

Sur le procédé

Systeme bardage SEAL

Famille de produit/Procédé : Bardage rapporté en pierre naturelle

Titulaire(s) : **Société STONE EVOLUTION**

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° 2.2 - Produits et procédés de bardage rapporté, vêtage et vêtire

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 2.2/19-1804_V1. Cette 1 ^{ère} révision intègre l'ajout du parement en céramique.	Cédric SCHNEIDER	FAYARD Stéphane

Descripteur :

Procédé de bardage rapporté constitué d'un panneau avec parement de pierre naturelle mince, ou céramique de chez MARAZZI, associé à un panneau sandwich à âme en nid d'abeille, muni de pattes de fixation boulonnées sur des inserts disposés en face arrière des plaques, et venant s'emboîter sur un réseau horizontal de rails en aluminium, fixés eux-mêmes sur une ossature métallique verticale solidarisée au gros œuvre.

Une lame d'air ventilée est toujours aménagée à l'arrière de la peau de bardage.

Une isolation thermique est généralement interposée, entre la paroi support et l'arrière de la peau de bardage.

- Les ouvrages visés sont décrits au §1.1.2.
- Contribution à l'étanchéité cf. § 1.2.1.8
- L'exposition au vent correspondant à une pression ou une dépression admissible sous vent normal selon les NV 65 modifiées est décrite en fin de dossier (tableaux 2 et 3).
- Le procédé de bardage rapporté peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments décrits au §1.2.1.4.
- Les principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication sont décrits au § 2.8.

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.	Fabrication et contrôles (cf. § 2.8).....	7
1.2.4.	Impacts environnementaux.....	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	7
2.	Dossier Technique.....	8
2.1.	Mode de commercialisation.....	8
2.1.1.	Identification.....	8
2.1.2.	Distribution.....	8
2.2.	Assistance technique.....	8
2.3.	Description.....	9
2.3.1.	Eléments de bardage.....	9
2.3.2.	Pierre.....	9
2.3.3.	Céramique.....	9
2.3.4.	Résine.....	9
2.3.5.	Sandwich Nid d'abeille.....	9
2.3.6.	Inserts.....	10
2.3.7.	Pattes de fixation.....	10
2.3.8.	Cales polyamide.....	10
2.3.9.	Rails horizontaux support.....	10
2.3.10.	Ossature métallique.....	10
2.3.11.	Calfeutrement.....	10
2.3.12.	Fixations.....	11
2.3.13.	Isolant.....	11
2.4.	Dispositions de conception.....	11
2.4.1.	Dimensionnement.....	11
2.4.2.	Fixations sur béton et maçonnerie.....	11
2.4.3.	Ossature métallique.....	11
2.5.	Dispositions de mise en œuvre.....	11
2.5.1.	Principes généraux de pose.....	11
2.5.2.	Pose de l'isolant thermique.....	12
2.5.3.	Pose de l'ossature métallique.....	12
2.5.4.	Opération de pose.....	12
2.5.5.	Mise en place des ossatures.....	12
2.5.6.	Mise en place des rails horizontaux support.....	12
2.5.7.	Pose des panneaux.....	12
2.5.8.	Compartimentage de la lame d'air.....	12
2.5.9.	Ventilation de la lame d'air.....	13
2.5.10.	Pose en bardage incliné ou en habillage de sous-face (cf. fig. 12).....	13
2.5.11.	Pose directe au support.....	13
2.5.12.	Autocontrôle de pose.....	13
2.5.13.	Points singuliers.....	13

2.6.	Entretien et remplacement	13
2.6.1.	Entretien	13
2.6.2.	Remplacement d'un panneau	13
2.6.3.	Ancrage d'échafaudage	13
2.7.	Traitement en fin de vie	14
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	14
2.8.1.	Fabrication.....	14
2.8.2.	Contrôles de fabrication	15
2.9.	Mention des justificatifs	15
2.9.1.	Résultats expérimentaux	15
2.9.2.	Références chantiers	15
	Tableaux du Dossier Technique.....	16
	Schémas du Dossier Technique.....	17
	Annexe A.....	31
	Pose du procédé de bardage rapporté SEAL de Stone Evolution sur Ossature Métallique en zones sismiques	31
	A1 Domaine d'emploi.....	31
	A2 Assistance technique.....	31
	A3 Prescriptions.....	31
	A3.1 Support.....	31
	A3.2 Chevilles de fixation au support béton.....	31
	A3.3 Fixation des montants au support béton par pattes-équerres	31
	A3.4 Ossature métallique.....	32
	A3.5 Profils horizontaux.....	32
	A3.6 Éléments de bardage	32
	Tableaux de l'Annexe A.....	33
	Figures de l'Annexe A	34
	Annexe B.....	38
	Pose du procédé de bardage rapporté SEAL avec parement en céramique.....	38
	de Stone Evolution sur Ossature Métallique en zones sismiques	38
	B1 Domaine d'emploi.....	38
	B2 Assistance technique	38
	B3 Prescriptions.....	38
	Tableaux de l'Annexe B.....	40
	Parement Céramique 6mm	40
	Parement Céramique 12mm	41
	Figures de l'Annexe B	42

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné, le 28 mars 2023, 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

L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Ce procédé est utilisable sur parois planes et verticales, neuves ou préexistantes, en maçonnerie d'éléments enduits (conforme au NF DTU 20.1) ou en béton (conforme au NF DTU 23.1), situées en étage et rez-de-chaussée de classe d'exposition Q4 en parois difficilement remplaçable.

- Mise en œuvre possible aussi en habillage de sous-face de supports plans et horizontaux en béton, neufs ou déjà en service, inaccessibles (à plus de 3 m du sol), et sans aire de jeux à proximité, et selon les dispositions décrites dans le § 2.4.10 du Dossier Technique.
- Les panneaux peuvent être mis en œuvre en linteaux de baie.
- Exposition au vent correspondant à des pressions et dépressions sous vent normal (selon les règles NV65 modifiées) est inférieure ou égale à 2 000 Pa, pour une distance de 800 x 800 mm entre inserts avec une garde au bord de 150 mm minimum et 250 mm maximum.
- Le procédé de bardage rapporté SEAL peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments définis au § 1.2.1.4 du Dossier Technique selon les dispositions particulières décrites au § 2.10 Annexe A.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Le bardage rapporté ne participe pas aux fonctions de transmission des charges, de contreventement et de résistance aux chocs de sécurité. Elles incombent à l'ouvrage qui le supporte.

La stabilité du bardage rapporté sur cet ouvrage est convenablement assurée dans le domaine d'emploi proposé.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Le respect de la Réglementation incendie en vigueur est à vérifier au cas par cas selon le bâtiment visé.

Les vérifications à effectuer (notamment quant à la règle dite du "C + D", y compris pour les bâtiments en service) doivent prendre en compte les caractéristiques suivantes :

- La réaction au feu du procédé : B-s1,d0 selon les rapports du LNE n°P219206-DEC/3 et n°P219196-DEC/4 cités au § 2.9.1
- La masse combustible du parement extérieur : 21.99 MJ/m².

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée.

1.2.1.4. Pose en zones sismiques

Le procédé de bardage rapporté SEAL peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments suivant les tableaux ci-dessous (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs) selon les dispositions particulières décrites dans les Annexes A et B :

Pour des hauteurs d'ouvrage ≤ 3,5 m, la pose du bardage rapporté en zones sismiques du procédé de bardage rapporté SEAL est autorisée sans disposition particulière, quelles que soient la catégorie d'importance du bâtiment et la zone de sismicité (cf. Guide ENS).

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	✖	✖	✖	✖
2	✖	✖	X	
3	✖	X ^①	X	
4	✖	X ^①	X	
✖	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté.			
X	Pose autorisée sur parois planes et verticales en béton selon les dispositions décrites dans l'Annexe A.			
①	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions telles que définies au chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.			
	Pose non autorisée			

Tableau 1a – Pose du procédé SEAL en zones sismiques en bardage rapporté sur béton

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	✖	✖	✖	✖
2	✖	✖		
3	✖	①		
4	✖	①		
✖	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté			
①	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions telles que définies au chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.			
	Pose non autorisée			

Tableau 1b - Pose du procédé SEAL en zones sismiques en pose inclinée et sous-face

1.2.1.5. Performances aux chocs

Les performances aux chocs extérieurs du procédé SEAL correspondent, selon la norme NF P08-302 et les Cahiers du CSTB 3546-V2 et 3534, à la classe d'exposition Q4 en paroi difficilement remplaçable.

1.2.1.6. Isolation thermique

Le respect de la Règlementation Thermique en vigueur est à vérifier au cas par cas selon le bâtiment visé.

1.2.1.7. Éléments de calcul thermique

Le coefficient de transmission thermique surfacique U_p d'une paroi intégrant un système d'isolation par l'extérieur à base de bardage ventilé se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

Avec :

U_c est le coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, en $W/(m^2.K)$.

ψ_i est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré i , en $W/(m.K)$, (ossatures).

E_i est l'entraxe du pont thermique linéique i , en m.

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par m^2 de paroi.

χ_j est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré j , en W/K (pattes-équerrés).

Les coefficients ψ et χ doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule Ponts thermiques.

En absence de valeurs calculées numériquement, des valeurs par défaut sont fournies sur le site rt-batiment.fr dans le paragraphe mur du dossier d'application du fascicule parois opaques.

Au droit des points singuliers, il convient de tenir compte, en outre, des déperditions par les profilés d'habillage.

1.2.1.8. Etanchéité

A l'air : elle incombe à la paroi support,

A l'eau : elle est assurée de façon satisfaisante en partie courante par la faible largeur des joints ouverts entre panneaux adjacents, compte tenu de la verticalité de l'ouvrage et de la présence de la lame d'air ; et en points singuliers, par les profilés d'habillage.

Sur les supports béton ou maçonnés : le système permet de réaliser des murs de type XIII au sens du document « Conditions Générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique par l'extérieur faisant l'objet d'un Avis Technique » (Cahier du CSTB 1833 de mars 1983), les parois supports devant satisfaire aux prescriptions des chapitres 2 et 4 de ce document, et être étanches à l'air.

1.2.2. Durabilité

La durabilité du gros-œuvre est améliorée par la mise en œuvre de ce bardage rapporté, notamment en cas d'isolation thermique associée.

1.2.3. Fabrication et contrôles (cf. § 2.8)

Cet avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique.

1.2.4. Impacts environnementaux¹

1.2.4.1. Données environnementales

Le procédé SEAL 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.

1.2.4.2. 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.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La pierre est un matériau naturel, elle peut donc présenter des variations de couleur, de veinage, de texture.

Un lien doit être assuré entre l'usine de fabrication et l'entreprise de pose, pour l'utilisation de gabarits identiques servant au positionnement des inserts dans le panneau et à l'implantation des lisses sur chantier.

Dans le cas de joints ouverts, un boulon M6 en guise de goupille doit être utilisée à la verticale en sommet pour chaque panneau, vis-à-vis de la reptation, et une vis en sous-face pour chaque panneau.

Le respect du classement de réaction au feu induit des dispositions techniques et architecturales à respecter, pour satisfaire la Réglementation incendie en vigueur, qui ne sont pas illustrées dans les détails du Dossier Technique. Le procédé ne dispose pas d'éléments permettant de préciser les dispositions décrites dans l'IT249 de 2010 dans les bâtiments pour lesquels cette instruction technique est appliquée.

Cet Avis Technique est assujéti à une certification de produits  portant sur les éléments SEAL.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis

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


Titulaire(s) : Société STONE EVOLUTION
 4 Avenue Blaise Pascal
 FR-91420 Morangis
 Tél. : +33 1 64 48 61 86
 E-mail : production@stone-evolution.com
 Internet : www.stone-evolution.com

Distributeur(s) : Société STONE EVOLUTION
 4 Avenue Blaise Pascal
 FR-91420 Morangis
 Tél. : +33 1 64 48 61 86
 E-mail : production@stone-evolution.com
 Internet : www.stone-evolution.com


2.1.1. Identification


Les éléments SEAL bénéficiant d'un certificat  sont identifiables par un marquage conforme aux « Exigences particulières de la Certification  des bardages rapportés, vêtements et végétaux, et des habillages de sous-toiture » et comprenant notamment :

Sur le produit

- Le logo ,
- Le numéro du certificat,
- Le repère d'identification du lot de la fabrication

Sur les palettes

- Le logo ,
- Le numéro du certificat,
- Le nom du fabricant,
- L'appellation commerciale du produit,
- Le numéro de l'Avis Technique.

Cet Avis Technique est assujéti à une certification de produits  portant sur les éléments SEAL.

