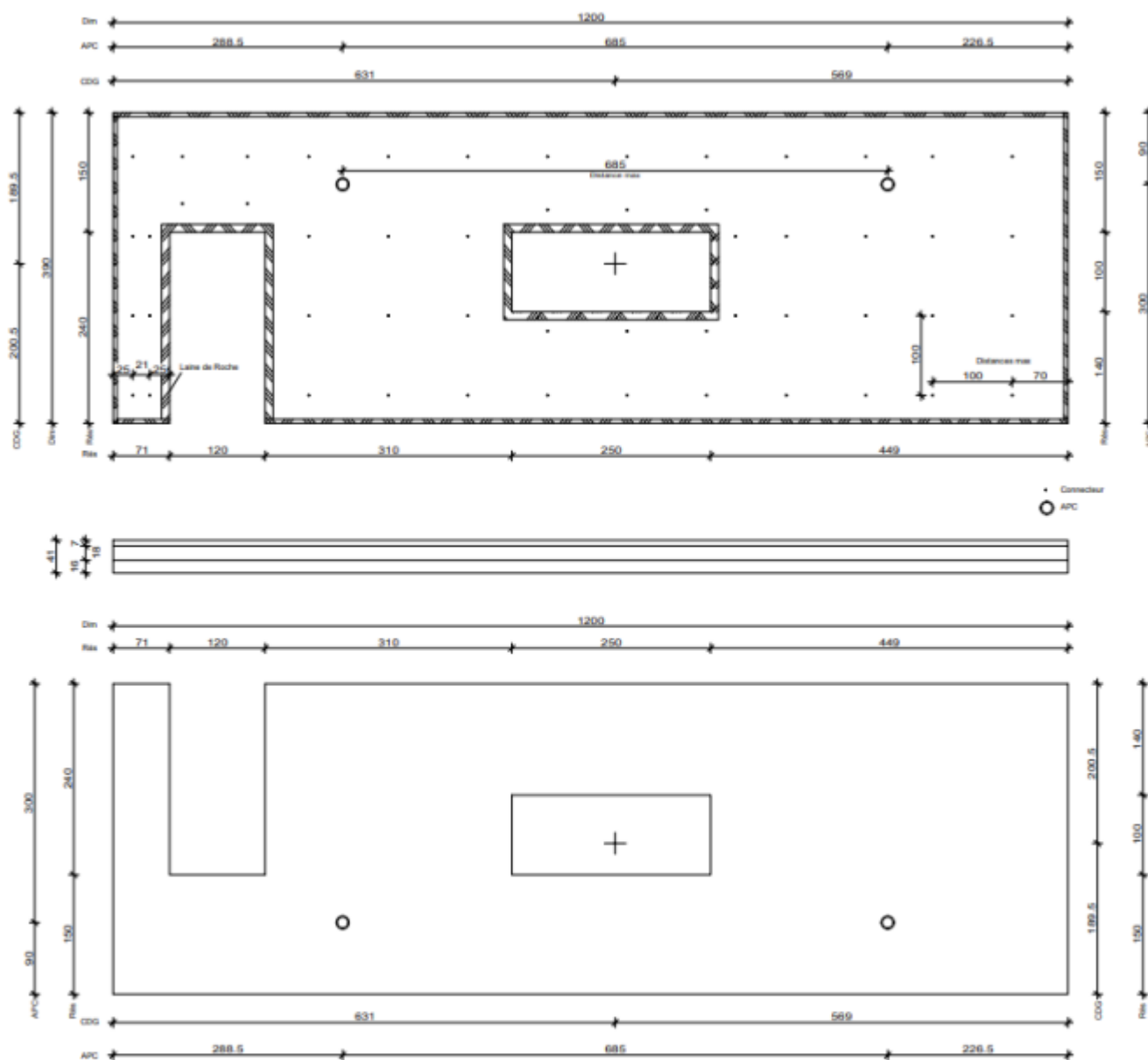
2xAPC160 + 1xADP150 - $b_i=270\text{mm}$

S_{tot} (m ²)	Zone de sismicité			
Catégorie d'importance	2	3	4	5
II	34,74	30,00	24,68	17,51
III	32,37	27,74	20,58	14,54
IV	31,18	24,68	17,89	12,47

Pour les épaisseurs d'isolant intermédiaires, le tableau à considérer est celui correspondant à l'épaisseur supérieure.

2.11.2. Annexe III : Schémas et détails type du BETOMUR® RTh Massif

Figure 3a : Plan du BETOMUR RTh Massif



Distance maximum du connecteur au bord du panneau : 70 cm
 Distance minimum du connecteur au bord du panneau : 25 cm
 Distance minimum entre connecteurs : 21 cm
 Distance maximum entre connecteur : 100 cm
 Distance maximale entre APC : 685 cm
 Distance minimale entre APC : 100 cm

Figure 3b : Plan type du BETOMUR RTh Massif - Ferrailage

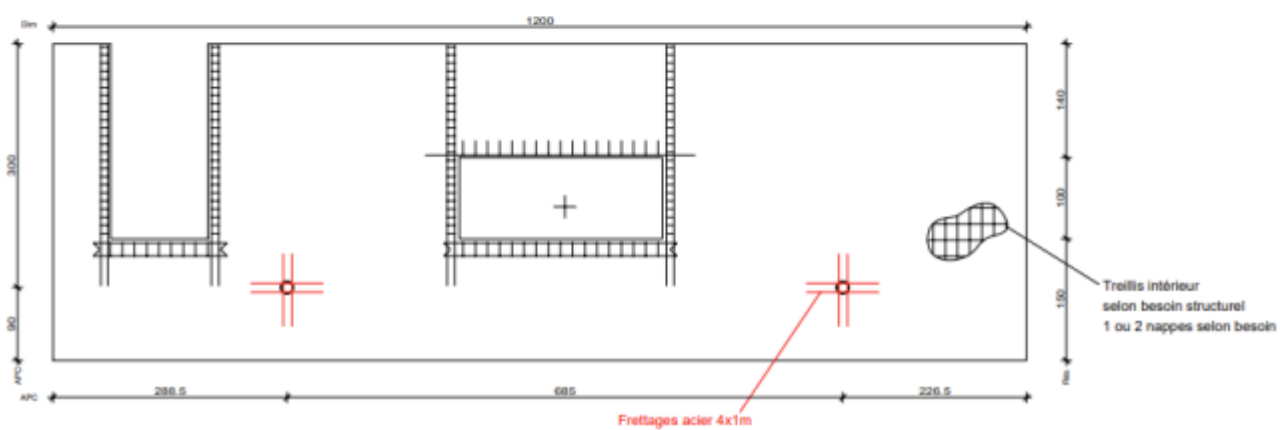
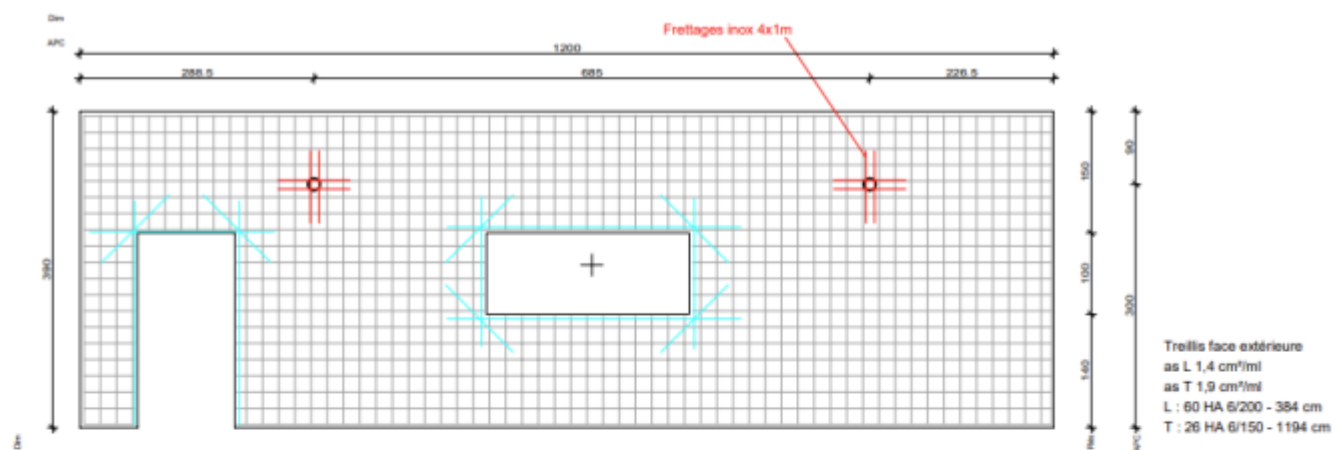
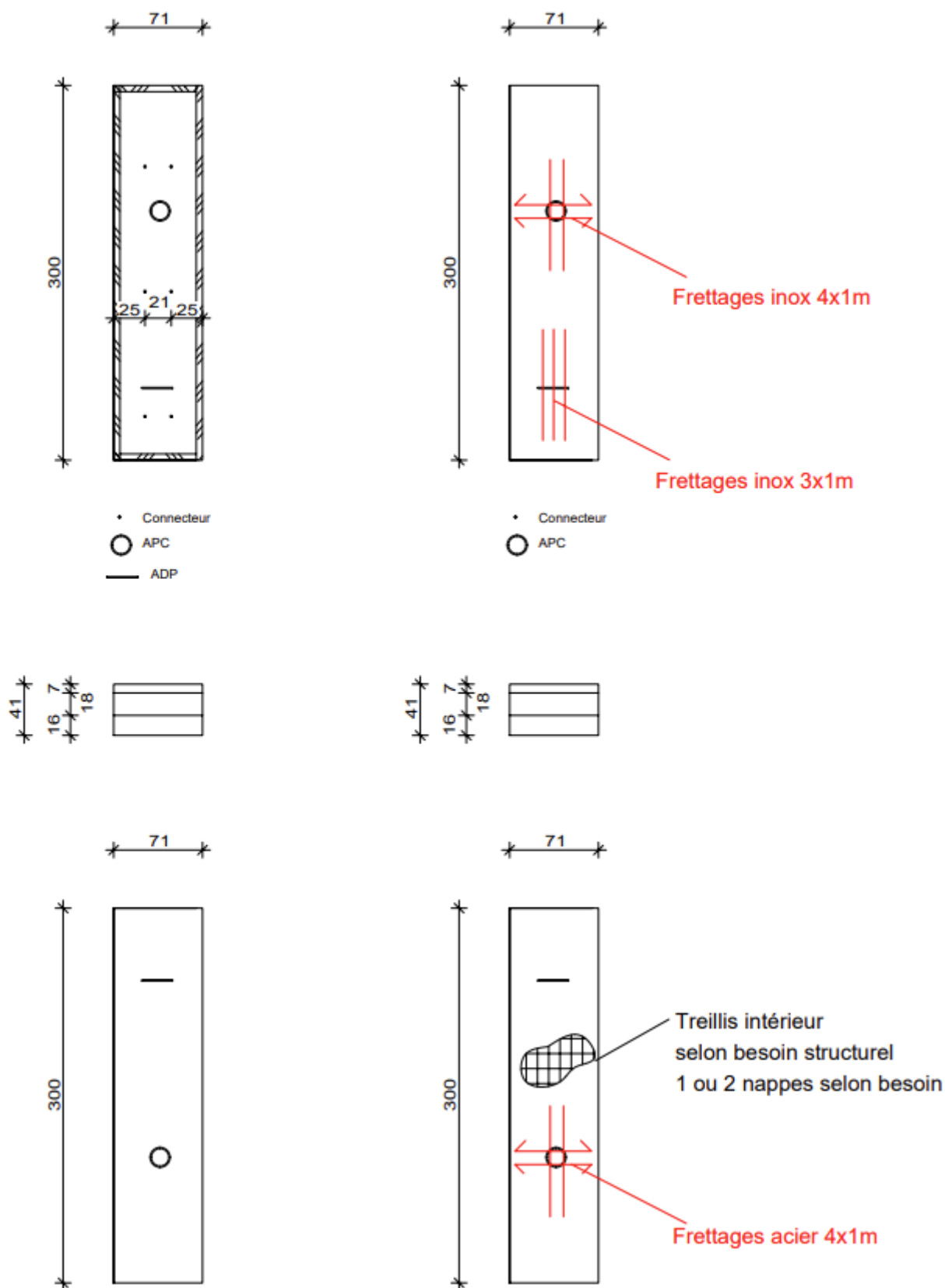
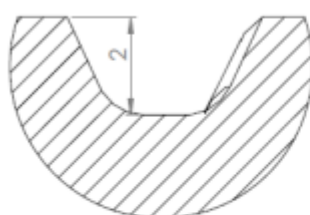
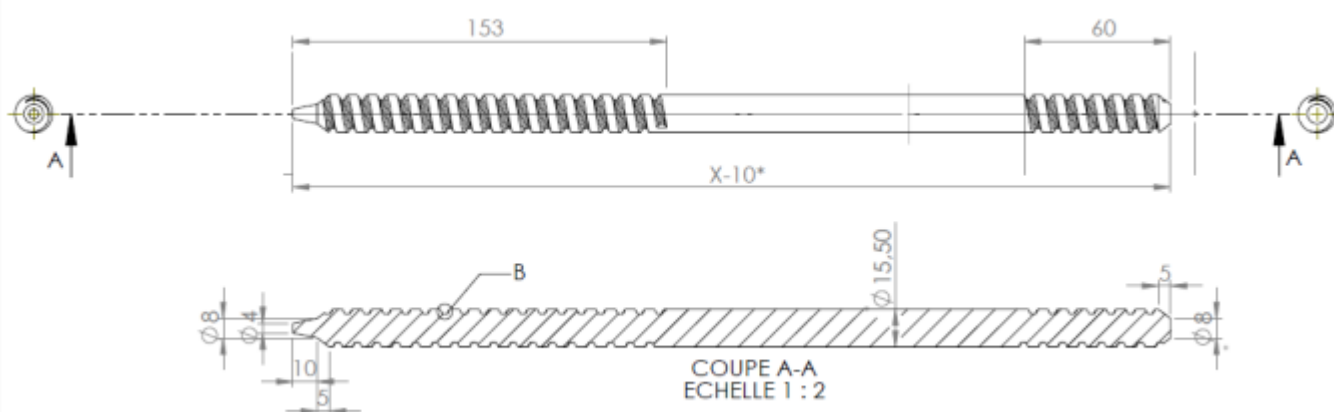
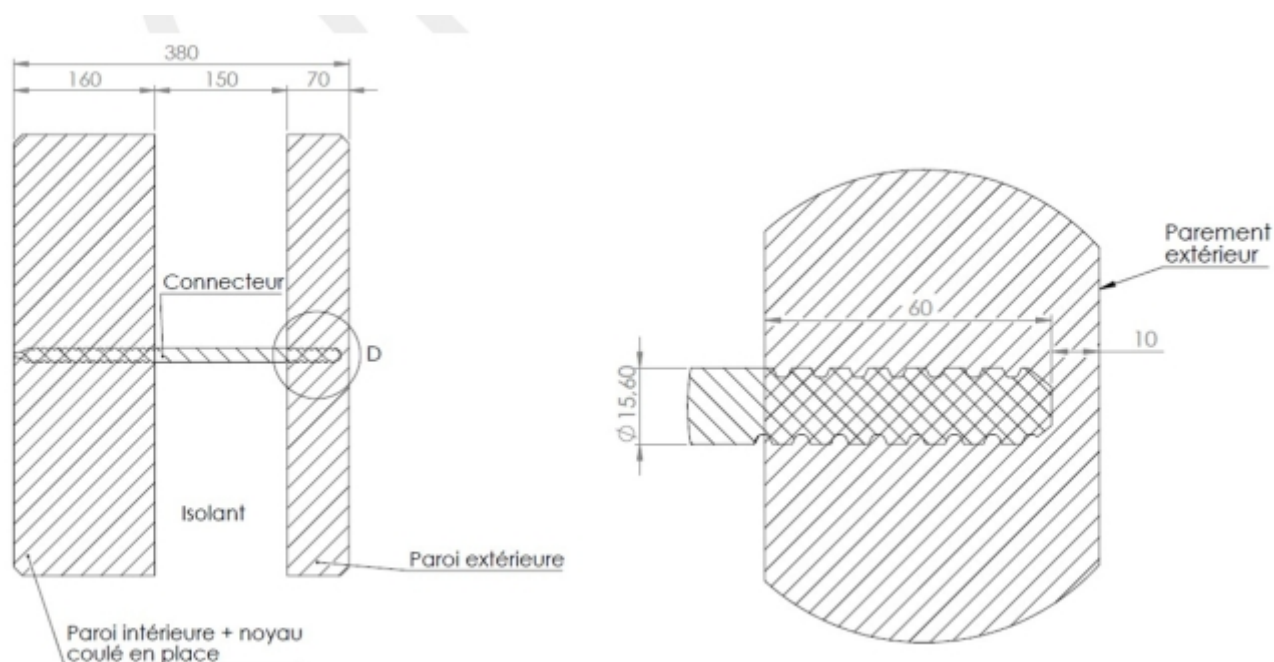