2.1.2. Distribution

La Société STONE EVOLUTION ne pose pas elle-même ; elle distribue les panneaux SEAL munis d'inserts scellés, les pattes emboîtables au dos des panneaux et les rails support du système SEAL à des entreprises de pose.

A la demande du poseur, la Société Stone Evolution peut aussi fournir les vis auto-perceuses, les montants verticaux, les pattes-équerres, le joint mastic, son fond de joint, et le cas échéant un kit de réparation et un kit de nettoyage et d'entretien. Dans le cas des façades prévues avec joints ouverts, le mastic et le fond de joint ne sont pas fournis.

Tous les autres éléments (équerres de fixation, isolant, chevilles...) sont directement approvisionnés par le poseur, en conformité avec les préconisations du présent Dossier Technique.

2.2. Assistance technique

La mise en œuvre du système et panneaux SEAL est réalisée par des entreprises spécialisées dans la pose des revêtements de façade en pierre ou revêtements de bardages rapportés, dont le personnel a reçu une formation sur la mise en œuvre des inserts du système SEAL, dispensée par la Société Stone Evolution.

Cette formation est validée par une attestation nominative.

La société Stone Evolution est consultée systématiquement par l'entreprise titulaire du lot pour le choix de la pierre.

Stone Evolution dispose des services spécialisés apportant une assistance technique durant la phase de l'étude du projet (dimensionnement, choix de la pierre, calepinage) comme au stade du démarrage du chantier.

2.3. Description

Le procédé SEAL est un système complet de bardage comprenant :

2.3.1. Éléments de bardage

Les panneaux SEAL de chez Stone Evolution sont constitués d'un parement extérieur en pierre naturelle mince d'épaisseur 5 mm (± 1 mm), ou céramique de chez MARAZZI d'épaisseur 6 mm, 10 mm ou 12 mm, collé par l'intermédiaire d'une résine époxy, ép. env. 1 mm, sur une âme en nid d'abeille aluminium comportant de part et d'autre une peau de fibres de verre pré-imprégnée de résine époxy.

Caractéristiques dimensionnelles

- Epaisseur totale :
 - avec parement pierre : 25 mm (± 1 mm),
 - avec parement Céramique : 26, 30 ou 32 mm (± 1 mm).
- Tolérances dimensionnelles des éléments standards de fabrication :
 - Longueur maximale : 2000 mm à 3500 mm (± 10 mm) selon les dimensions des tranches de pierre,
 - argeur maximale : 1000 mm à 1750 mm (± 10 mm) selon les dimensions des tranches de pierre.
- Masse surfacique moyenne :
 - avec parement pierre 15 à 16 kg/m².
 - avec parement céramique 16 kg/m² en 6mm, 25 kg/m² en 10mm, 31 kg/m² en 12mm.

2.3.2. Pierre

- Les pierres naturelles sont conformes aux normes spécifiées dans la norme NF B 10-601 et applicables aux pierres minces naturelles extérieures collées. Les essais de caractérisation doivent être communiqués à l'entreprise de pose.
- Pierres naturelles (pierres calcaires sédimentaires, marbres métamorphiques, granits, travertins, schistes), de caractéristiques satisfaisant aux prescriptions particulières ci-après :
 - Porosité $\leq 50\%$
 - Matériau sciable en tranches de 2 cm d'épaisseur
 - Gélivité conforme au tableau 2 de la norme NF B 10 601

Toutes les finitions traditionnelles de la pierre peuvent être réalisées, par exemple : brut de sciage, adouci, poli, brossé, bouchardé, sablé, lavé, ciselé, layé, givré, gradiné, sclypé.

2.3.3. Céramique

Les éléments de parement en céramique (grès-cérame) de chez MARAZZI sont des plaques de grandes dimensions et de faible épaisseurs (6, 10 ou 12mm) teintées dans la masse avec décorations et émailage en surface ; ces produits à faible absorption d'eau sont conformes à la norme NF EN 14411 – groupe B1a ($\leq 0,5\%$).

Produits issus d'un processus de compactage par moulage sous haute pression de matières premières d'origine naturelle – des argiles, des roches métamorphiques et/ou granitiques, du quartz, de la silice, du kaolin, des sables et des feldspaths avec des pigments inorganiques - suivi d'un frittage et une cuisson au four sous température contrôlée à 1200°C.

Fabricant : Société MARAZZI Group SRL Viale Regina Pacis 39 - 41049 Sassuolo (MO) – Italie

Toutes les finitions traditionnelles des produits céramique peuvent être appliquées, comme par exemple : mat, structuré, satiné, semi-poli, poli ...).

2.3.4. Résine

Les pierres ou céramiques sont collées sur le panneau sandwich nid d'abeille avec une résine époxy bi-composante de référence PO-01.

2.3.5. Sandwich Nid d'abeille

- Le panneau sandwich nid d'abeille, référence NG9-234, se compose d'une peau en fibre de verre, d'une âme en aluminium et d'une peau en fibre de verre.
- L'âme en nid d'abeille (alvéoles hexagonales de 9,52 mm de diamètre) est en alliage d'aluminium AL 3003 H18 conforme à la norme NF A 50-411, recevant un traitement anodique.
- Masse volumique : 39-40 kg/m³
- Poids surfacique : 2,5-3 kg/m²
- Épaisseur : 20 mm $\pm 0,02$ mm
- Alvéoles : $\varnothing 9 - 9,5$ mm
- Épaisseur : 50 μm
- Tissus de fibres de verre pré-imprégnés de résine époxy de part et d'autre du nid d'abeille.

2.3.6. Inserts

Au dos des panneaux SEAL des inserts taraudés ou à tige fileté (choix en adéquation avec les détails de fixation et éléments d'ossature), M6, en acier inox 316 L (A4), pour fixation mécanique, sont ancrés au sandwich nid d'abeille à l'aide d'une résine. Les inserts taraudés sont fixés à l'aide de boulons M6 en inox de longueur 16 mm et les inserts à tige fileté à l'aide d'écrous indesserrables M6 en inox.

Dans le cas des fixations par boulons dans inserts taraudés, l'anti-desserrage est assuré par l'adjonction soit d'une rondelle crantée d'anti-desserrage, soit l'application d'une goutte de colle forte type Loctite entre le boulon et la patte (cf. fig. 1).

Des trous fraisés Ø 24-26 mm sont réalisés en face arrière dans le sandwich nid d'abeille. Les distances à respecter pour le positionnement des trous fraisés par rapport aux bords du panneau sont de 150 mm minimum et 250 mm maximum. Chacun de ces trous est rempli d'une résine époxy bi-composante de type rapide, référence IE-01 et reçoit un insert.

La polymérisation est réalisée à température ambiante et sous contrôle qualité de Stone Evolution dans ses atelièrs.

Le positionnement des inserts est déterminé par des fiches de production en fonction du plan de calepinage du projet (cf. § 2.4) selon un entraxe maximum de 800 mm horizontalement et verticalement.

2.3.7. Pattes de fixation

Le système de fixation des panneaux SEAL est constitué de pattes emboîtables, boulonnées au dos de chaque panneau, qui s'accrochent par simple emboîtement sur des rails horizontaux support.

Des pattes emboîtables, préperçées, de type NIDA de chez IFS, section en forme de G, en alliage d'aluminium 6060 T6 selon la norme NF EN 755 anodisés.

Ces pattes sont fixées soit par inserts taraudés ou par inserts à tige fileté positionnés au dos du panneau, avec un jeu de ± 5 mm par rapport à l'entraxe nominal de l'insert.

Les pattes supérieures de chaque panneau supportent les effets du poids et du vent.

Les pattes intermédiaires et inférieures ne reprennent que les effets du vent.

2.3.8. Cales polyamide

Le réglage lors des opérations de pose se fait par l'intermédiaire de cales positionnées entre pattes supérieures et leur rail support, ou en utilisant des pattes préperçées à cet effet, munies de vis de réglage. Un boulon inox M6 servant de goupille reliant une patte en tête de panneau à son rail support permet d'assurer l'anti-reptation du panneau.

Ces cales en polyamide Pa 6.6 (par exemple Illbruck, imputrescibles) sont positionnées en usine entre les pattes emboîtables et le panneau afin de maintenir la dimension de 49 mm \pm 1,5 mm entre le support et le nu extérieur des panneaux (cette dimension correspond à l'épaisseur globale panneau SEAL + patte emboîtable) (cf. fig. 5).

2.3.9. Rails horizontaux support

Rails emboîtables fixés au support, section en forme de G, correspondant aux pattes emboîtables. Profilés de type NIDAFIX de chez IFS en alliage d'aluminium 6060 T6 selon la norme NF EN 755 anodisés ou thermolaqués selon la NF P34-351, constituant des lisses horizontales fixées au support.

Ces rails sont fixés avec un entraxe maximum de 800 mm sur l'ossature verticale par l'intermédiaire de vis auto-perceuses inox Ø 5,5 mm, type Drillfix 5,5 x 25 mm ou autres vis de géométrie et performances mécaniques supérieures ou égales, résistance caractéristique d'arrachement (P_K) 330 daN, selon norme NF P30-310, pour un support aluminium d'épaisseur 2,5 mm.

Entre les rails mis en œuvre sur le support et se succédant à la même altimétrie, un jeu de dilatation horizontal de 20 à 30 mm est conservé. La longueur maximale des rails est de 3m.

2.3.10. Ossature métallique

Les composants (ossature et pattes-équerrés) de l'ossature sont conformes aux prescriptions du *Cahier du CSTB 3194_V3*.

Les montants sont des profilés section en L, en T ou carrée offrant une largeur d'appui pour les rails emboîtables de 35 mm minimum en partie courante et 70 mm + le jeu (8 à 20 mm) à la jonction de 2 rails.

Elle est considérée en atmosphère extérieure protégée et ventilée.

Ossature acier : de conception bridée.

L'ossature et les pattes-équerrés acier sont de nuance S 220 GD minimum.

Ossature aluminium : de conception librement dilatable

L'ossature et les pattes-équerrés aluminium sont de série 3000 minimum et présentant une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ supérieure à 110 MPa.

2.3.11. Calfeutrement

Dans le cas d'une mise en œuvre par le système des pattes emboîtables sur rails, la largeur nominale des joints entre panneaux SEAL est de 6 mm (± 1 mm). Les joints peuvent rester ouverts ou être garnis d'un cordon de mastic neutre de type élastomère de première ou deuxième catégorie ou de type plastique de première catégorie sur fond de joint en mousse polyuréthane à cellules ouvertes.

Le label SNJF est exigé pour le mastic, et sa non tâchabilité ainsi que sa compatibilité avec la pierre doivent être vérifiées (par le poseur, par type de pierre, lorsque le mastic n'est pas fourni par Stone Evolution) selon les dispositions fixées par la norme ISO 16938.

Les dispositions pour le traitement des joints entre panneaux SEAL sont celles décrites dans le présent Dossier Technique.

2.3.12. Fixations

Les différents points de fixation prévus dans la mise en œuvre des panneaux SEAL suivant les dispositions du présent Document Technique sont :

- Fixation des pattes emboîtables au dos des panneaux SEAL par l'intermédiaire de boulons M6 inox dans inserts inox.
- Fixation des pattes sur les rails support par emboîtement ; une vis autoperceuse inox par exemple DrillFix 5,5 x 25 mm est ponctuellement employée pour relier une patte à son rail correspondant afin de brider le panneau, ainsi que les panneaux adjacents par effet de proximité et géométrie du calepinage.
- Fixation des rails emboîtables support sur les montants par l'intermédiaire de vis autoperceuse inox par exemple DrillFix 5,5 x 25 mm.
- Fixation des montants sur les pattes-équerres d'appuis sur les ouvrages support par l'intermédiaire de vis autoperceuse inox type DrillFix 5,5 x 25 mm.
- Fixation des pattes-équerres contre les ouvrages support par l'intermédiaire de chevilles adaptées au support bénéficiant d'un ETE selon les ETAG 001, 020 ou 029 (ou DEE correspondant).

2.3.13. Isolant

Isolant, certifié ACERMI, conforme aux prescriptions *Cahier du CSTB 3194_V3*.

2.4. Dispositions de conception

2.4.1. Dimensionnement

La dépression de vent du site est à comparer avec les performances au vent admissible au vent normal selon les règles NV65 modifiées indiquées au § 1.1.

L'ossature métallique doit faire l'objet d'une note de calcul pour chaque chantier, selon le *Cahier du CSTB 3194_V3*.

Concernant la tenue au vent, les valeurs admissibles sous vent normal annoncées vis-à-vis des effets de la dépression tiennent compte d'un coefficient de sécurité pris égal à 5 sur la valeur de ruine, laquelle s'est traduite en essai par l'arrachement d'insert.

Un calepinage préalable doit être prévu.

Le pontage des jonctions entre montants successifs non éclissés de manière rigide, est exclu.

2.4.2. Fixations sur béton et maçonnerie

Les fixations à la structure porteuse doivent être choisies compte tenu des conditions d'exposition au vent et de leur valeur de résistance de calcul à l'arrachement dans le support considéré.

Dans le cas de supports en béton plein de granulats courants ou maçonneries, la résistance à l'état limite ultime des chevilles sera calculée selon l'ETE selon les ETAG 001, 020 ou 029 (ou DEE correspondant).

Dans le cas de supports dont les caractéristiques sont inconnues, la résistance à l'état limite ultime des chevilles sera vérifiée par une reconnaissance préalable, conformément au document « Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique de bardage rapporté » (*Cahier du CSTB 1661-V2*).

2.4.3. Ossature métallique

La mise en œuvre de l'ossature aluminium de conception librement dilatable ou acier de conception bridée, est conforme aux prescriptions du document « Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique » (*Cahier du CSTB 3194_V3*), renforcées par celles ci-après :

- Acier : nuance S 220 GD minimum
- Aluminium : série 3000 minimum et présentant une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ supérieure à 110 MPa.
- La résistance admissible des pattes-équerres aux charges verticales à prendre en compte doit être celle correspondant à une déformation sous charge égale à 1 mm.
- Calculs aux contraintes admissibles.
- L'entraxe des montants est au maximum de 800 mm.
- L'ossature devra faire l'objet, pour chaque chantier, d'une note de calcul établie par l'entreprise de pose assistée, si nécessaire, par le titulaire la Société STONE EVOLUTION.

2.5. Dispositions de mise en œuvre

2.5.1. Principes généraux de pose

Ce bardage rapporté se pose sans difficulté particulière moyennant une reconnaissance préalable du support, un calepinage des éléments et profilés complémentaires et le respect des conditions de pose.

La Société STONE EVOLUTION apporte, sur demande de l'entreprise de pose, son assistance technique.

2.5.2. Pose de l'isolant thermique

L'isolant, certifié ACERMI, est mis en œuvre conformément aux prescriptions du document : « Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique » (*Cahier du CSTB 3194_V3*).

2.5.3. Pose de l'ossature métallique

La mise en œuvre de l'ossature métallique sera conforme aux prescriptions du *Cahier du CSTB 3194_V3*, renforcées par celle ci-après :

- La coplanéité des montants doit être vérifiée entre montants adjacents avec un écart admissible maximal de 2 mm,
- La résistance admissible de la patte aux charges verticales à prendre en compte doit être celle correspondant à une déformation sous charge égale à 1 mm.
- Calculs aux contraintes admissibles.
- L'entraxe des montants est au maximum de 800 mm.

2.5.4. Opération de pose

Les panneaux SEAL sont posés à l'avancement, du bas vers le haut, sur les ossatures métalliques, en commençant par la pose des rails horizontaux support correspondant aux pattes emboîtables au dos des panneaux, suivie par la pose des panneaux.

2.5.5. Mise en place des ossatures

La pose sur ossature métallique respectera la prescription générale du document « Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique » (*Cahier du CSTB 3194_V3*).

2.5.6. Mise en place des rails horizontaux support

Pour le système SEAL avec les pattes emboîtables sur rails aluminium, les étapes de pose sont les suivantes :

- Fixation des rails horizontaux support sur l'ossature primaire à l'aide de vis traversantes ; vis inox Ø 5,5 mm, 5,5 x 25 par exemple Drillfix de caractéristiques équivalentes ou supérieures (perçement par vissage au Ø de la vis) avec un couple de serrage 5,5 Nm.
- Des gabarits et/ou des piges (*cf. fig. 4bis*) adaptés aux panneaux SEAL et aux récurrences géométriques et dimensionnelles des éléments métalliques sont employés pour faciliter le réglage et positionnements de proche en proche, notamment pour les rails horizontaux. Des cales fourches en polyamide sont éventuellement utilisées pour rattraper les défauts de planéité des supports.
- Les rails horizontaux sont anodisés ou thermolaqués, et leur emboîtement avec les pattes au dos des panneaux s'effectue naturellement ; pour faciliter l'emboîtement et le positionnement horizontal lors des opérations de pose, la pulvérisation de l'eau savonneuse sur les rails peut éventuellement être prise en compte. Le panneau avec ses pattes emboîtables au dos est présenté de face puis glissé vers le bas jusqu'à emboîtement sur les rails horizontaux en regard.

Un dispositif d'anti-reptation (*cf. fig. 5*) est prévu en extrémité de façade (rives supérieure et latérale), à l'aide d'un boulon inox M6 (L=16mm) en guise de goupille, qui est glissé dans le pré-perçement sommital d'une patte emboîtable en tête de panneau, et dans le trou correspondant préalablement percé sur le rail support.

Un espace de ventilation de 20 mm minimum est maintenu entre le complexe panneau SEAL+ pattes/rails et l'isolant.

2.5.7. Pose des panneaux

Les panneaux SEAL sont calepinés en respectant les dispositions des ossatures support et leurs interruptions ; quelle que soit l'ossature primaire, il n'est pas permis à ce qu'un panneau SEAL soit posé sur deux profilés métalliques consécutifs non rabotés.

Le système SEAL implique un calepinage préalable pour la dimension des panneaux, pour le positionnement des inserts sur les panneaux et pour le positionnement des profilés de l'ossature métalliques.

Des cales en polyamide peuvent être positionnées en usine entre les pattes emboîtables et le panneau afin de maintenir la dimension de 49 mm ± 1,5 mm entre le support et le nu extérieur des panneaux (cette dimension correspond à l'épaisseur globale panneau SEAL + patte emboîtable). Cales de montage en polyamide, par exemple Illbruck, imputrescibles.

- Les joints sont de largeur nominale de 6 ± 1 mm,
- Joints pouvant être ouverts, ou bien fermés à l'aide de mastics de calfeutrement élastomères sur fond de joints ; exemples :
 - Silicone Pierre Naturelle Otto-Seal S70 de chez OTTO-CHEMIE
 - Neutral Silicone 794 Glaze & Go de chez DOW CORNING.

2.5.8. Compartimentage de la lame d'air

Un compartimentage de la lame d'air devra être prévu en angle des façades adjacentes ; ce cloisonnement réalisé en matériau durable (tôle d'acier galvanisé au moins Z 275 ou d'aluminium) devra être propre, sur toute la hauteur du bardage, à s'opposer à un appel d'air latéral.

2.5.9. Ventilation de la lame d'air

Une lame d'air est toujours ménagée entre nu externe de la paroi support ou de l'isolant et face arrière du relief d'accroche de 20 mm minimum ainsi que les entrées et sorties d'air conformément au *Cahier du CSTB 3194_V3*.

2.5.10. Pose en bardage incliné ou en habillage de sous-face (cf. fig. 12)

Le système SEAL peut être mis en œuvre sur des plans inclinés (projection vers l'extérieur, de la verticale à la sous-face) ou en sous faces pour constituer des habillages.

L'ossature devra être dimensionnée en tenant compte des dimensions, des charges appliquées (selon les règles NV 65 modifiées) dû aux efforts au vent et au poids propre du panneau avec son ossature secondaire (pattes et rails emboîtables) égal à 18-21 kg/m² (pattes emboîtables et rails emboîtables inclus). Le poids propre est à soustraire des performances au vent indiquées dans § 1.1.

L'ossature du revêtement de sous-face doit être désolidarisée de l'ossature du bardage rapporté en façade.

Les entraxes des ossatures ne doivent pas dépasser 400 mm. Et les pattes-équerrés sont doublés en opposition.

Il est prévu 1 vis de blocage par panneau.

2.5.11. Pose directe au support

La pose directe sur le support est limitée à rez-de-chaussée dans la limite de 3500 mm.

Les montants métalliques étant fixés directement sur le support, les défauts de planéité de ce support (désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses) ne doivent pas être supérieurs à 5 mm sous la règle de 20 cm, et à 10 mm sous la règle de 2 m.

Cette planéité doit être prise en compte dans les Documents Particuliers du Marché (DPM).

Les panneaux SEAL sont adaptés pour une mise en œuvre en pose directe sur des ouvrages supports appropriés.

Des profilés de faible profondeur, 20 mm minimum, section en Oméga, C ou Z par exemple, peuvent constituer des montants primaires supports directement fixés aux ouvrages, sans l'intermédiaire de pattes équerrés.

Suivant les dispositions d'une façade ventilée, cet agencement des ossatures doit permettre une ventilation de l'espace interstitiel par une lame d'air de 20 mm minimum

Dans le but d'une pose dans les règles de l'art, la réception des ouvrages support doit être organisée et conduite au préalable ; ceci permettra d'assurer la faisabilité des opérations de pose avec réglages en X-Y-Z pour d'obtenir l'alignement des panneaux et la planéité et l'aplomb de la façade finie tel que projeté.

La pose directe est possible par calage ou par mise en œuvre de montants étroits types rails-C, rail oméga ou rail-Z.

Les défauts de planéité du support (désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses) ne doivent pas être supérieurs à 5 mm sous la règle de 20 cm, et à 10 mm sous la règle de 2 m. Cette planéité doit être prise en compte dans les Documents Particuliers du Marché (DPM).

2.5.12. Autocontrôle de pose

L'autocontrôle du système SEAL de Stone Evolution lors des opérations de pose concerne les points suivants :

- Contrôle des ouvrages support lors de leur réception,
- Contrôle de l'état des panneaux SEAL à leur réception et déballage en préparation des opérations de pose,
- Contrôle de la géométrie, planéité et aplomb des ossatures suivant le plan de montage et les plans du projet,
- Contrôle de la finition de la façade pour l'alignement, la planéité et l'aplomb entre panneaux SEAL,
- Contrôle de la mise en œuvre et de la parfaite finition des joints.

2.5.13. Points singuliers

Les figures 5 à 11 constituent un catalogue d'exemples de solution pour le traitement des points singuliers.

2.6. Entretien et remplacement

2.6.1. Entretien

Le seul entretien prévu pour les panneaux SEAL est un nettoyage éventuel à la vapeur ou à moyenne pression lorsque les salissures sont d'ordre atmosphérique.

Une inspection des joints en mastic est à prévoir tous les 5 ans, surtout pour les joints horizontaux.

2.6.2. Remplacement d'un panneau

Les panneaux sont démontables isolément et peuvent donc être remplacés (cf. fig. 13).

Dans le cas de façade à joints fermés, il sera nécessaire de découper, selon la hauteur des joints, 2 ou 3 joints au-dessus du panneau à démonter, puis pousser 1 à 2 panneaux supérieur(s), pour dégager l'espace nécessaire au déboîtement du panneau SEAL concerné.

2.6.3. Ancrage d'échafaudage

Idem § 2.6.2 Remplacement d'un panneau ci-dessus.


2.7. Traitement en fin de vie

Pas d'information apportée.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

La fabrication des éléments SEAL fait l'objet d'un autocontrôle systématique régulièrement surveillé par le CSTB, permettant d'assurer une constance convenable de la qualité.

Le fabricant se prévalant du présent Avis Technique doit être en mesure de produire un certificat  délivré par le CSTB, attestant que le produit est conforme à des caractéristiques décrites dans le référentiel de certification après évaluation selon les modalités de contrôle définies dans ce référentiel.

2.8.1.1. Fabrication des panneaux

Les tranches de pierre sont expédiées à l'usine Stone Evolution à Morangis (France) où les panneaux SEAL sont fabriqués.

La fabrication fait l'objet d'une procédure de contrôle Qualité. Les divers éléments composant les panneaux SEAL sont identifiés à réception, sélectionnés et contrôlés conformément au manuel de contrôle Qualité.

Les pierres sont découpées à dimension, équerrées, éventuellement calibrées, et si nécessaire préparées avec des surfaces adaptées au collage. Les tranches de pierre naturelle ont alors une épaisseur d'environ 20 mm (± 1 mm).

Les panneaux sandwichs Fibre de verre/Nid d'abeille/Fibre de verre sont livrés directement à l'usine Stone Evolution ; dimensions de 1,0 à 1,75 m x 2,0 à 3,50 m.