Figure 3c : Plan type du BETOMUR RTh Massif type trumeau**Figure 3d : Vue en coupe du connecteur composite en fibres de verre AR**

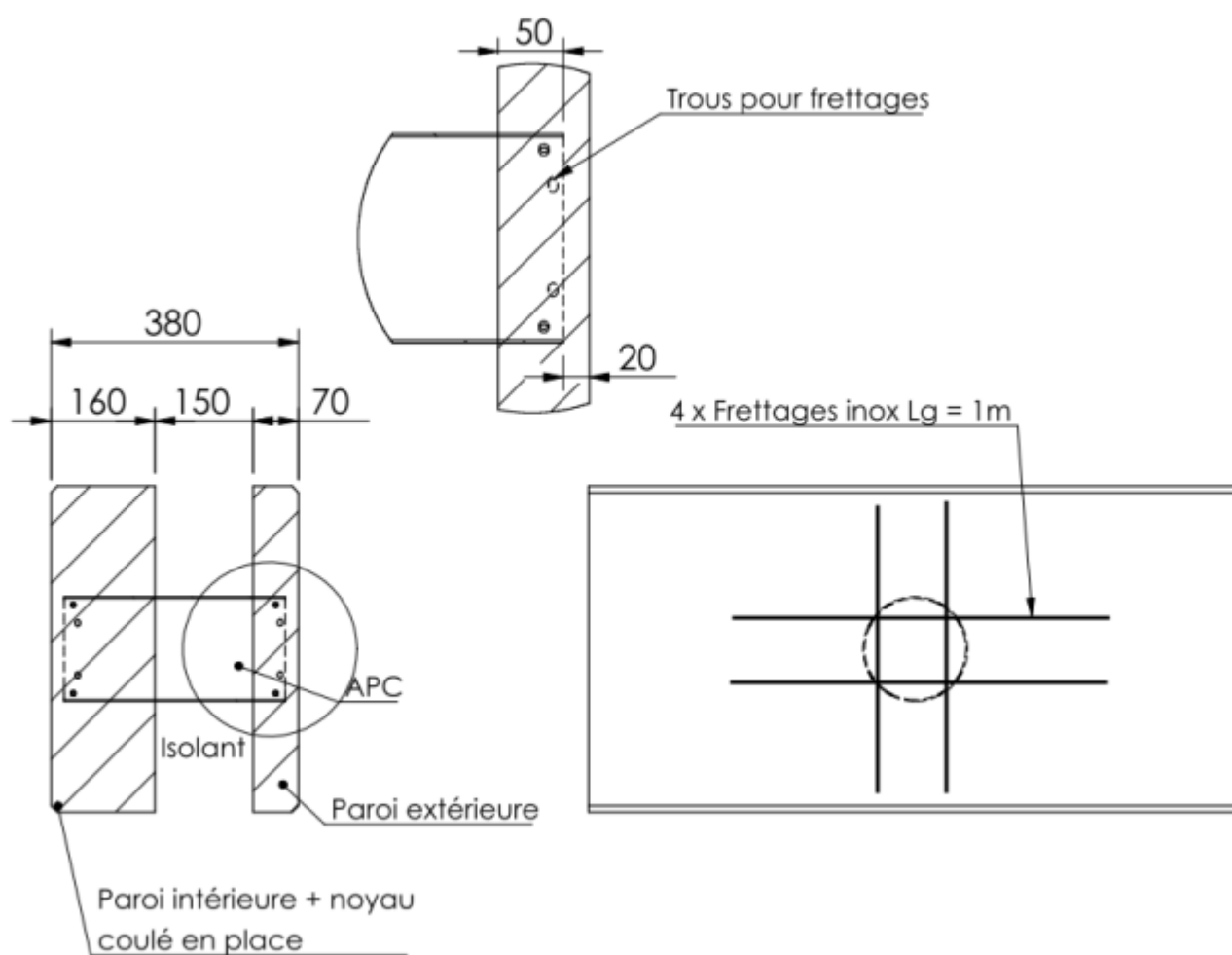


DÉTAIL B
ECHELLE 10 : 1

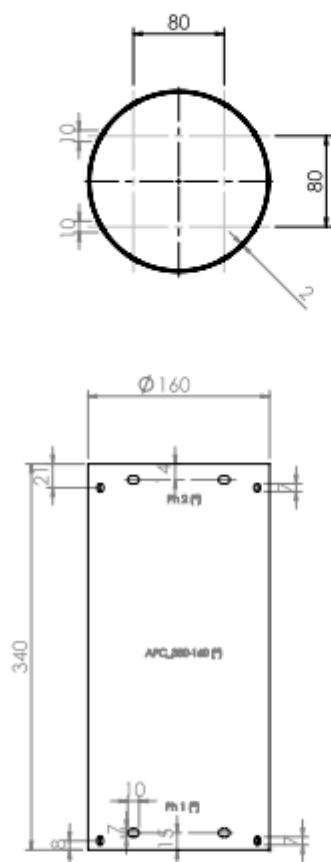
* Exemple :
Titre : Connecteur 330
Longueur : 320 mm

SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES ETAT DE SURFACE: TOLERANCES: LINEAIRES: ANGULAIRE:				RATON:		CASSER LES ANGLES Vifs		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVISION: A, le 22/20/16
AUTEUR JEB				SIGNATURE		DATE 04/04/16		SORIBA		
VERIF.								TITRE: Connecteur X		
APPR.								FIL. DE PLAN: Plan CO2016-VE		
PAS.										
QUAL.								MATERIAU: Fibre AR + résine vinylester		
								Echelle 1:5		
								Feuille 1 sur 1		

Figure 3e : Vues d'une APC (principe similaire APC_160 ou APC_76,1)



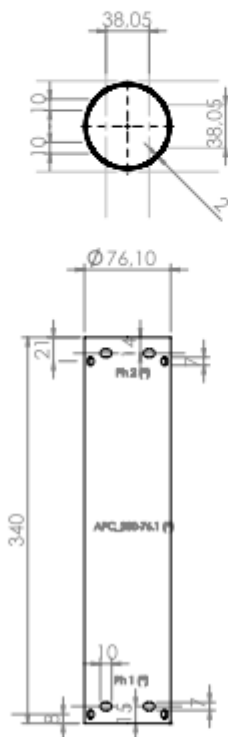
E g'f qewa gpi/gu/te "r" tar tés/gf g'UOT HOCOM/gg "r gwn/ing tar taf vñ/ñkego o wps wñuc pu'ugp'c wñqñuc wgp" sethego
Vf k'f qewa gpi/te "y" g'f tar gnd "gñuQT HOCOM/lec papi/og tar taf wgnr" papi/ego o wñec gñr "y" gñ quñhu/y dñgo "c wñ c wñgo



(*) Annotations laser

SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES				NE PAS CHANGER L'ECHELLE		VERSION : 3.0													
				REF TOUEA : SORIAPC-380-160-2.0															
<table border="1"> <tr> <td>NOM</td> <td>SIGNATURE</td> <td>DATE</td> </tr> <tr> <td>AUTEUR: LGI</td> <td></td> <td>28/06/2016</td> </tr> <tr> <td>VERIF:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPR:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				NOM	SIGNATURE	DATE	AUTEUR: LGI		28/06/2016	VERIF:			APPR:			TITRE: Ancre Porteuse Cylindrique APC_380-160			
NOM	SIGNATURE	DATE																	
AUTEUR: LGI		28/06/2016																	
VERIF:																			
APPR:																			
 Rue Gustave Eiffel B.P. 515 85305 CHALLANS Cedex Tél : 02.51.93.23.01 soriba@soriba.fr			MATERIAU: Acier inoxydable 1.4162 MASSE : 2.62 kg		No. DE PLAN A4														
				ECHELLE: 1:5		FEUILLE 1 SUR 1													

E g'f qewo gpo'gouite"r tar tks'gff g'UQT HOC ONKpg'r gwn'Nkg tar tqt w'Nkkg o wps w'fuc pu'ugp'c waq'kuc'kqg" s'etkgp0
 Vj kuf qewo gpo'gouite"r tar tqt g'UQT HOC ONKpg'r gwn'Nkg tar tqt w'Nkkg o wps w'fuc pu'ugp'c waq'kuc'kqg" s'etkgp0



(*) Annotations laser

SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES				NE PAS CHANGER L'ECHELLE		VERSION : 3.0	
				REF TOLEA : SORIAPC-380-76.1-2.0			
				TITRE: Ancre Porteuse Cylindrique APC_380-76.1			
NOM		SIGNATURE		DATE			
AUTEUR: LGI				28/06/2016			
VERIF:							
APPR:							
 Rue Gustave Eiffel B.P. 515 85305 CHALLANS Cedex Tél : 02.51.93.23.01 soriba@soriba.fr		MATERIAU: Acier inoxydable 1.4404 MASSE : 1.23 kg		NO. DE PLAN A4			
				ECHELLE:1:5		FEUILLE 1 SUR 1	

Figure 3f : Vues d'un ADP

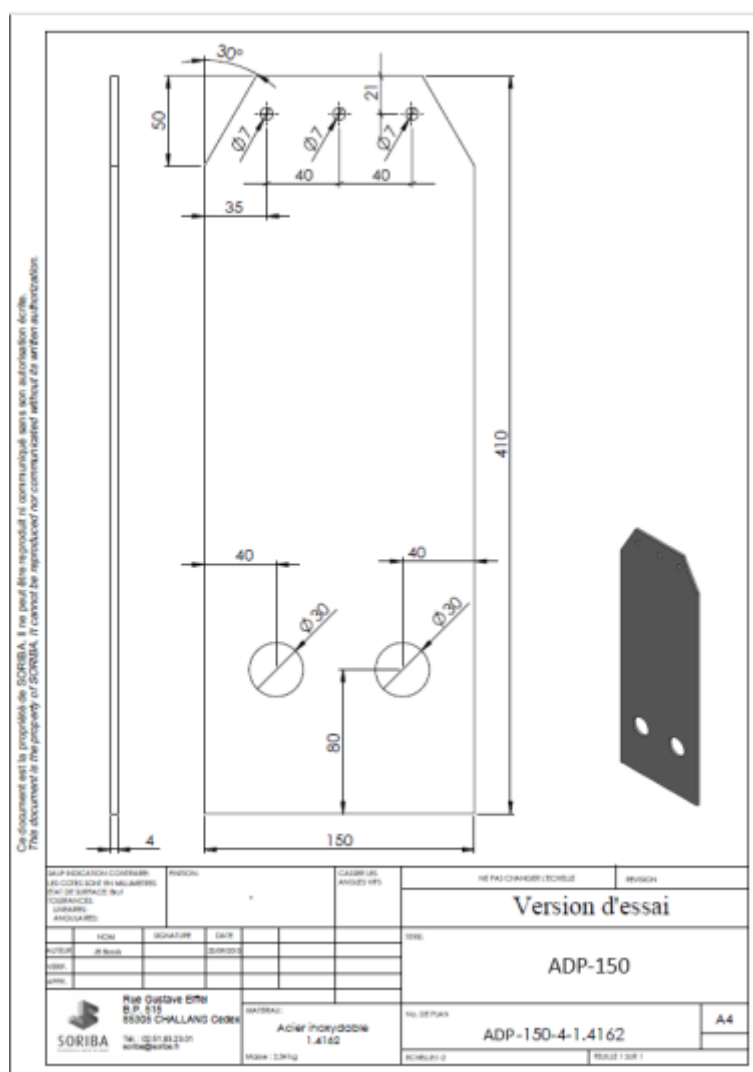
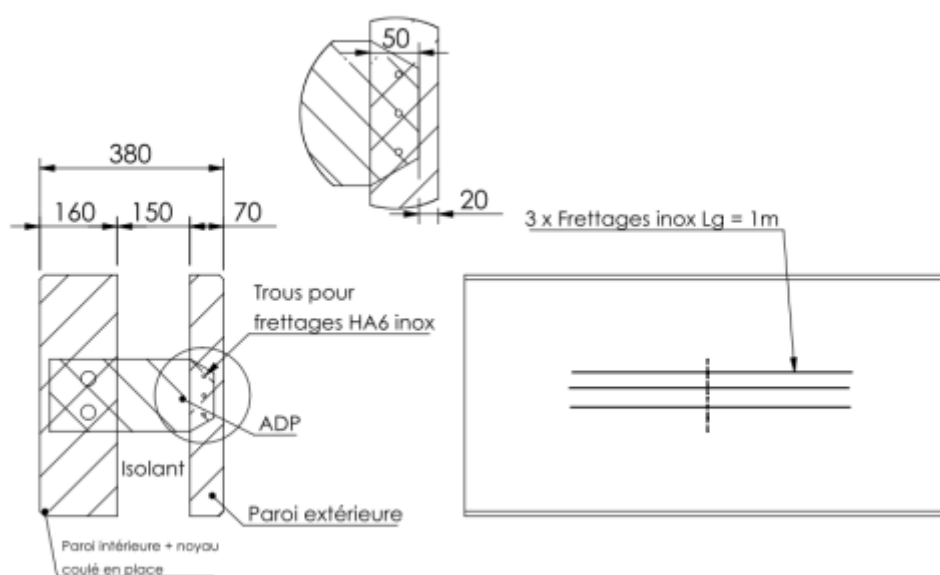


Figure 4 : Plancher porteur – liaison avec plancher à prédalle suspendue (hors zone sismique) - rejingot formé par le béton et l'isolant

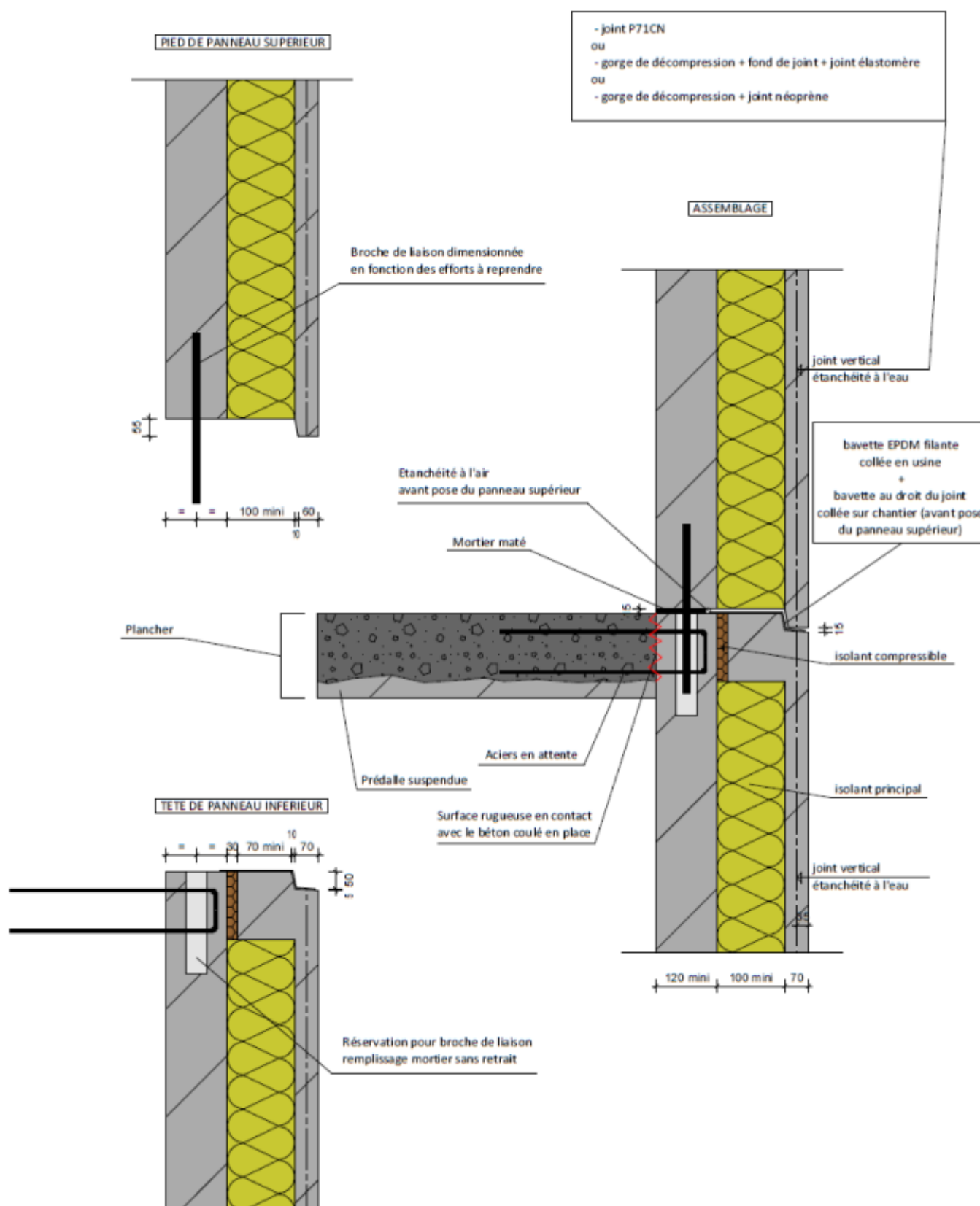


Figure 5 : Panneau porteur : liaison avec plancher coulé en place - rejingot formé par le béton et l'isolant

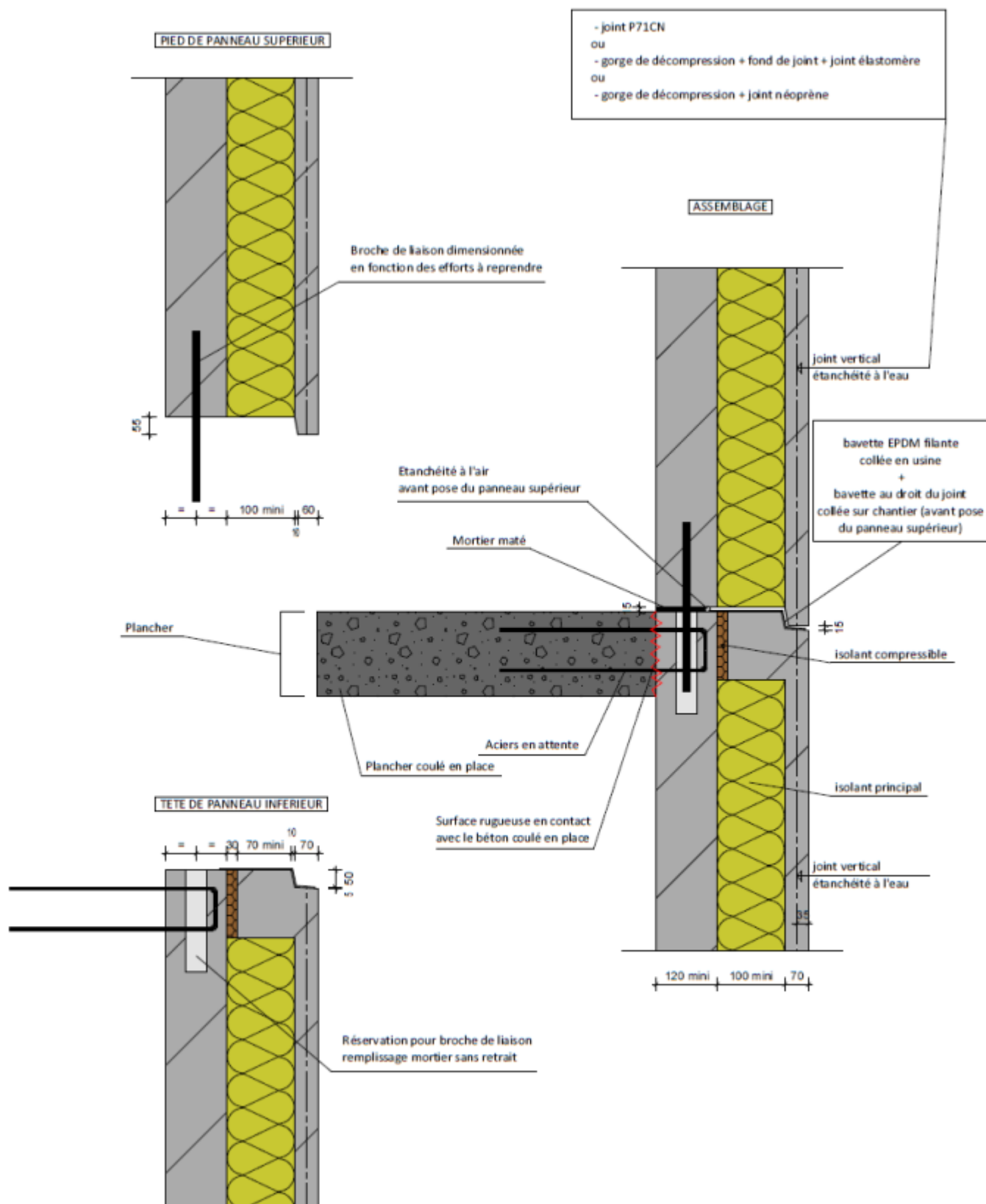


Figure 6 : Panneau porteur – liaison avec plancher coulé en place ou prédalle avec appui (en zone sismique) - rejingot formé par le béton et l'isolant