Le collage de la pierre sur le sandwich nid d'abeille est réalisé à l'usine selon les étapes successives détaillées ci-dessous :

- Sur la table de collage, préparée avec un film plastique de protection, un premier panneau sandwich nid d'abeille est déposé.
- Avec un peigne adapté, la résine époxy est étalée sur le panneau sandwich pour obtenir une épaisseur nominale de 1,5 mm.
- A l'aide de ventouses, une tranche de pierre sèche est posée sur la résine fraîchement étalée sur le 1^{er} panneau nid d'abeille.
- Un deuxième panneau nid d'abeille est préparé avec la résine étalée sur une face, identiquement au premier ; il est ensuite posé coté résine sur la tranche de pierre. Ainsi est constitué un premier « sandwich de production ».
- Sur ce premier "sandwich de production", l'opération est répétée avec panneau nid d'abeille + tranche de pierre + panneau nid d'abeille, pour un maximum de 3 "sandwich de production" superposés.

La polymérisation se fait sous pression contrôlée à température contrôlée.

Les "sandwich de production" sont ensuite refendus, au centre de l'épaisseur de la tranche de pierre, pour obtenir deux panneaux SEAL avec env. 6 mm de pierre $\pm 0,5$ mm avant calibrage, polissage ou traitement de surface final.

Un traitement mécanique de surfacage est ensuite appliqué sur la face du parement pierre pour lui conférer sa finition. L'épaisseur de pierre est alors d'environ 5 mm (± 1 mm).

2.8.1.2. Mise en place des inserts

Les panneaux SEAL sont préparés sur les tables de travail pour le perçage des trous au dos des panneaux nid d'abeille. Le perçage s'effectue au moyen de fraises suivant des fiches de production et avec l'aide de gabarits le cas échéant.

La résine pour les inserts est introduite dans chacun des trous fraisés.

Les pattes de fixation, munies des inserts par boulonnage, sont alors positionnées sur le dos du panneau SEAL, en engageant les inserts dans les trous, avec un entraxe maximal de 800 mm entre inserts.

Des cales en polyamide peuvent être introduites sous les pattes de fixation dans le but d'uniformiser l'épaisseur globale SEAL + pattes.

2.8.1.3. Points singuliers

Le système SEAL permet la réalisation de pièces assemblées d'angle tel que représenté dans les figures 7,10 et 11.

Les panneaux SEAL, principal et son panneau d'angle correspondant, sont préparés avec des coupes d'onglet pour assemblage collé.

Les deux éléments à assembler sont garnis d'un cordon de colle référence R-MF01 pour retours sur la partie nid d'abeille (colle PU, consommation préconisée fabricant, 300-500 g/m²) ainsi que, sur le chant pierre, un mastic-colle approprié ; les éléments sont ensuite serrés pour assemblage et finition des arêtes.

Les panneaux SEAL peuvent être coupés bord à bord, par exemple pour les cas de pose par juxtaposition.

A partir d'une largeur de 100 à 300 mm du panneau retour, le dièdre est renforcé par des équerres ponctuelles ou filantes en aluminium de 30 x 30 mm à 100 x 100 mm, selon dimensions des pièces, qui sont collées et rivetées aux deux parties SEAL ; collage des renforts métalliques à l'aide de la colle des retours et suivant les mêmes préconisations.

Les chants vus en bords des panneaux SEAL peuvent être traités avec une bande SEAL en retour sur l'épaisseur du panneau pour coupe d'onglet ou bec d'oiseau, ou bien en appliquant des profilés pour fermeture des chants. Ces derniers sont alors collés et rivetés au dos du panneau.

2.8.2. Contrôles de fabrication

La fabrication des éléments SEAL fait l'objet d'un autocontrôle systématique régulièrement surveillé par le CSTB, permettant d'assurer une constance convenable de la qualité.

Le fabricant bénéficie d'un certificat .



Sur matières premières

- Contrôle de conformité des lots de colle à chaque livraison : Fiches du fabricant.
- Contrôle de conformité des panneaux sandwich nid d'abeille, fibre de verre/âme Aluminium/fibre de verre à chaque livraison : Fiches du fabricant.
- Contrôle de conformité des tranches de pierre suivant les règles spécifiées dans la norme NF B 10-601 : Fiches d'identité de la pierre, aspect, couleur, dimensions des tranches.

En cours de fabrication

- Sur tous les panneaux SEAL :
 - Contrôle visuel du parement en pierre et son aspect après traitement de surface (Qualité de la finition, couleur/teinte, trous, régularité de surface, propreté,...)
- A chaque changement de poste et prélèvement au hasard 1 fois par poste :
 - Contrôle visuel du parement en pierre et son aspect après traitement de surface (Qualité de la finition, couleur/teinte, trous, régularité de surface, propreté,...)
 - Contrôle visuel au dos des panneaux (fissures, rayures, bullage, trous, délamination,...)
 - Contrôle des dimensions et de l'épaisseur du panneau
 - Contrôle de la planéité et de l'équerrage des panneaux
 - Contrôle du positionnement des inserts et pattes emboitables

Sur produits finis

- Par campagne de production et prélèvement au hasard à raison d'une fois par mois :
 - Essais de traction perpendiculaire sur éprouvettes SEAL selon la méthode d'essais décrit dans le référentiel de certification  : Valeur : ≥ 1000 N.
- Par campagne de production et prélèvement au hasard à raison d'une fois par semaine :
 - Contrôle de résistance des inserts à l'arrachement :
Valeur certifiée  : ≥ 2500 N
- Avant emballage dans les caisses dédiées au transport, chaque pièce SEAL est contrôlée pour sa conformité à toutes les données indiquées sur la fiche de production la concernant.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Le procédé a fait l'objet des essais suivants :

- Essais de résistance aux effets du vent – Fatigue et dépression statique : rapport d'essais n°CLC 15-26056568 du 08/06/2015.
- Essais de résistance aux effets du vent – Dépression Statique : rapport d'essais n° CLC 15-26056569 du 16/05/2015.
- Essais de résistance aux chocs : rapport d'essais n° CLC 14- 26053326 du 14/01/2015.
- Essais sismiques suivant le *Cahier du CSTB 3725* : rapport d'essai n° MRF 15 26054011 du 10/04/2015.
- Rapport d'étude n° DCC/CLC-15-374 du 16/07/2015 : « Calcul des sollicitations sismiques dans les chevilles de fixation au support du système de bardage rapporté STONE EVOLUTION ».
- Essais de Comportement à l'ensoleillement et aux chocs thermiques : rapport d'essai n° MRF 15 26057213 du 01/09/2015.
- Essais de Traction perpendiculaire des panneaux et Tenue des inserts - Vieillessement Cycles Condensation, Cycles Température, Cycles Hygrothermiques : rapport d'essai n° CLC 15-26056999 du 06/08/2015.
- Essais de Comportement au SO₂ – LNE : rapport d'essais n° P141899.
- Essais de Comportement à l'ensoleillement et aux Chocs Thermiques : rapport d'essai N°BEB3.M.2000 du 04/03/2022
- Essais de Chocs Mécaniques N° DEB 22-09332/A du 06/07/2022.
- Essais Sismiques suivant le *Cahier du CSTB 3725* : rapport d'essais N° EEM 22 09332 du 23/08/2022.
- Essais de Traction perpendiculaire des panneaux - Vieillessement Cycles Condensation, Cycles Température, Cycles Hygrothermiques : rapport d'essai N° DEB 22-09332/B du 21/11/2022.
- Essais de Classement de Réaction au Feu : B-s1,d0 pour les panneaux SEAL conformément à l'EN 13501-1+A1 : 2013 – LNE -Rapport n°P219206-DEC/3 et n°P219196-DEC/4.

2.9.2. Références chantiers

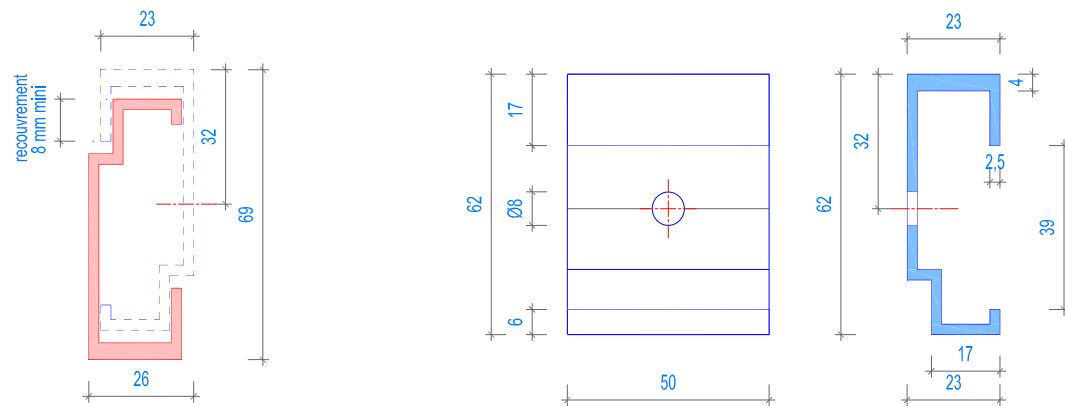
En France 5000 m² ont été réalisés depuis 2016.

Tableaux du Dossier Technique

	Caractéristique	Valeur	unité	Norme
1	Absorption d'eau	≤ 0,1	%	ISO 10545-3
2	Dureté superficielle	≥ 5	Mohs	EN 101
3	Coefficient de Dilatation thermique linéique	≤ 9	x 10 ⁻⁶ /°C	ISO 10545-8
4	Résistance à la Flexion avant et après cycles gel/dégel	≥ 35	N/mm ²	ISO 10545-4
5	Résistance à l'abrasion profonde	≤ 175	mm ³	ISO 10545-6
6	Résistance aux chocs thermiques	Resistant / Conforme aucune dégradation	-	ISO 10545-9
7	Résistance au gel	Resistant / Conforme aucune dégradation	-	ISO 10545-12
8	Résistance au tressailage	Resistant / Conforme aucune dégradation	-	ISO 10545-11
9	Résistance chimique produits domestiques / sels piscine	A aucun effet visible	-	ISO 10545-13
10	Résistance chimique acides & bases à faible concentration	LA - LB	-	ISO 10545-13
11	Résistance chimique acides & bases à forte concentration	HA - HB	-	ISO 10545-13
12	Résistance aux taches	Classe 5	-	ISO 10545-14
13	Résistance des couleurs à la lumière	Resistant / Conforme aucune altération	-	DIN 51094

Tableau 1 – Caractéristiques des éléments céramique

Schémas du Dossier Technique

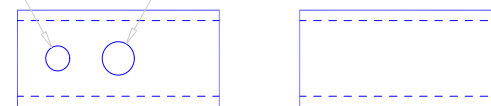


Rail Aluminium Emboitable

Section en G	330 mm ²
Inertie xx	16,66 cm ⁴
Inertie yy	2,05 cm ⁴

Patte Emboitable prépercée

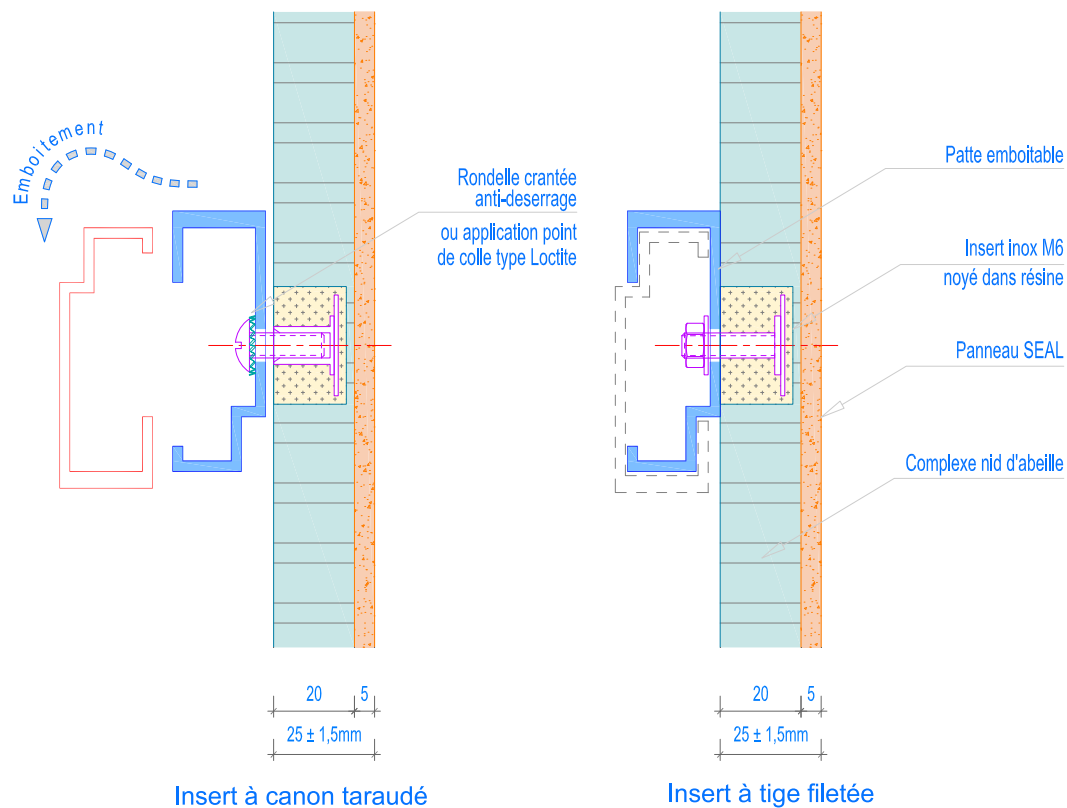
Perçement diam 6mm pour goupille de blocage Taraudage M8 pour vis de réglage