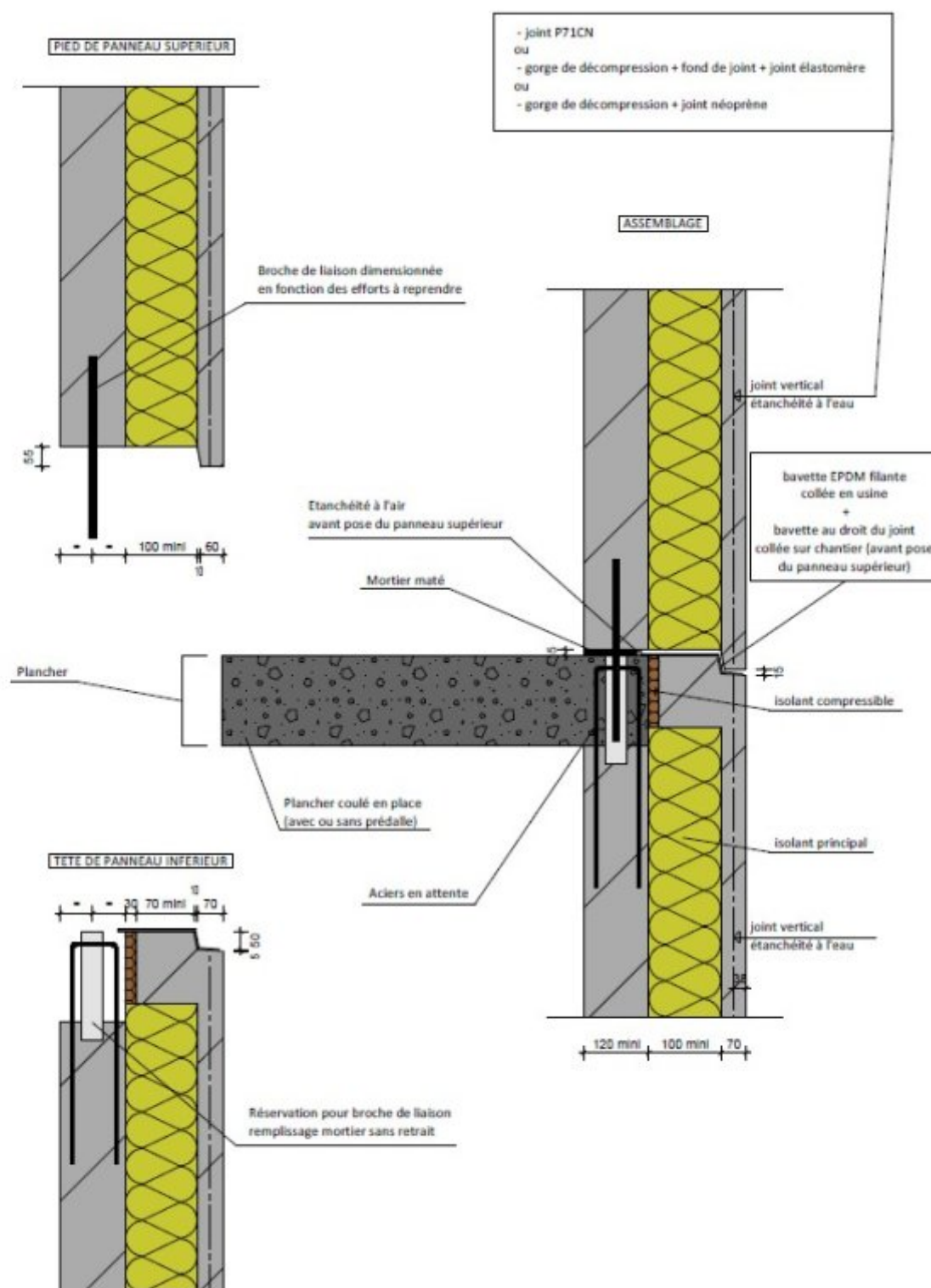


Figure 7 : Panneau porteur – liaison avec plancher avec dalle alvéolaire sur appui corbeau filant - rejingot formé par le béton et l'isolant

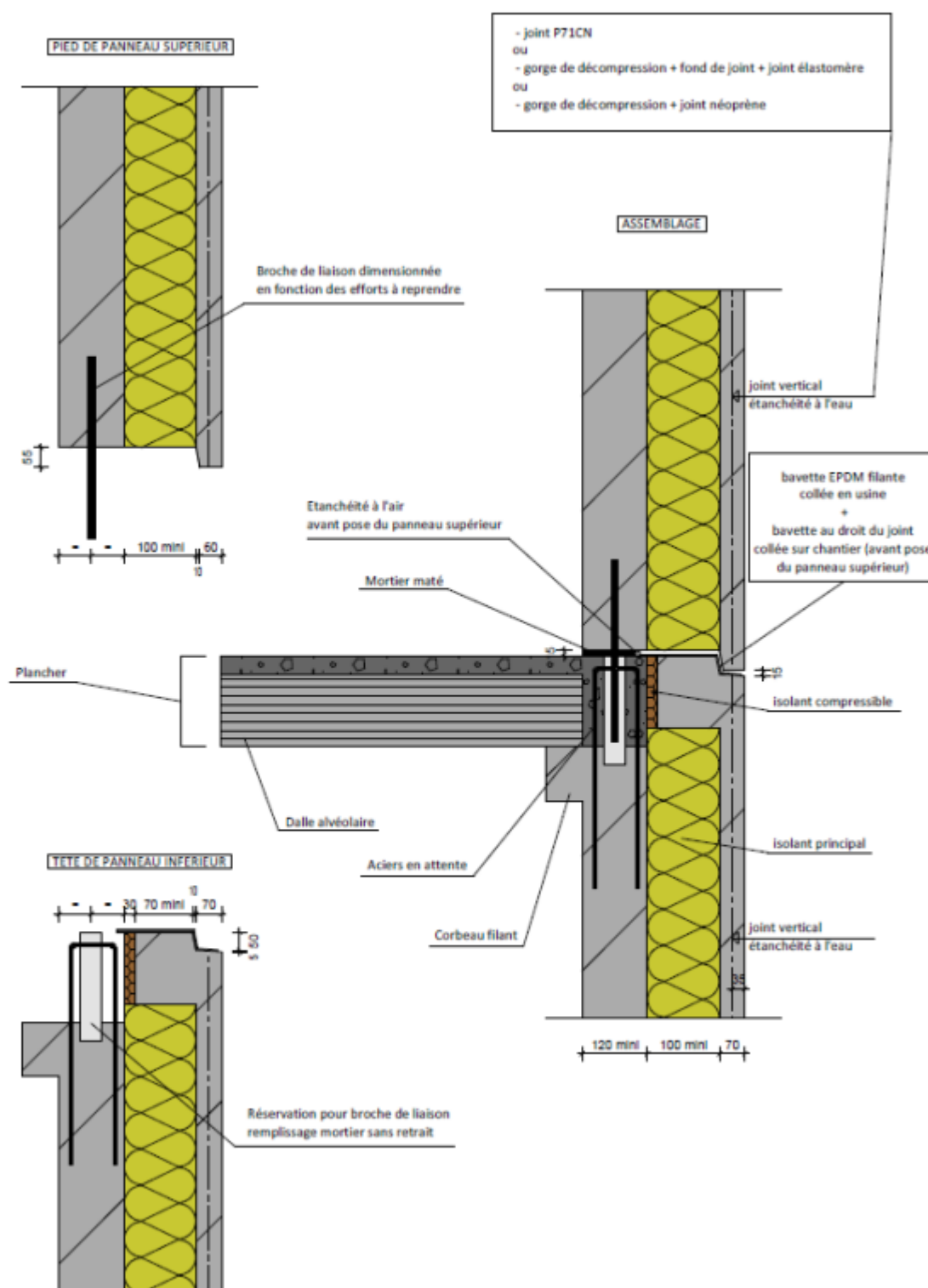


Figure 8 : Panneau porteur – Liaison avec plancher à prédalle suspendue (hors zone sismique) - rejingot formé par l'isolant

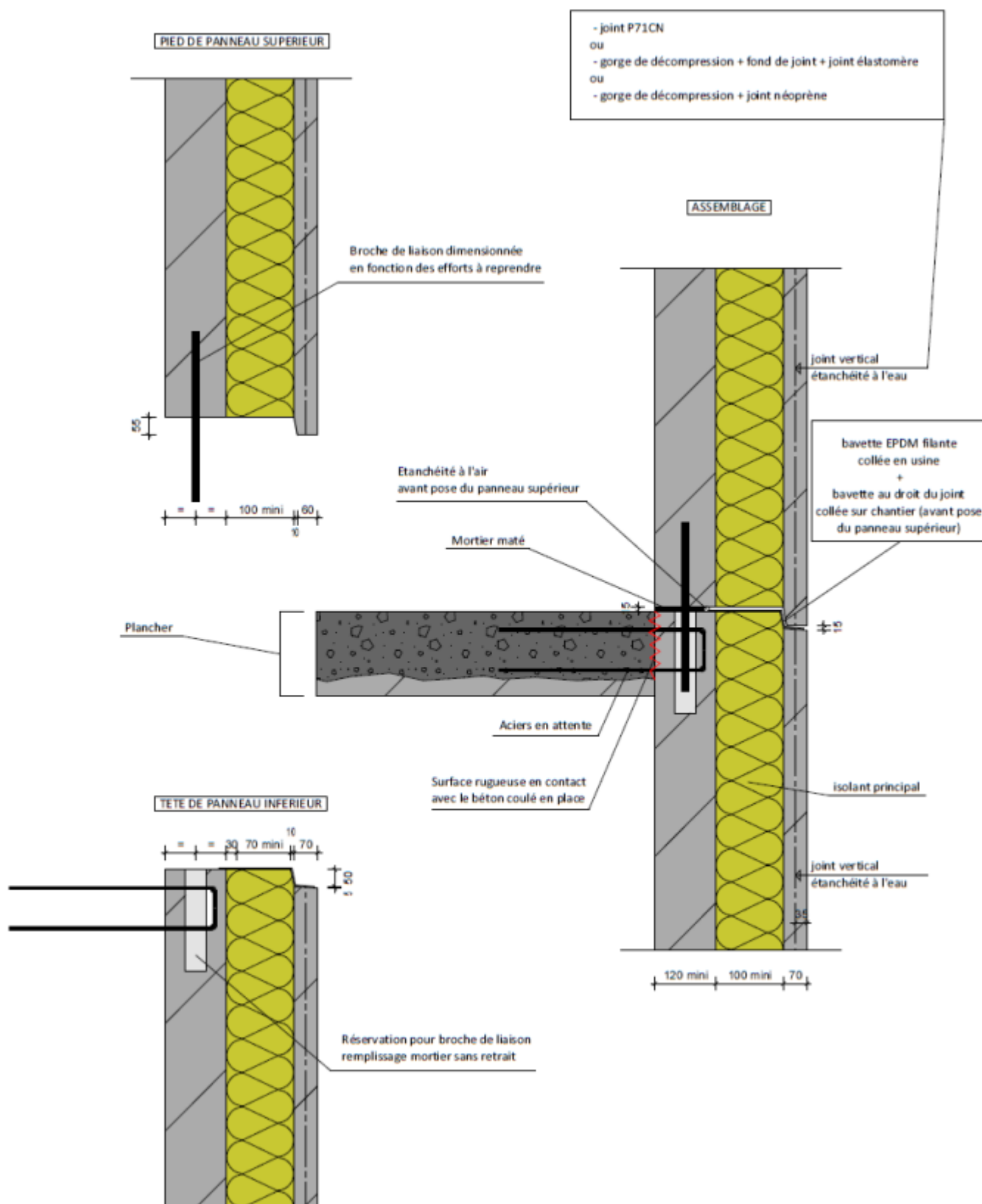


Figure 9 : Panneau porteur – Liaison avec plancher coulé en place – Rejingot formé par l'isolant

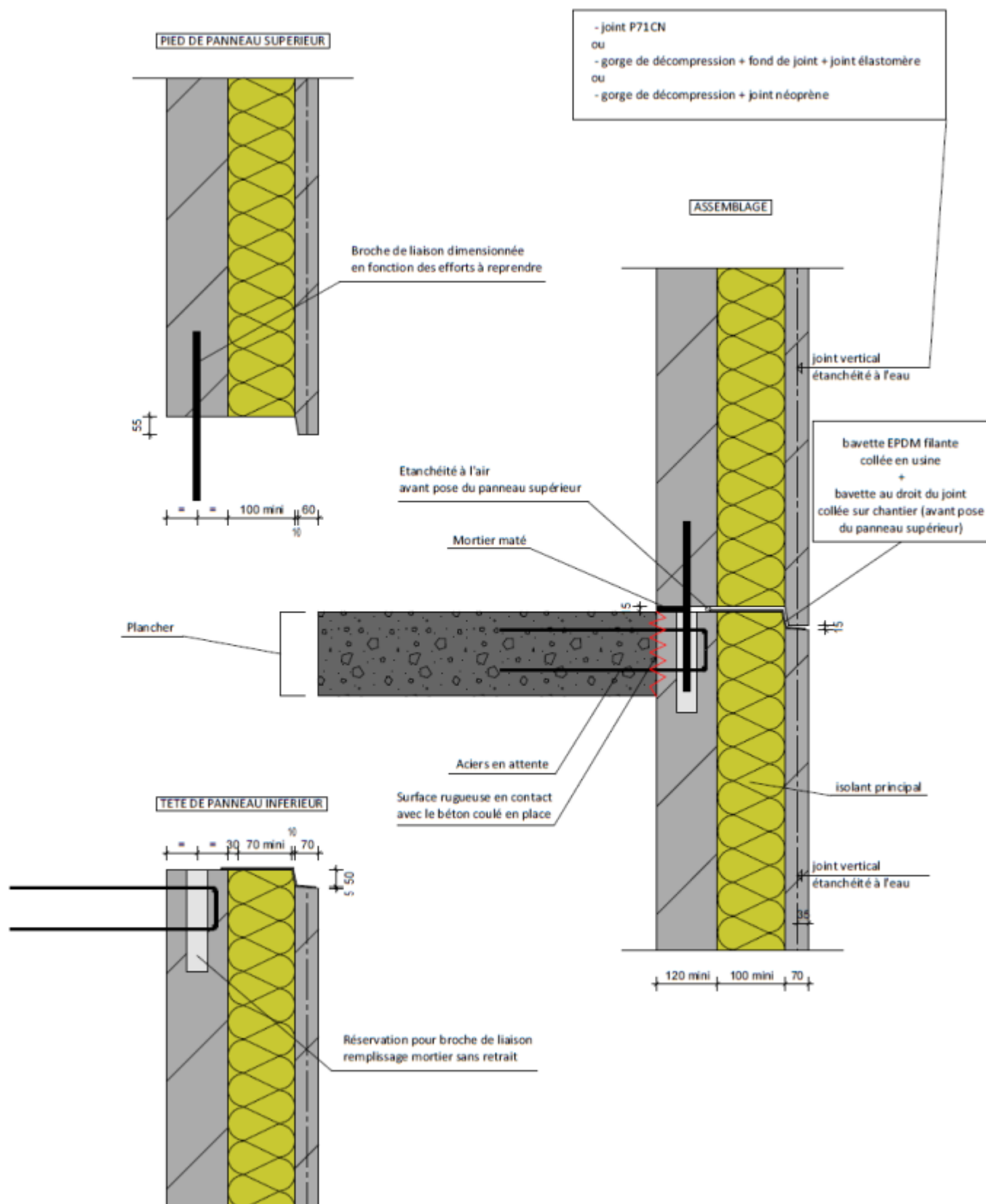


Figure 10 : Panneau porteur – Liaison avec plancher coulé en place – Rejingot formé par l'isolant – en zone sismique

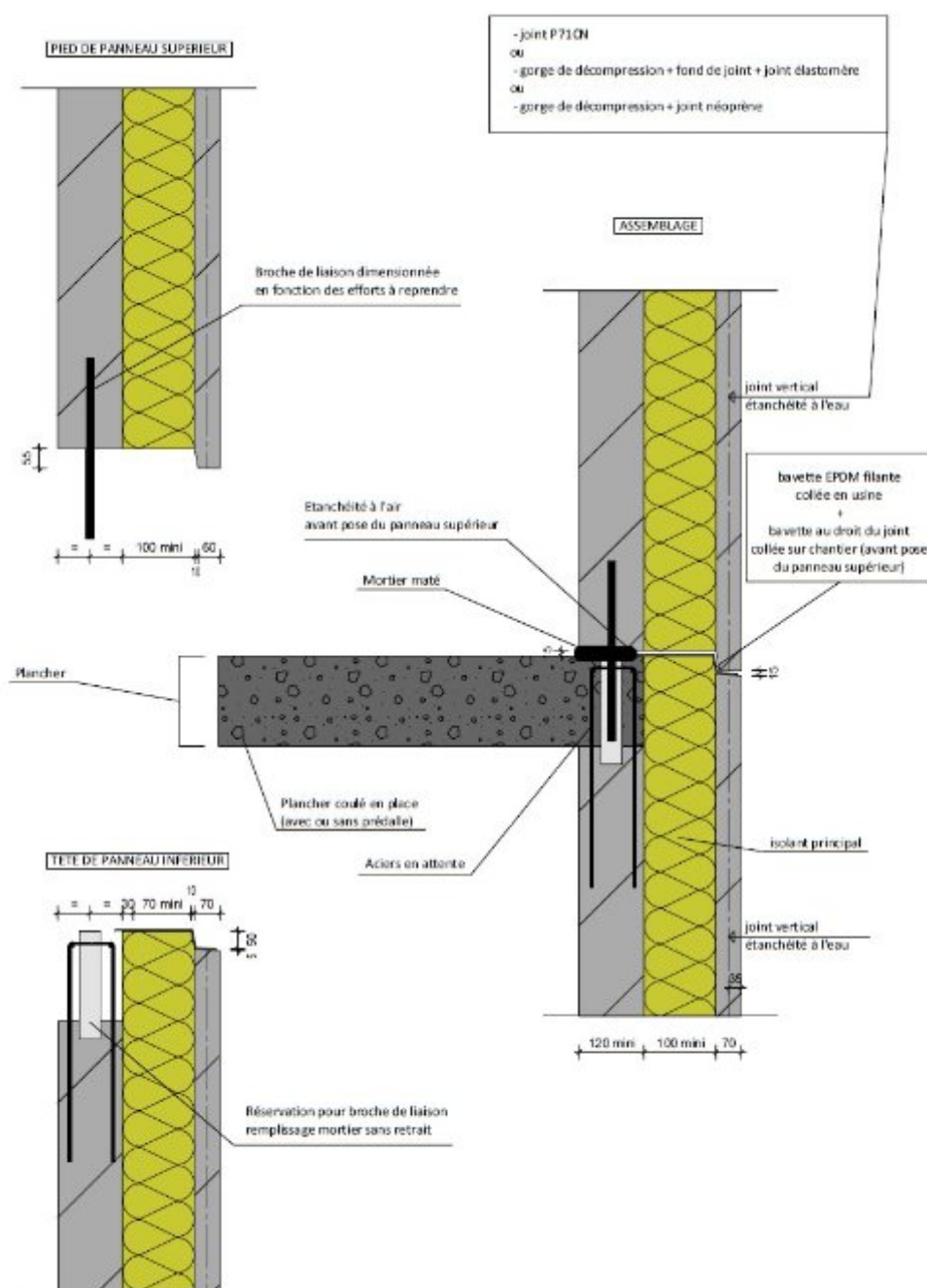


Figure 11 : Panneau porteur : Liaison avec plancher avec dalle alvéolaire sur appui corbeau filant – Rejingot formé par l'isolant

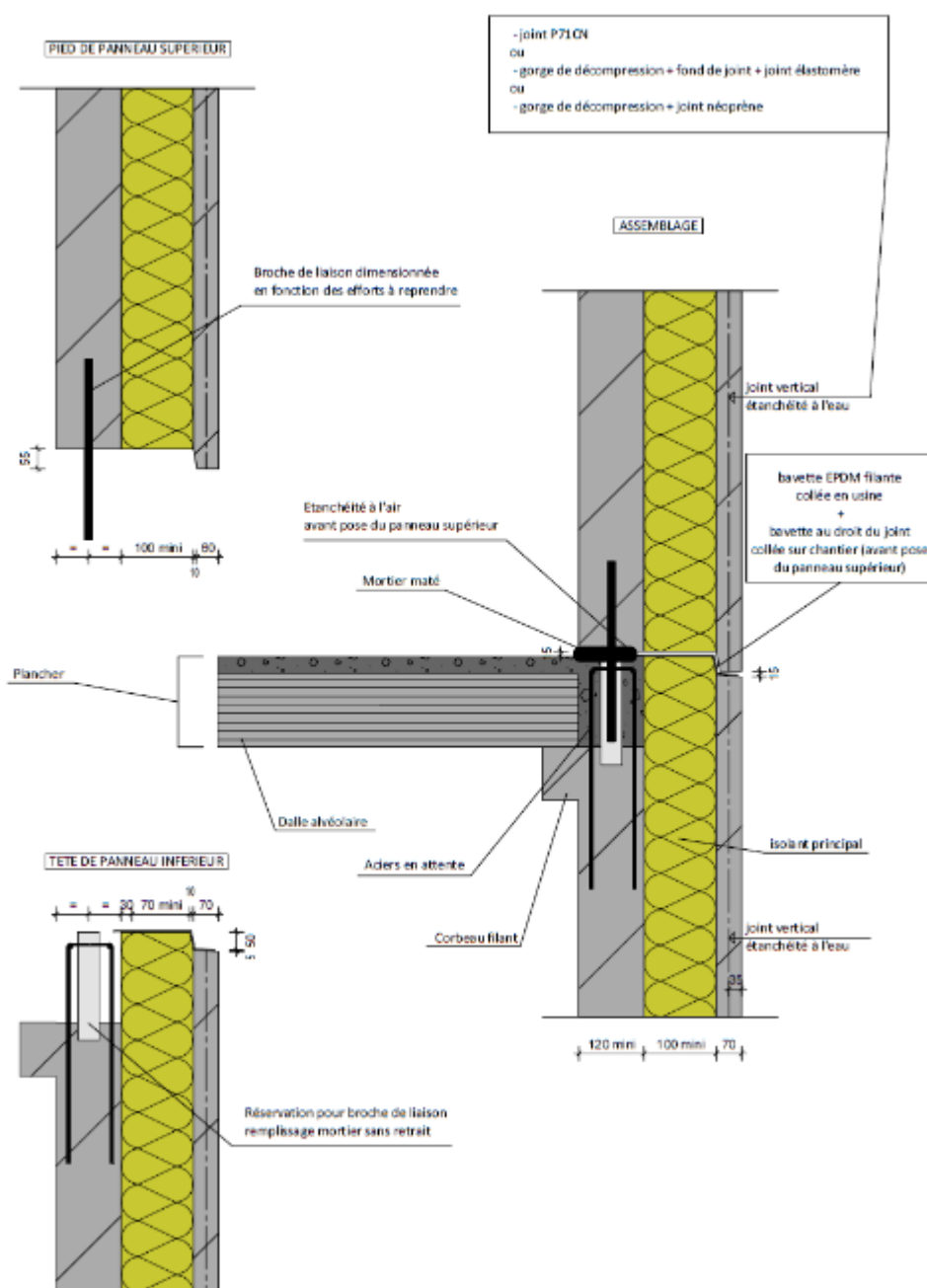


Figure 12 : panneau porteur et non porteur – liaison avec ouvertures – pose horizontale – nu intérieur

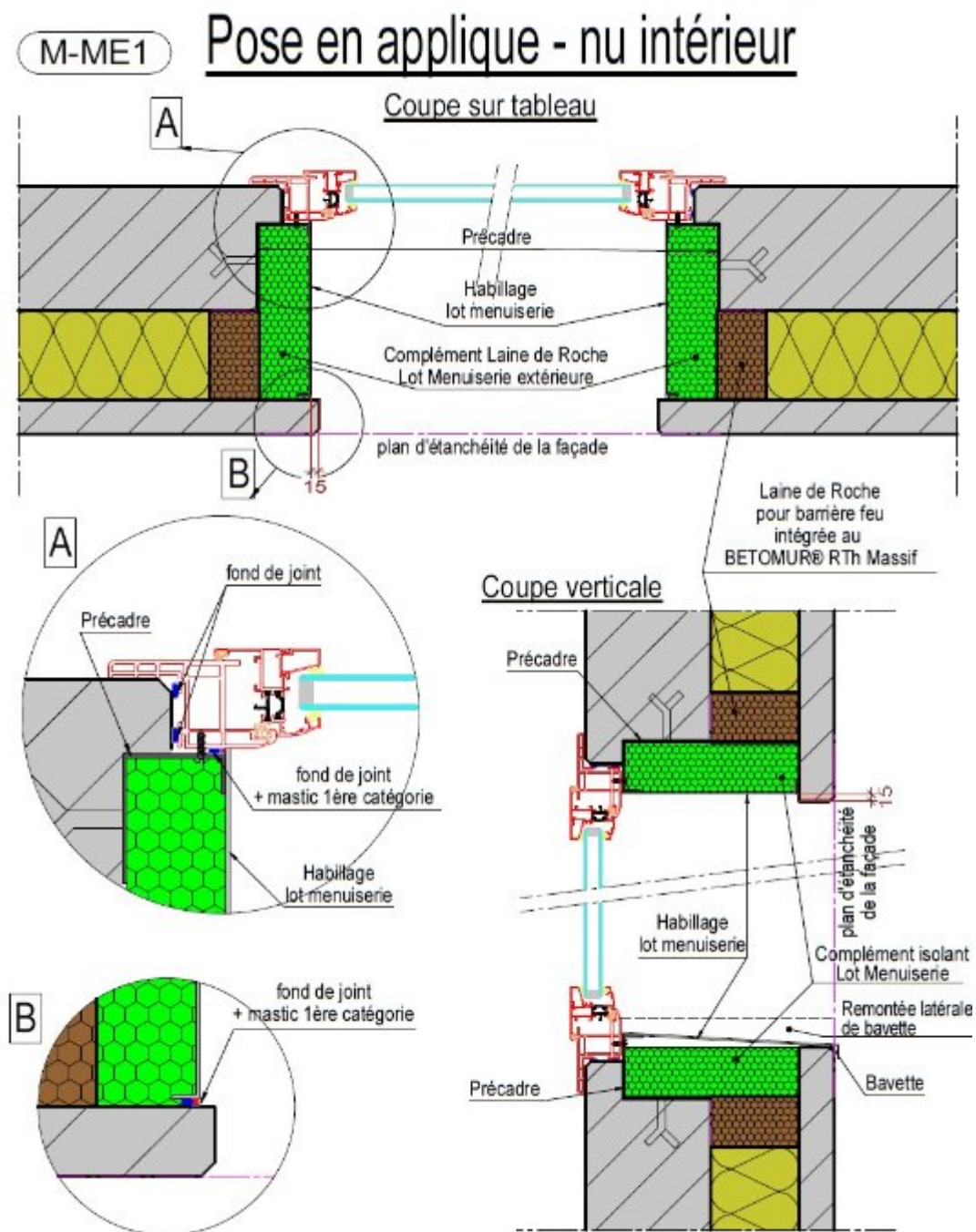


Figure 13 : panneau porteur et non porteur – liaison avec ouvertures – pose en tunnel sans précadre