Patte sommitale réglable

Patte courante

Patte Emboitable - Vu du dessus



Insert à canon taraudé

Insert à tige filetée

Figure 1 –Pattes de fixation et rails supports SEAL emboitables en aluminium

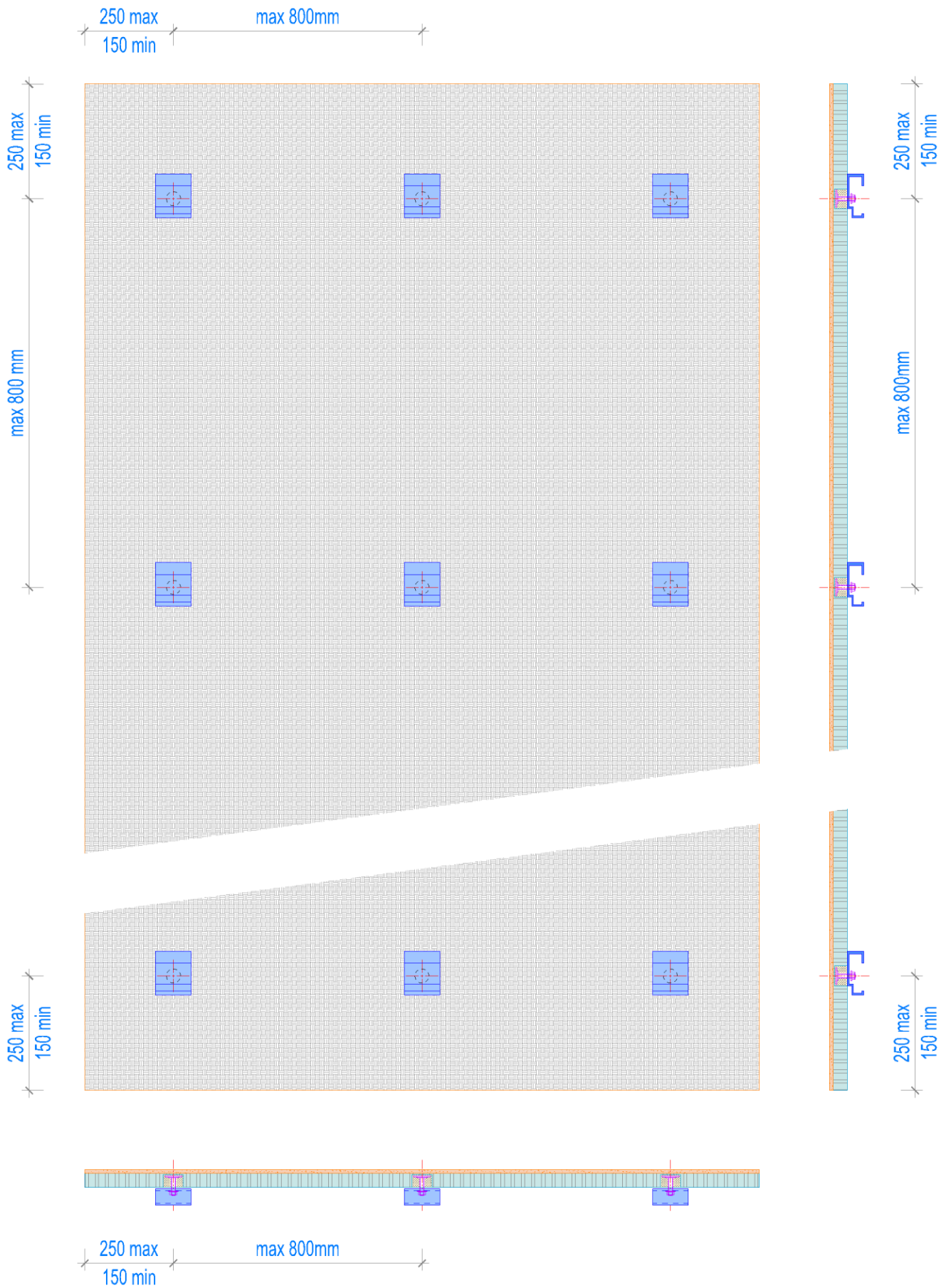
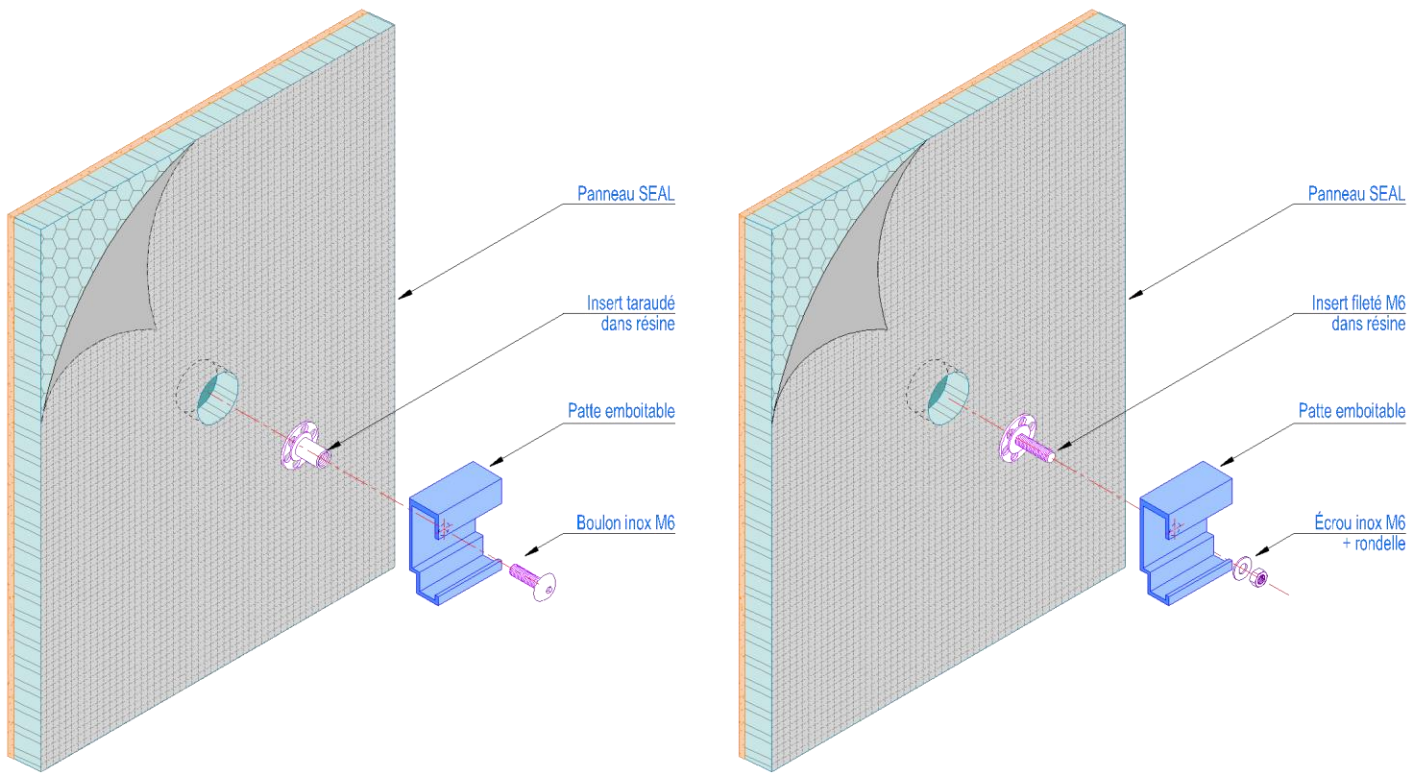
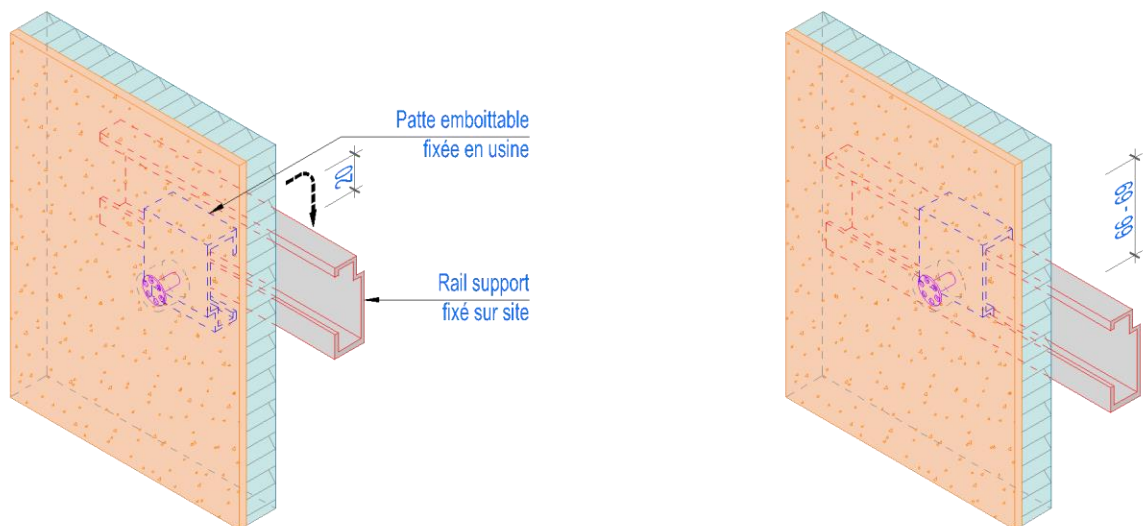


Figure 2 - Panneaux SEAL type avec disposition des fixations



DÉTAIL DE FIXATION D'UN PANNEAU SEAL



AVANT EMBOÏEMENT SUR RAIL

APRES EMBOÏEMENT

Figure 3 – Pose des pattes emboîtables et principe d'emboîtement sur rail

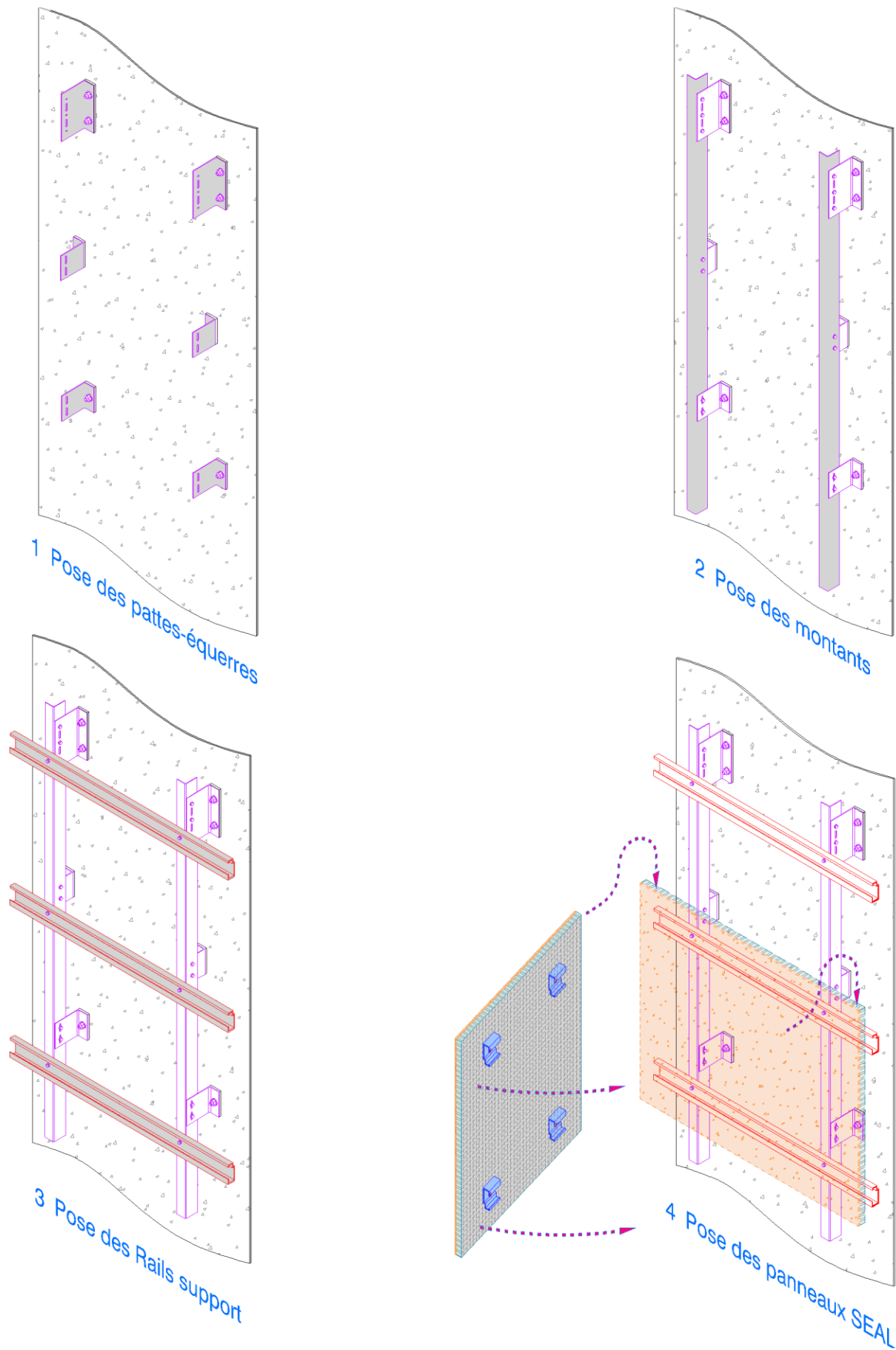


Figure 4 – Etapes de pose des panneaux SEAL

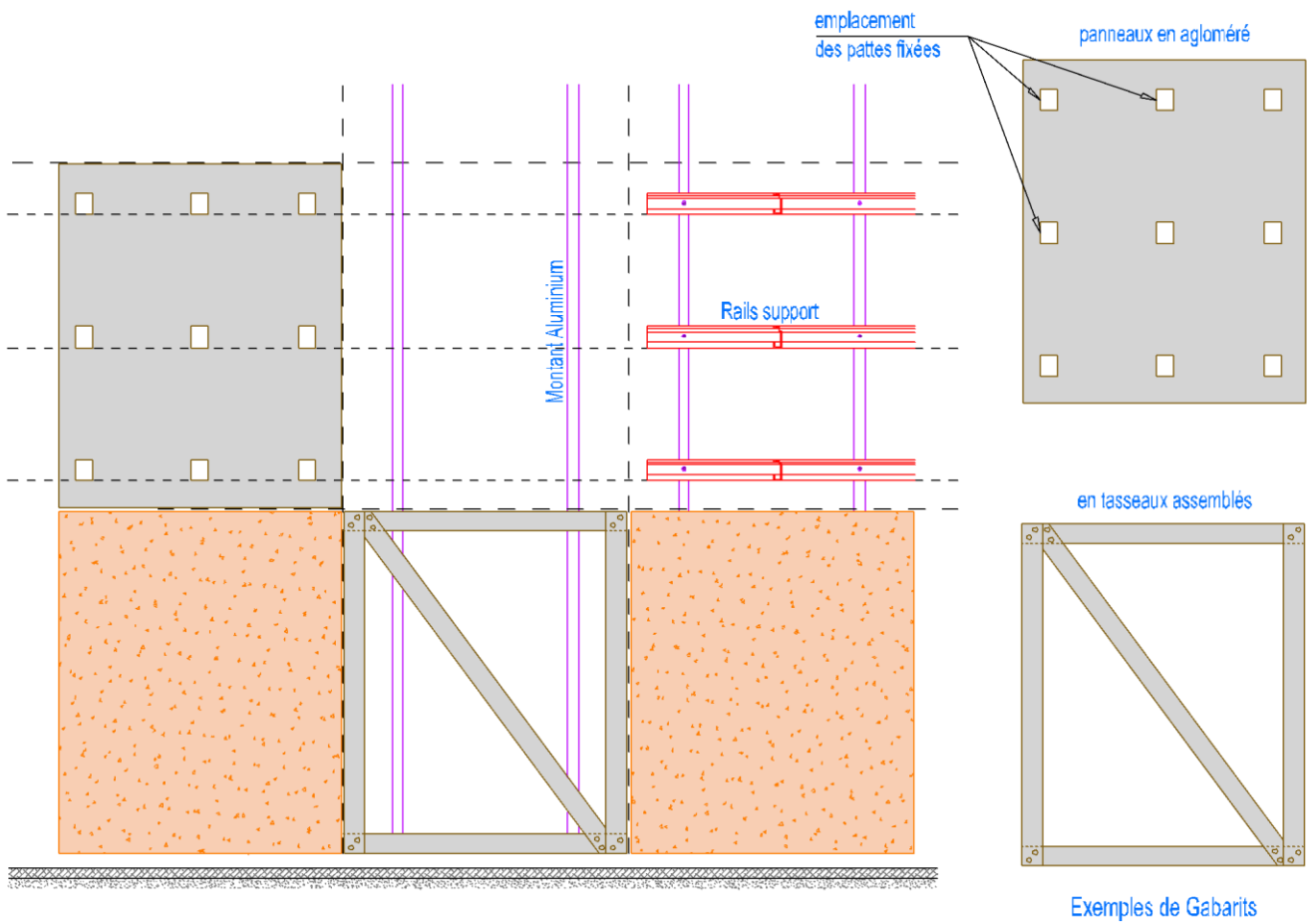
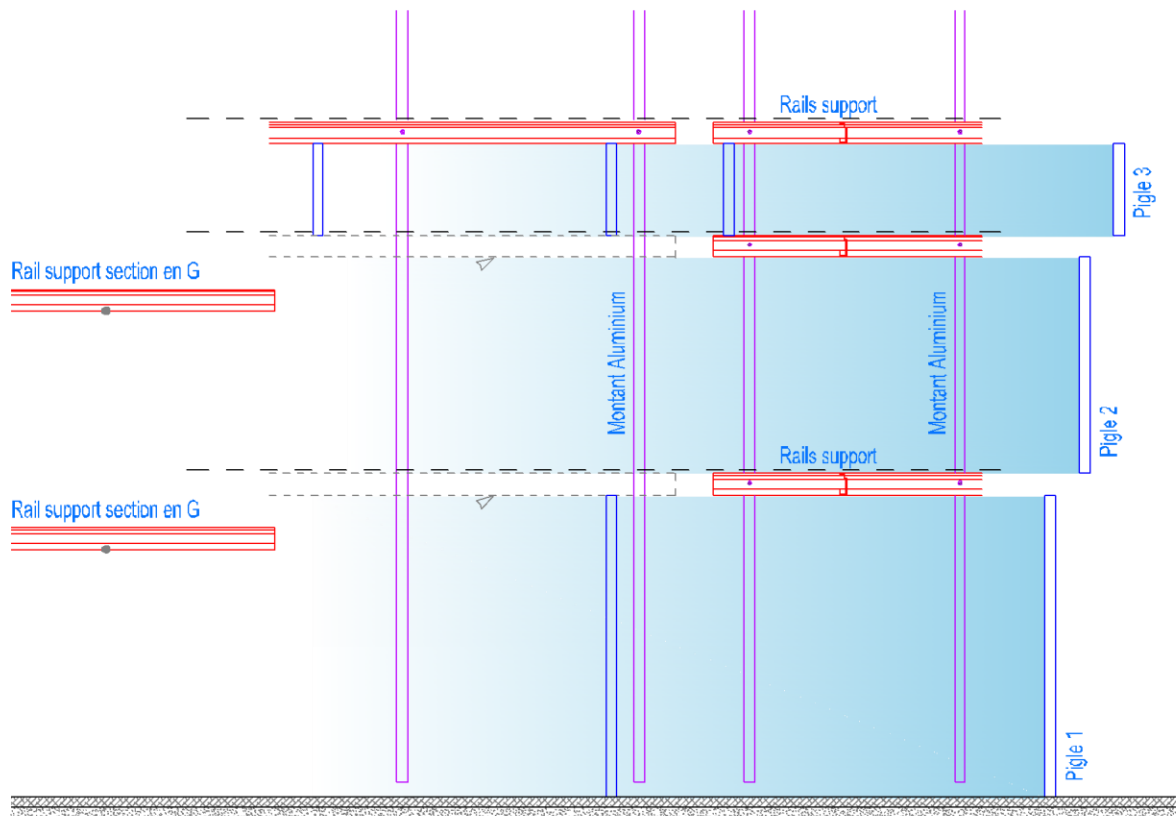
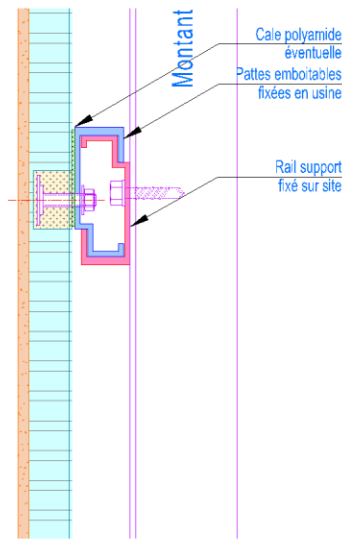
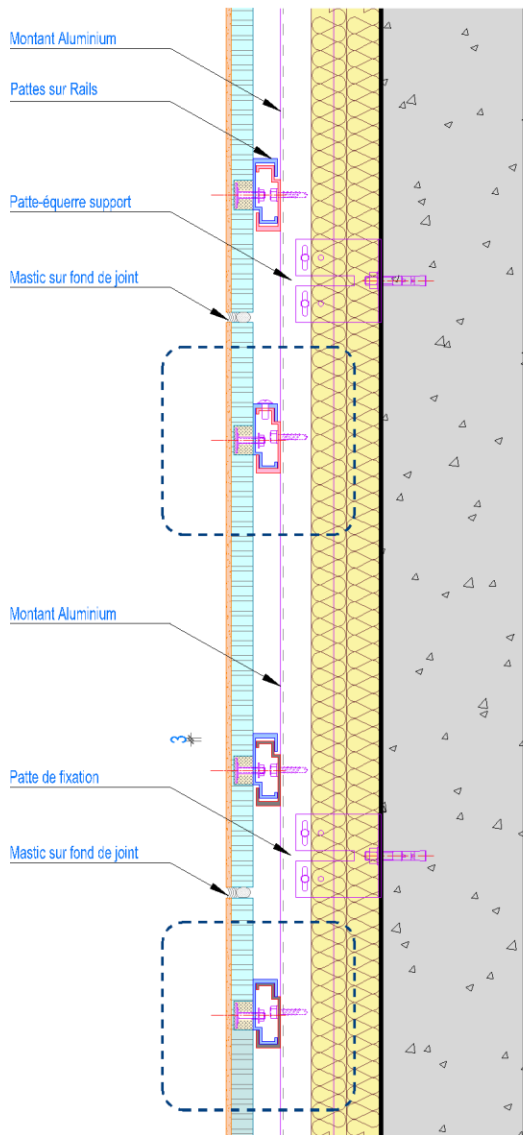
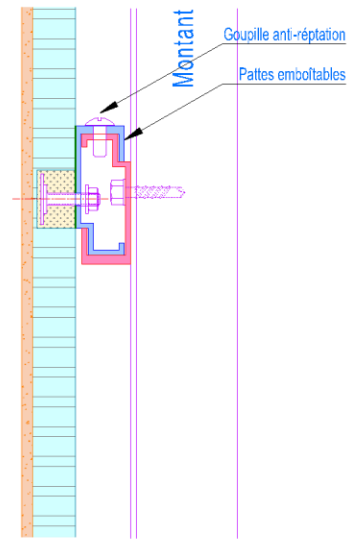


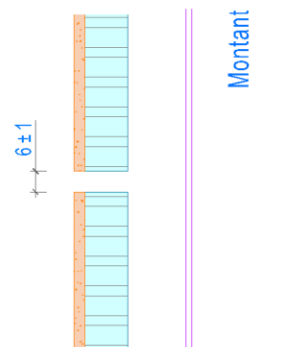
Figure 4bis – Exemple de l'emploi de gabarits et piges