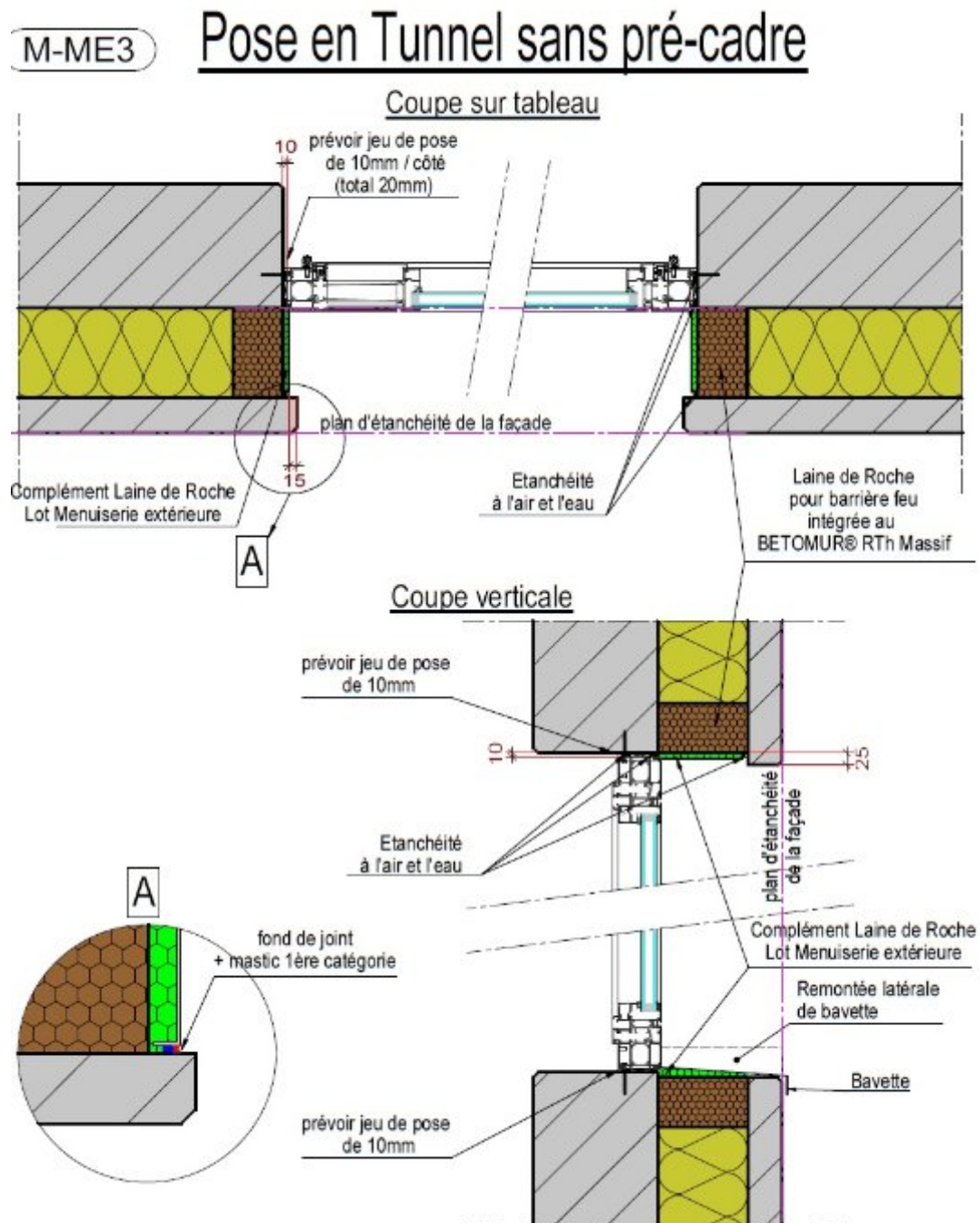


Figure 14 : panneau porteur et non porteur – liaison avec ouvertures – pose en tunnel avec précadre – nu extérieur

Pose en Tunnel avec pré-cadre - Nu extérieur

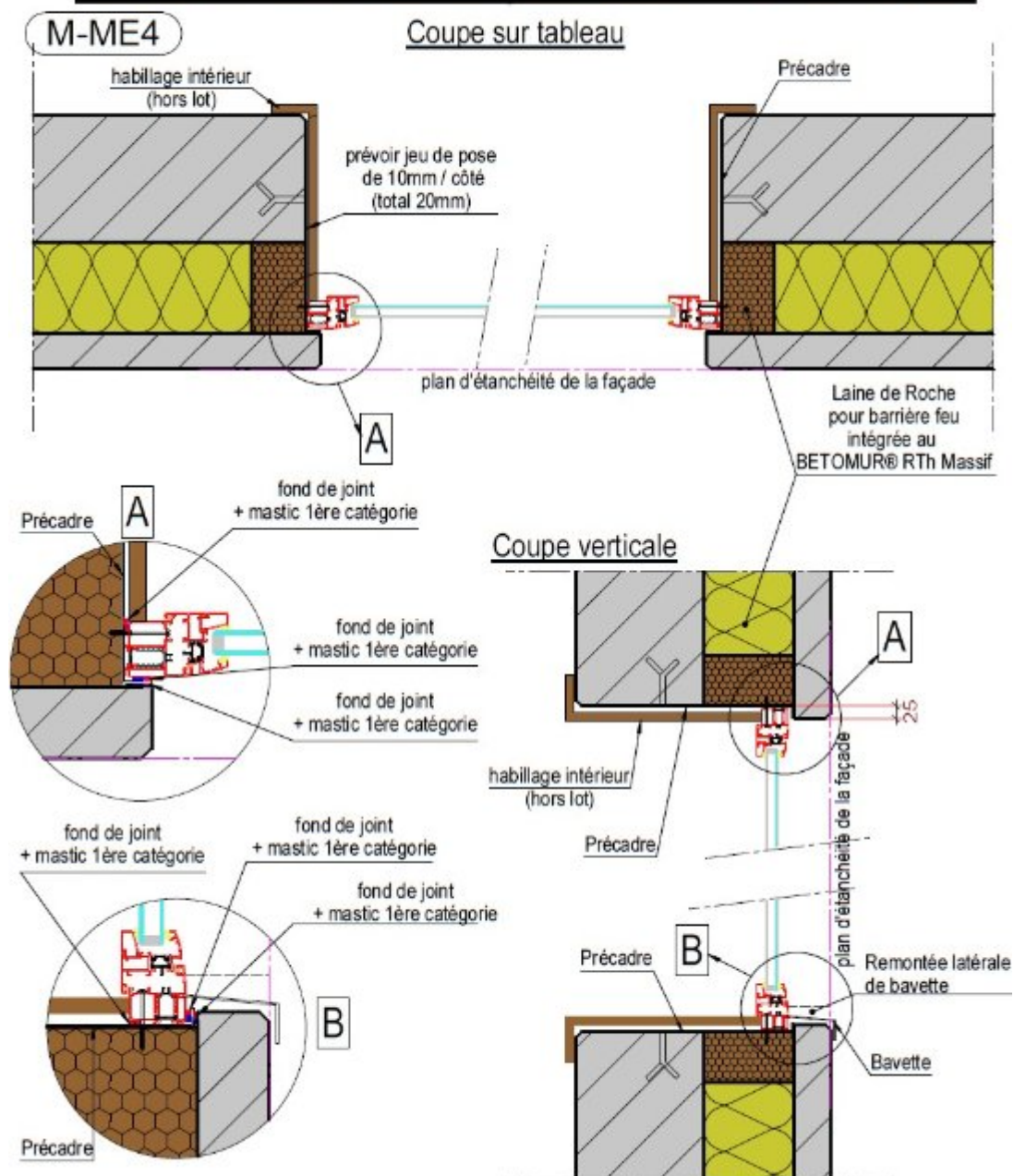


Figure 15 : Panneau porteur et non porteur – principe de menuiserie extérieure

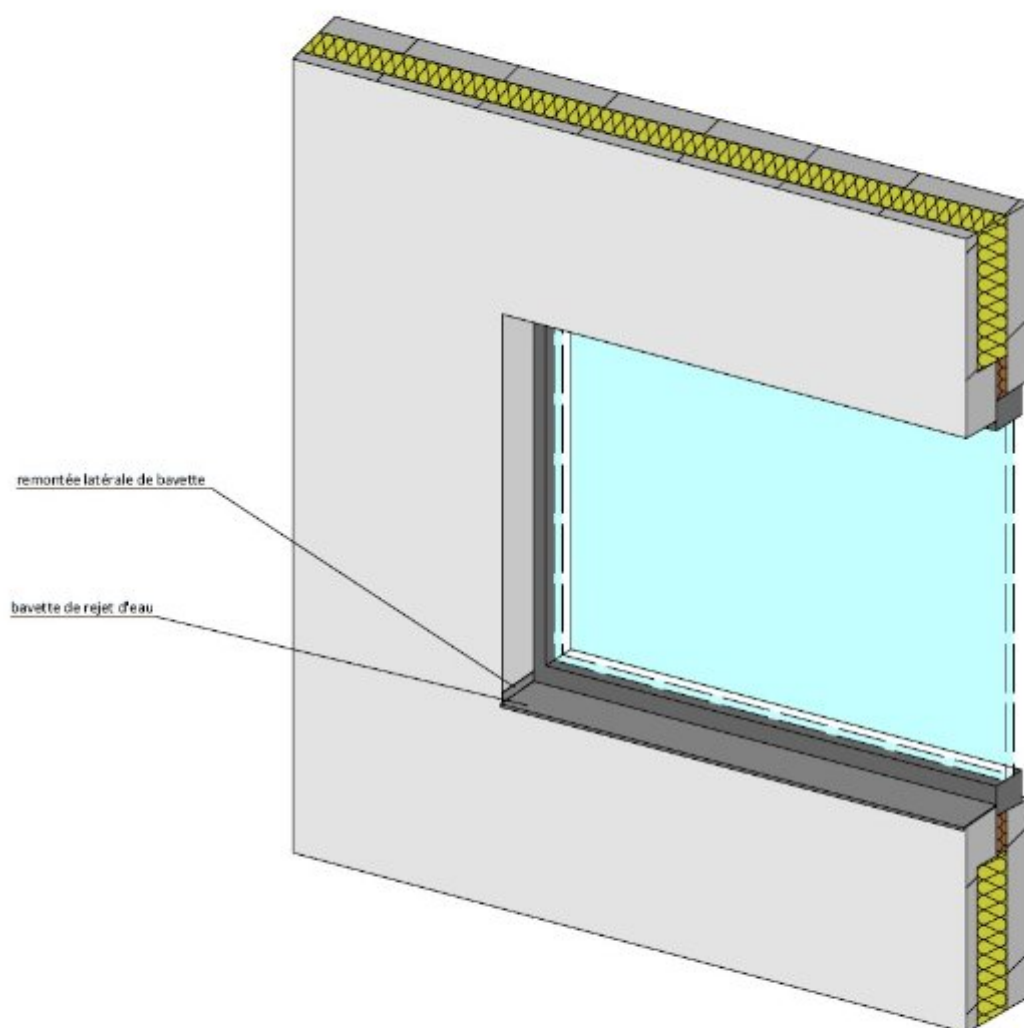


Figure 16 : Panneau porteur – Liaison verticale mécanique (hors zone sismique)- Etanchéité joint P71CN