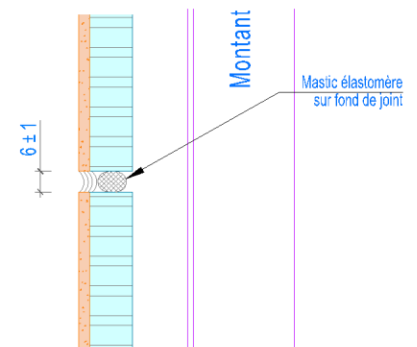
Patte en tête de panneau SEAL
panneau bloqué par éléments adjacents



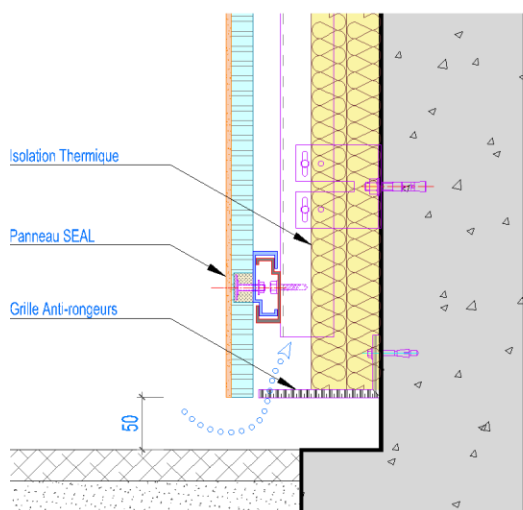
Patte en tête de panneau SEAL
panneau en bords de façade
avec goupille anti-réptation



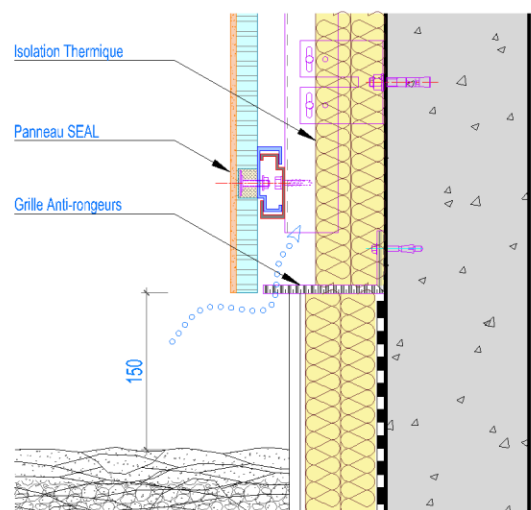
Façade à joints ouverts



Façade à joints fermés



Départ en pied de façade - avec Sol fini



Départ en pied de façade - avec Sol naturel

Figure 5 – Coupes verticales type

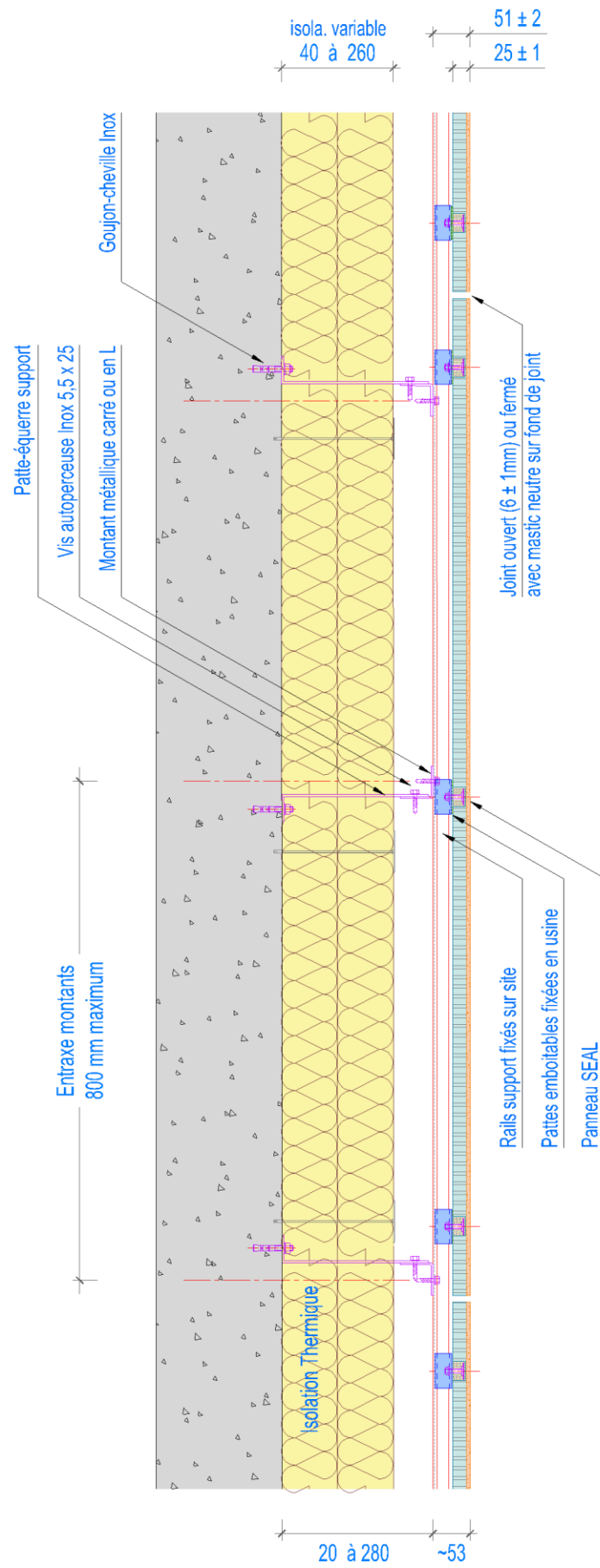


Figure 6 – Coupe horizontale type avec isolation

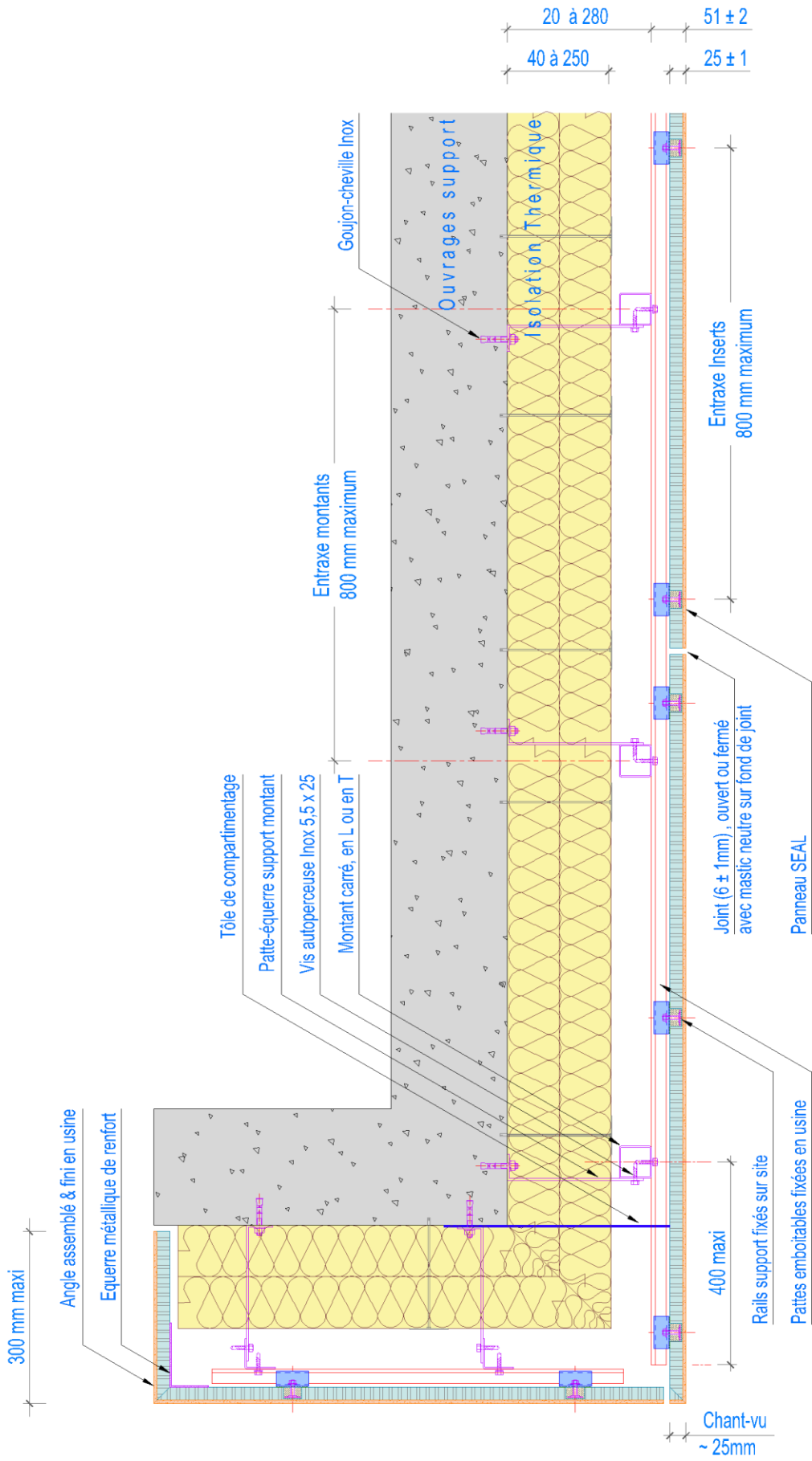
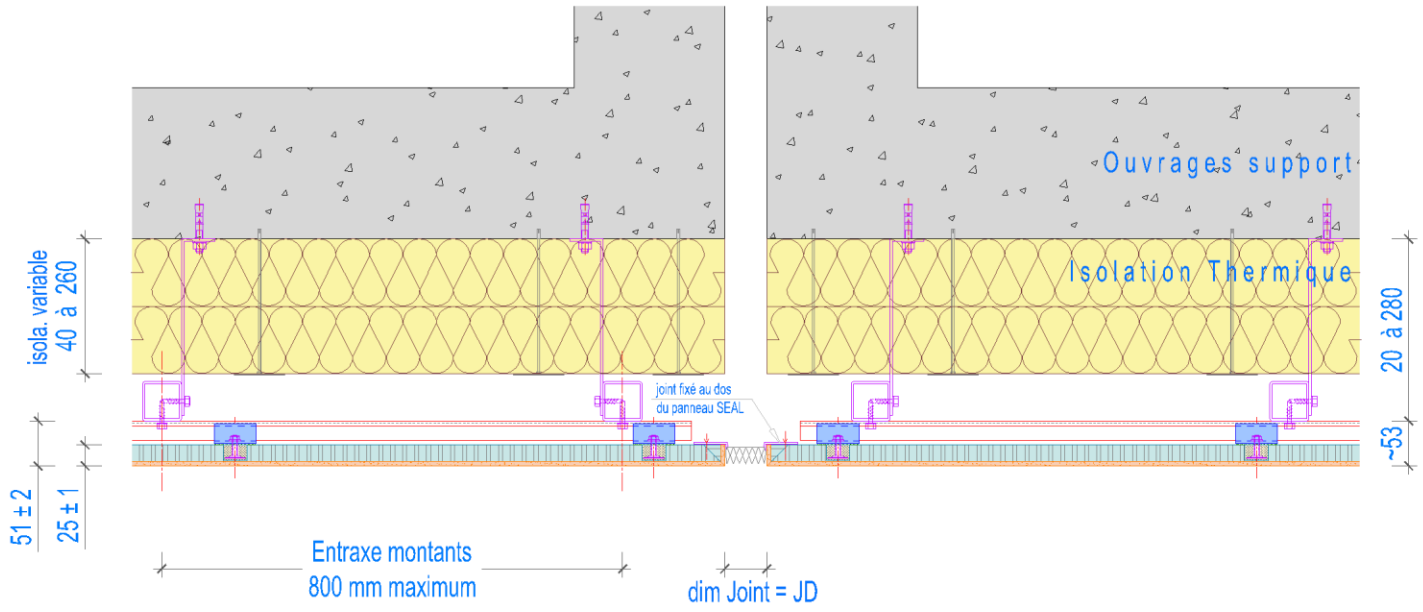