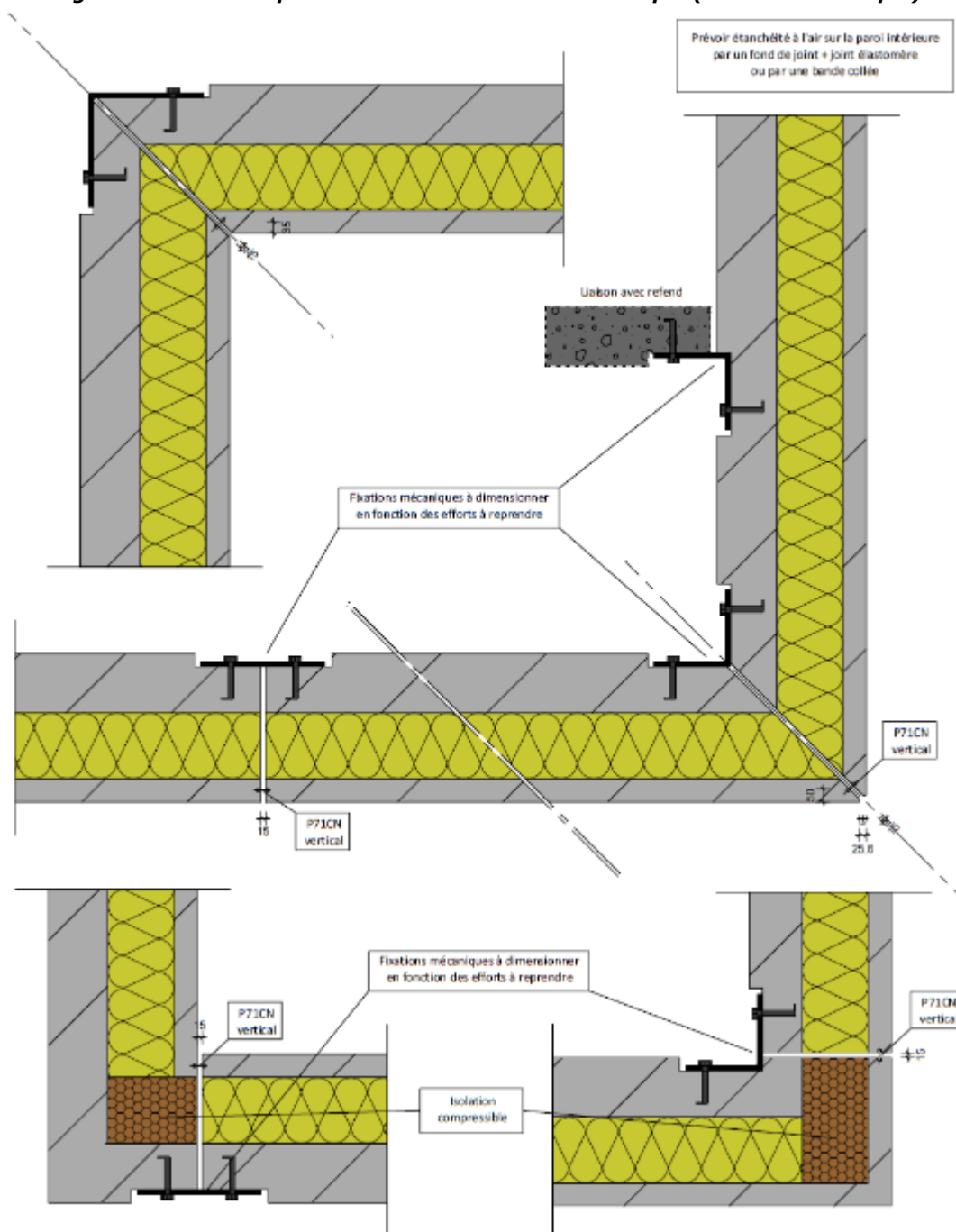


Figure 17 : Panneau porteur – Liaison verticale mécanique (hors zone sismique- Etanchéité joint élastomère ou néoprène)

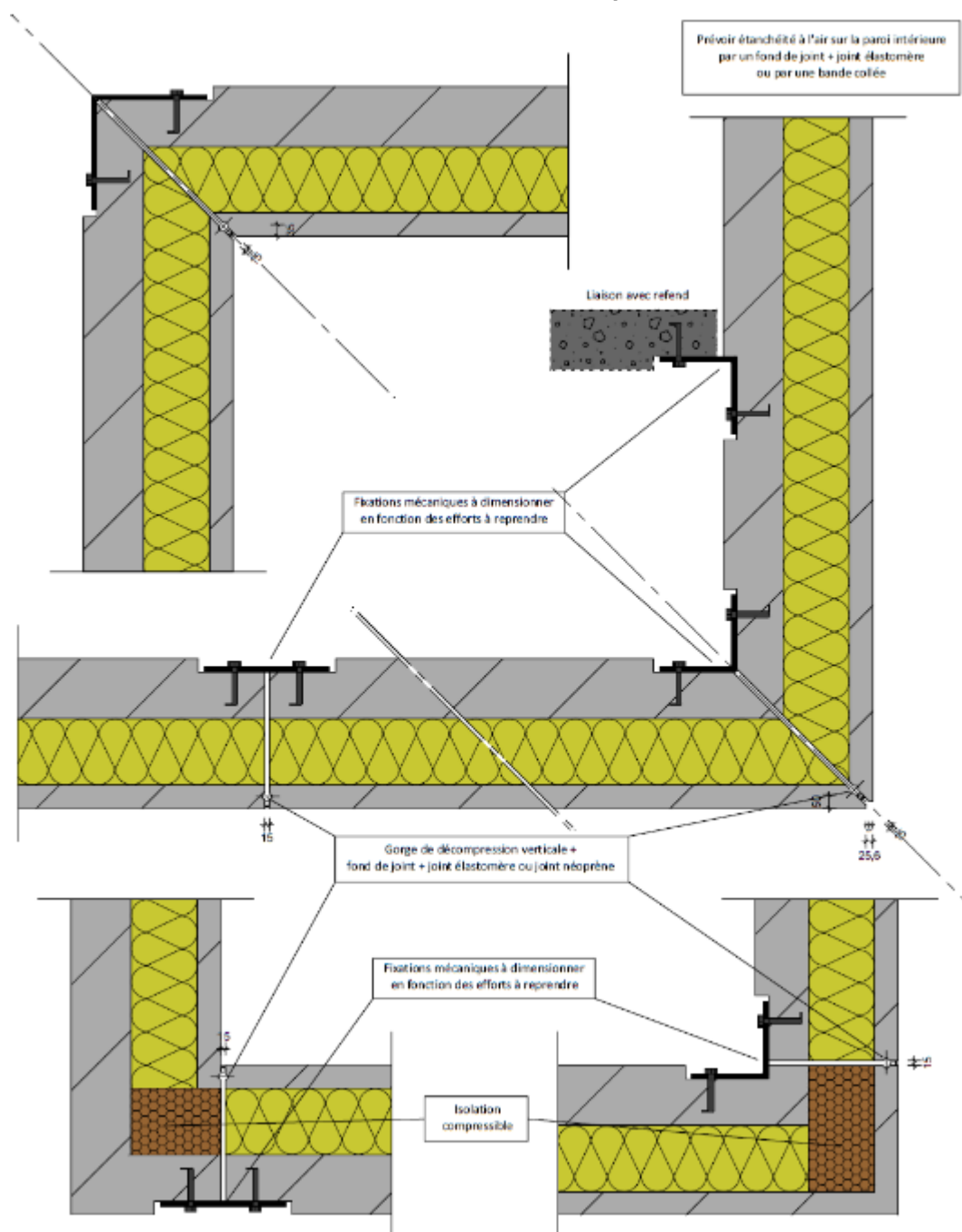


Figure 18 : Panneau porteur – Liaison par verrou non déformable – Etanchéité joint P71 CN

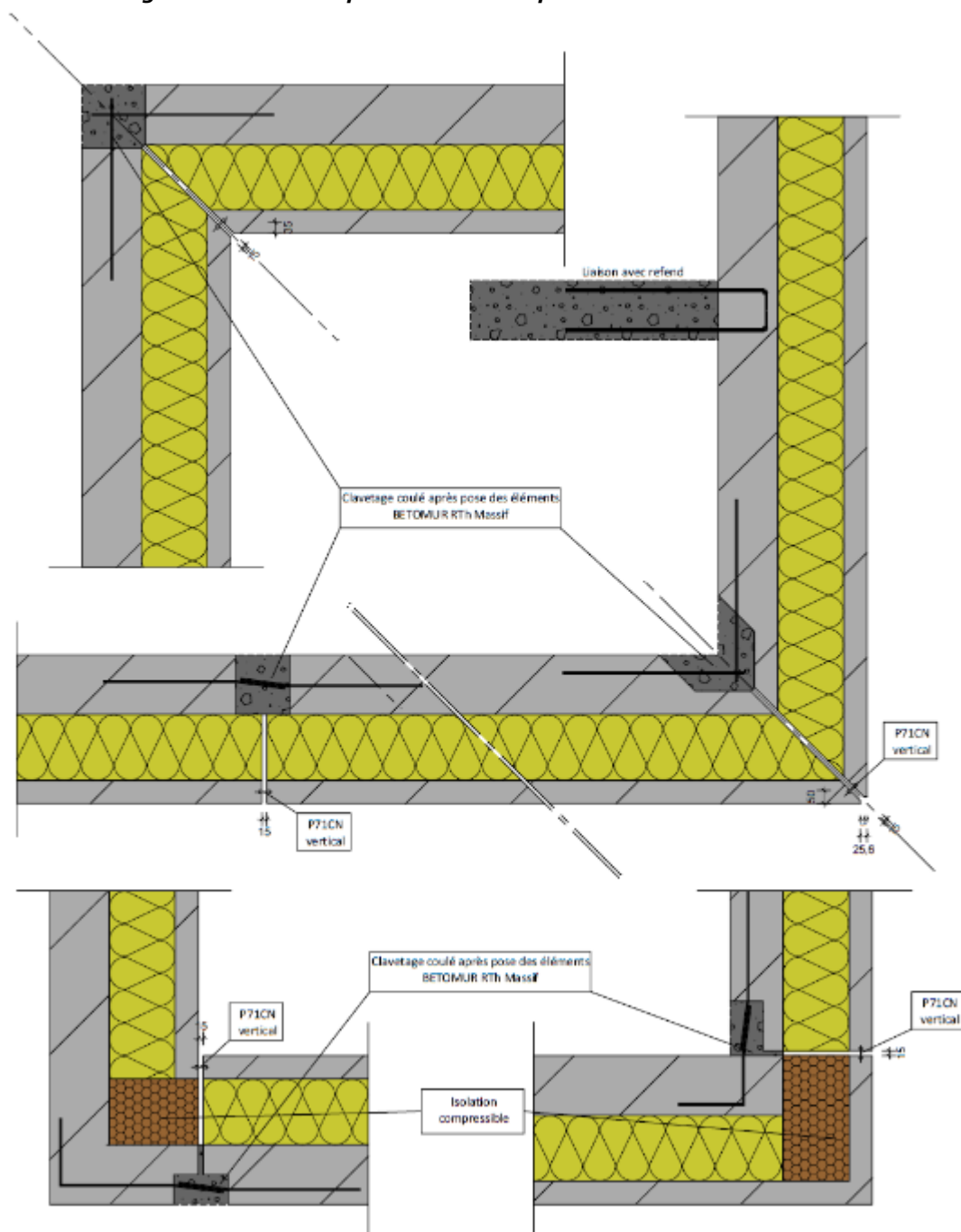


Figure 19 : Panneau porteur – Liaison par verrou non déformable – Etanchéité joint élastomère ou néoprène

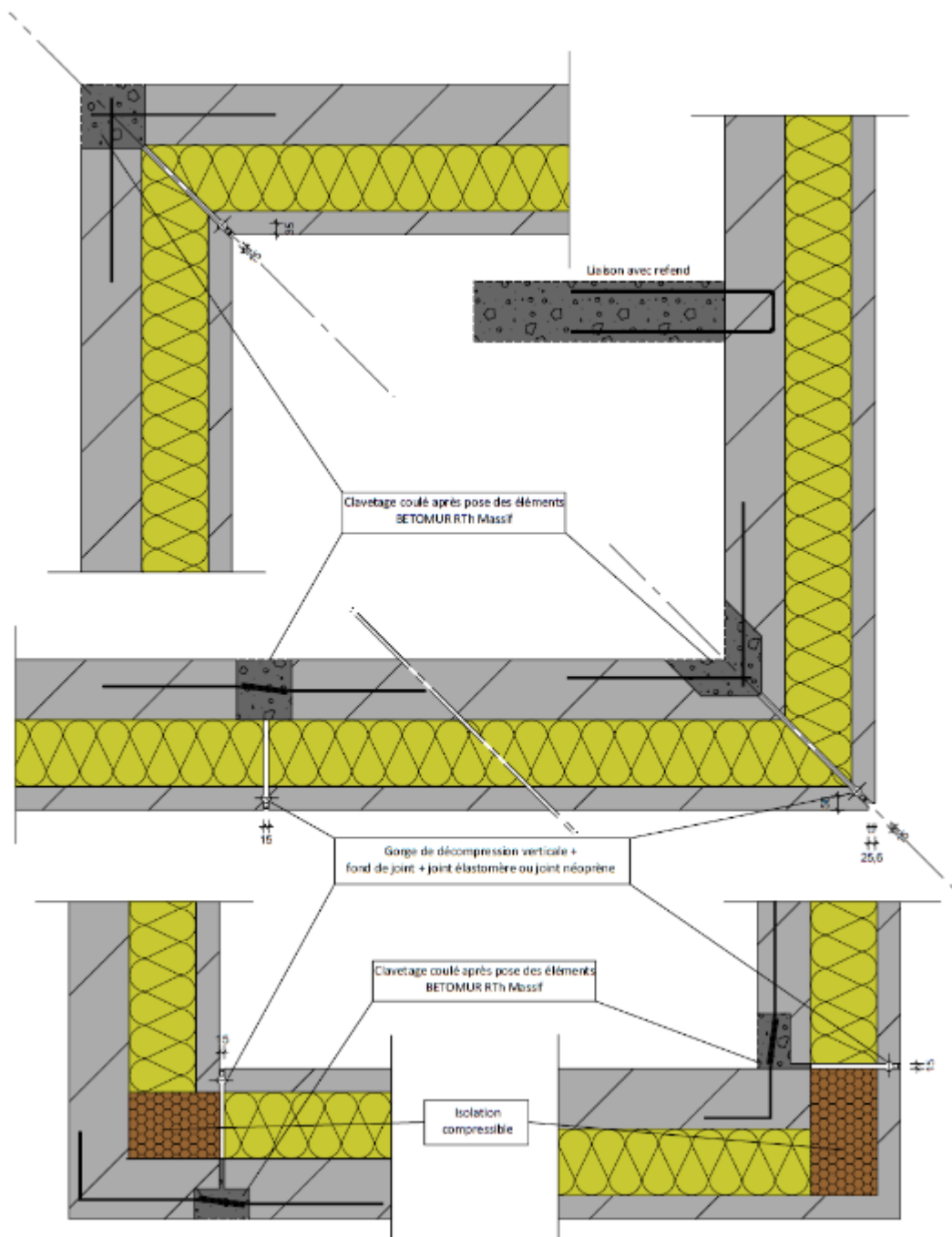


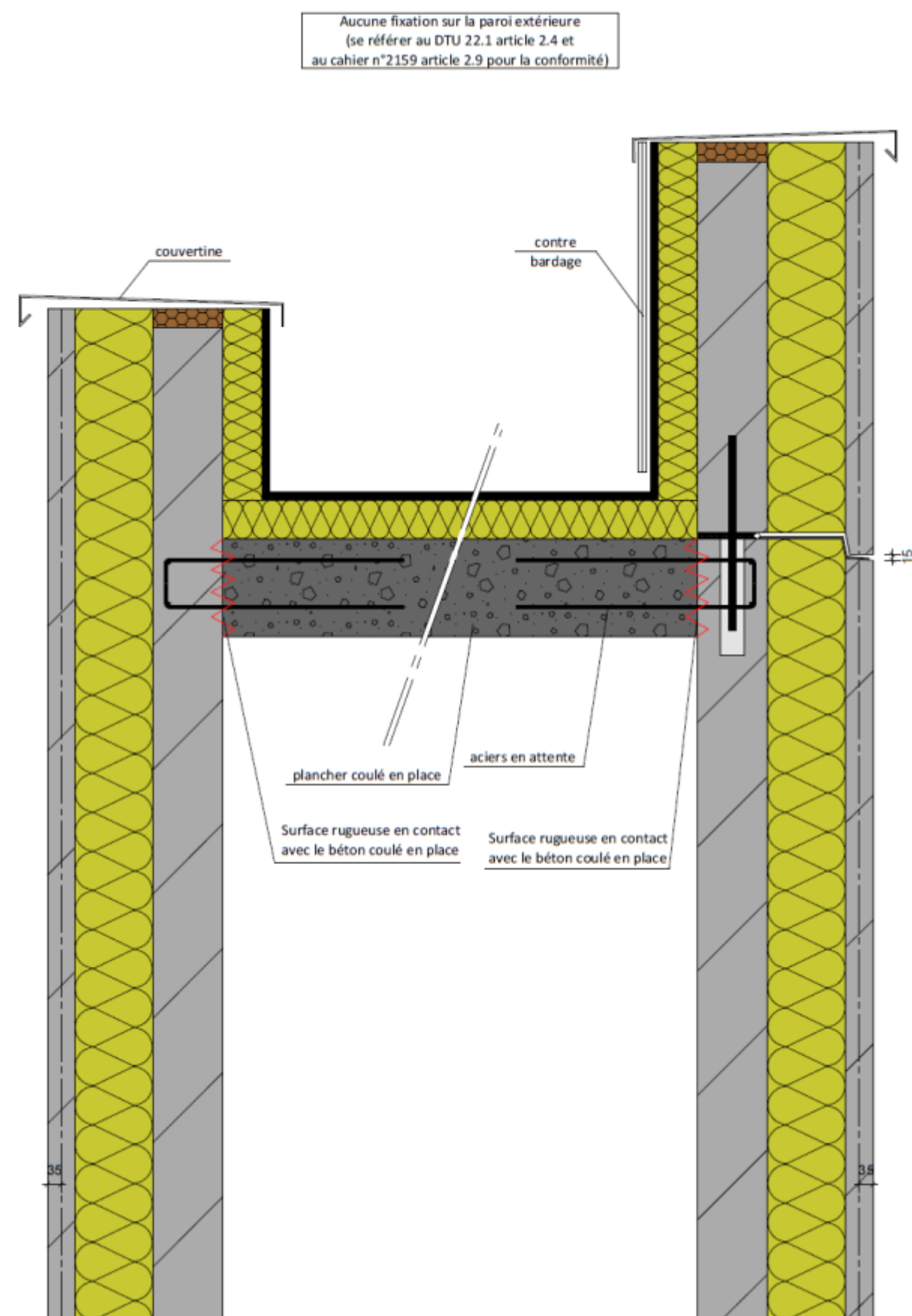
Figure 20 : Panneau porteur – Détail sur acrotère

Figure 21 : panneau non porteur – exemple de fixation – hors zone sismique- hors situation d'incendie

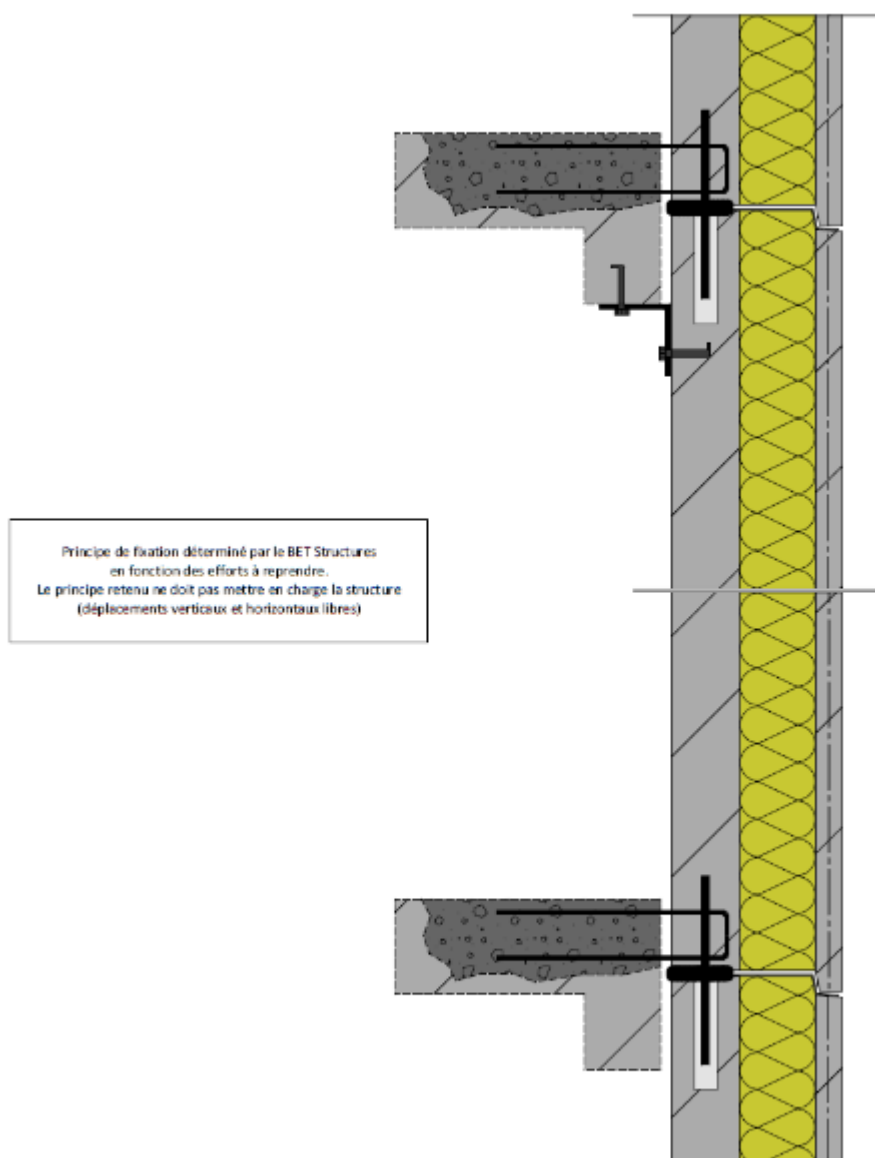


Figure 22 : Panneau non porteur – exemple de fixation - - hors situation d'incendie

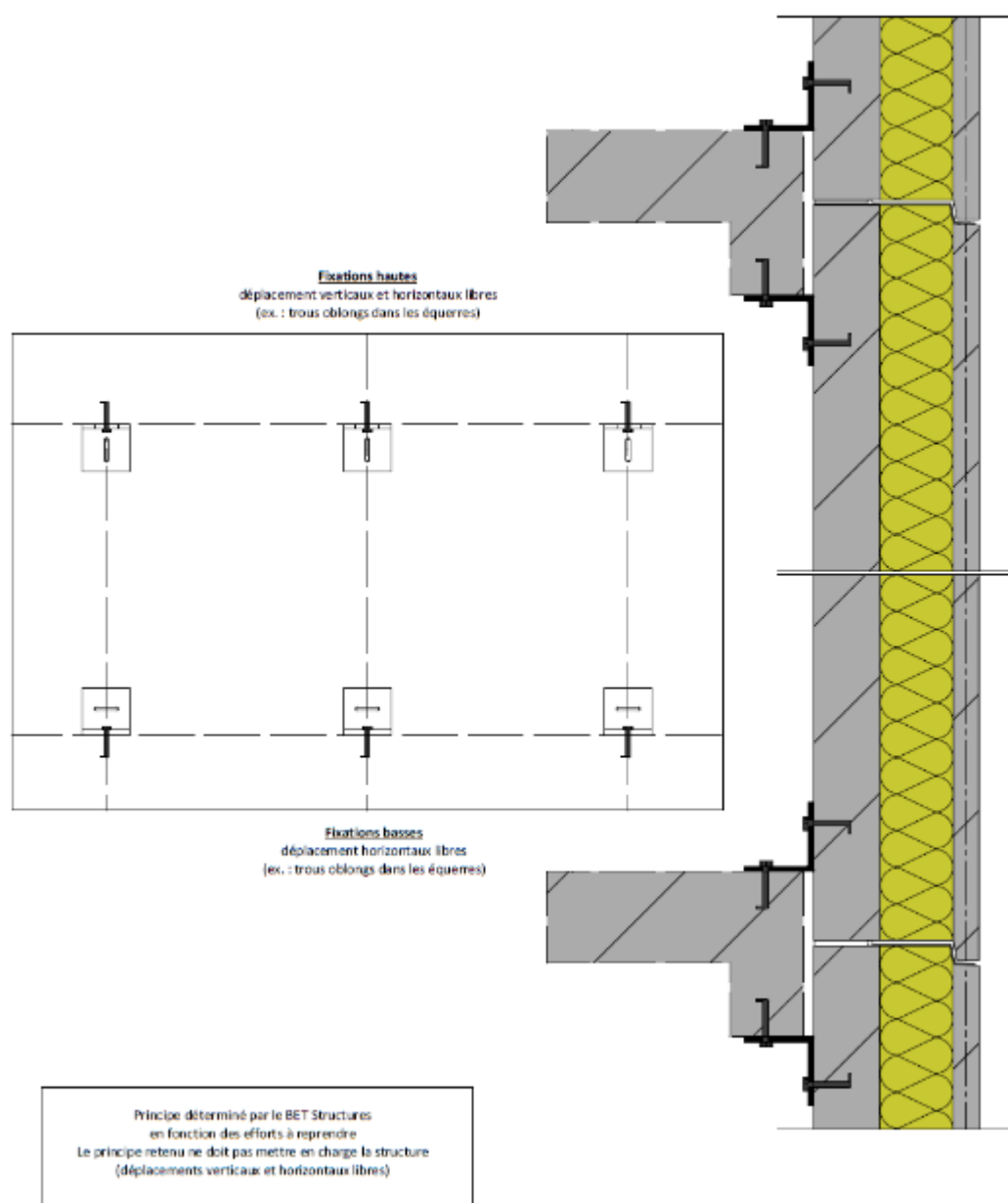


Figure 23 : Panneau porteur et non porteur – principe d'étanchéité sur joint horizontal entre panneaux