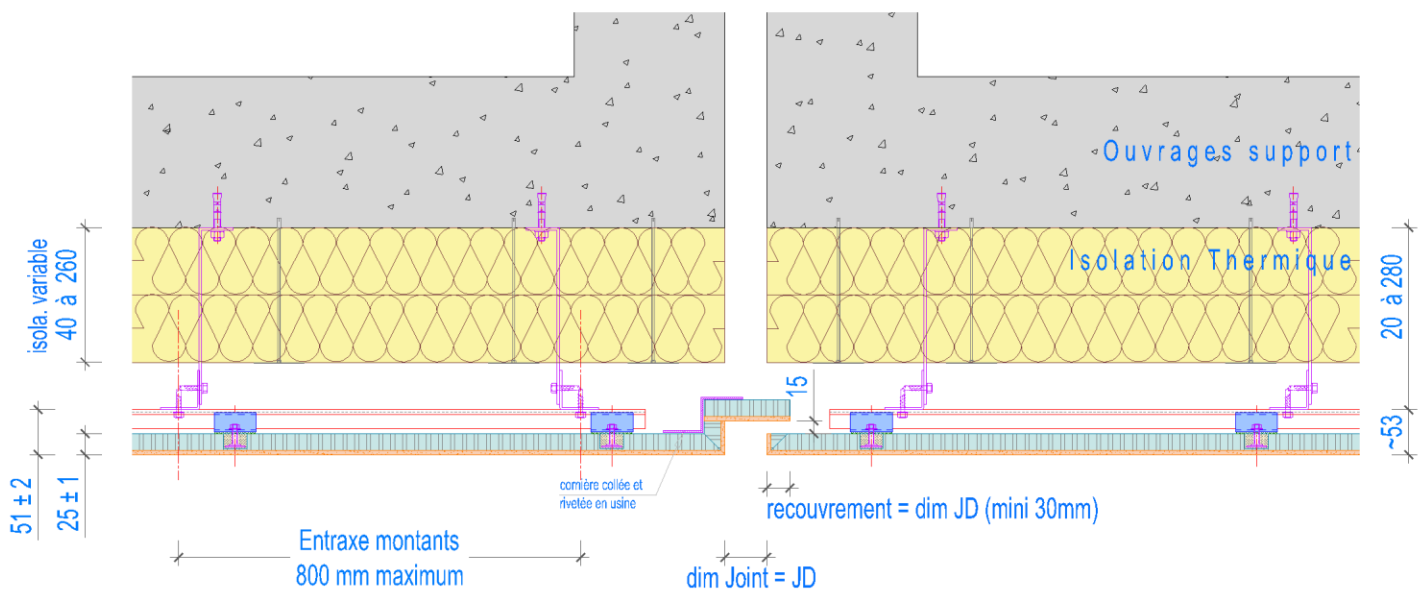
Figure 7 – Coupe horizontale – Traitement d'angle (300 mm maxi)

JD



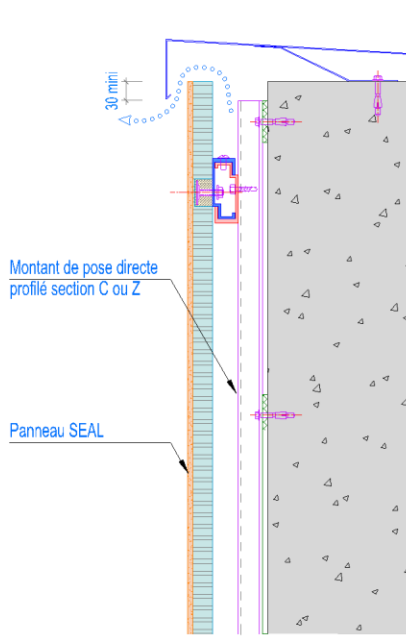
JD avec Joint souple

JD

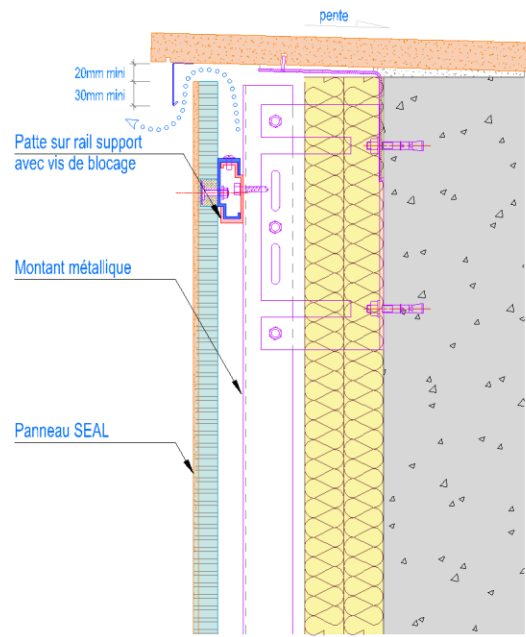


JD en Joint-croix

Figure 8 – Coupes horizontales – Joints de dilatation

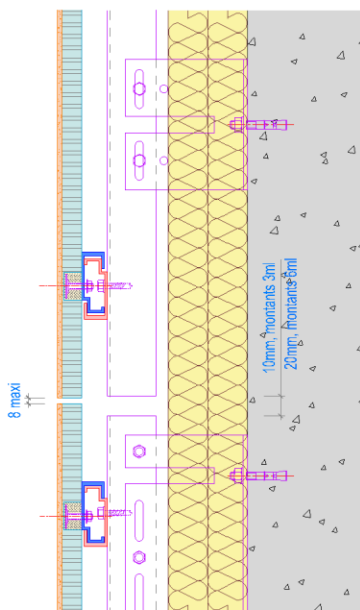


Couvertine métallique

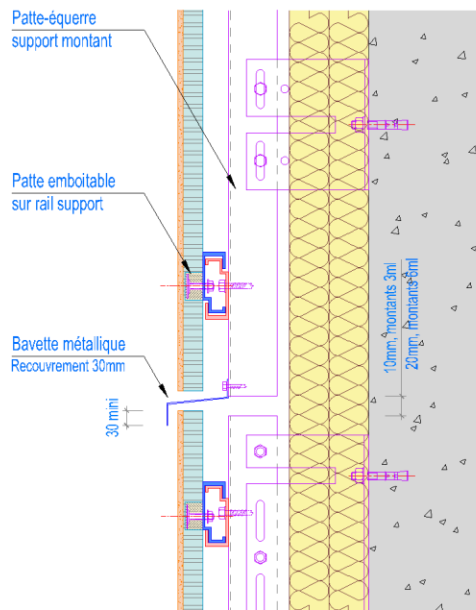


Couvertine en pierre

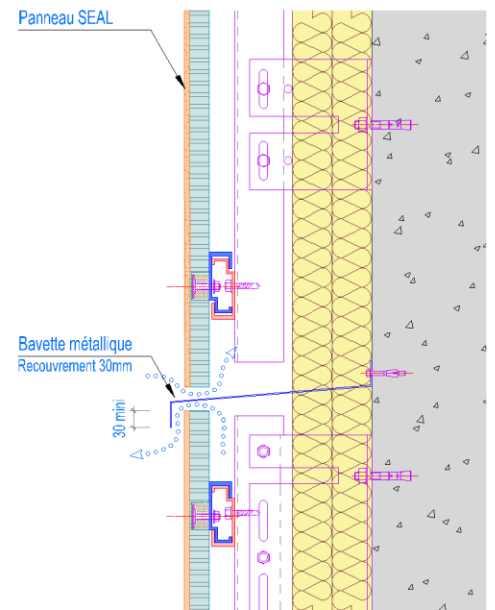
HAUT DE FACADE



Fractionnement de l'ossature
montants alu $L < 3\text{ m}$
montants acier $L < 6\text{ m}$



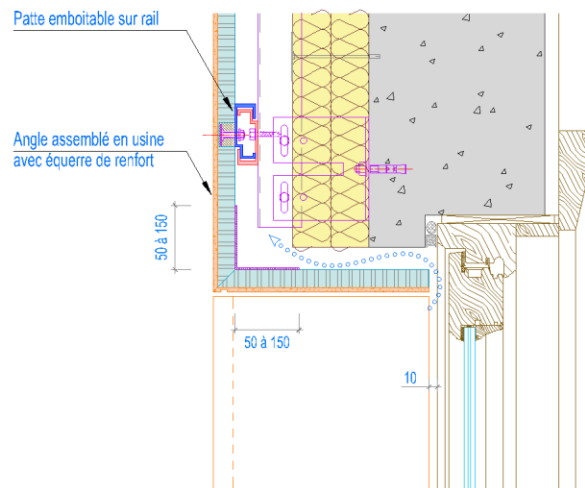
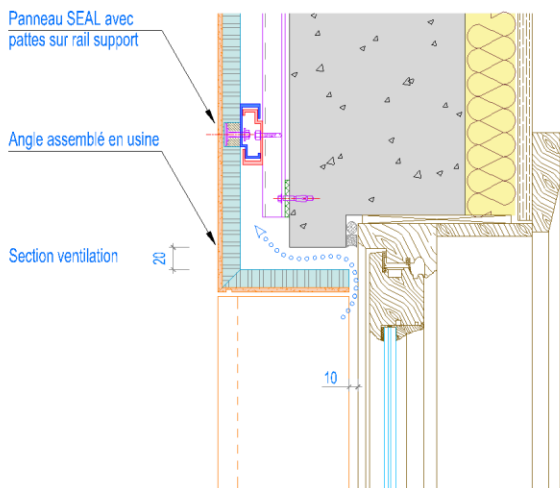
Fractionnement de l'ossature
montants alu $3\text{ m} < L < 6\text{ m}$



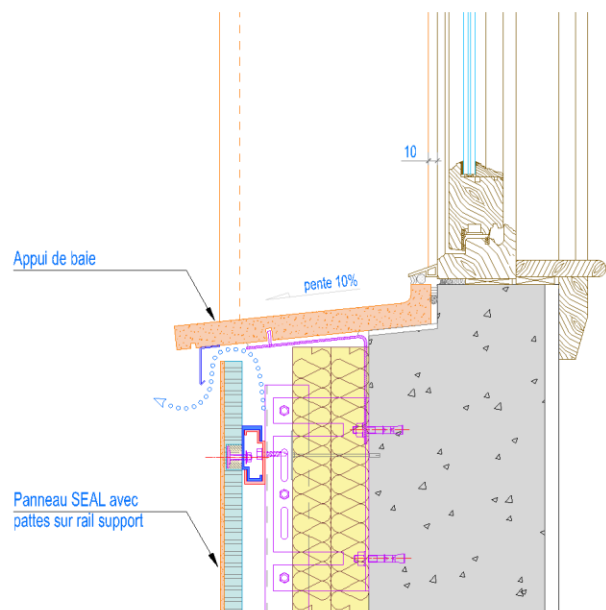
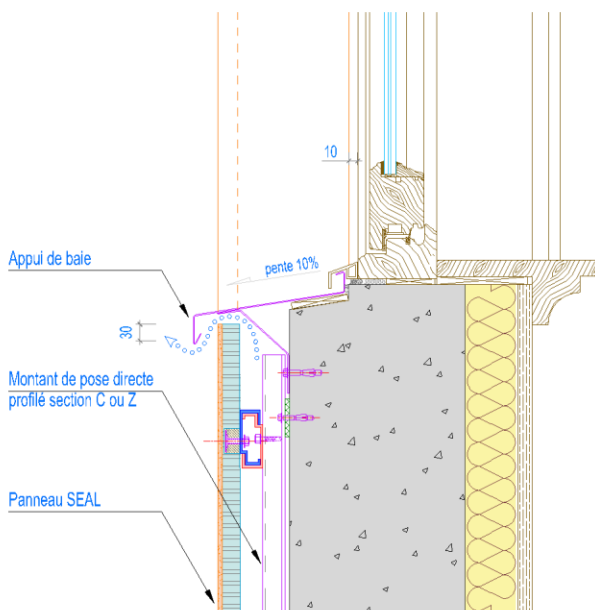
Fractionnement de la lame d'air

FRACTIONNEMENTS

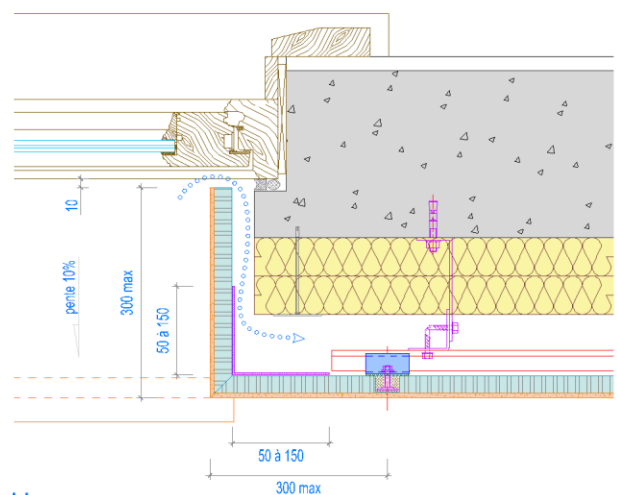
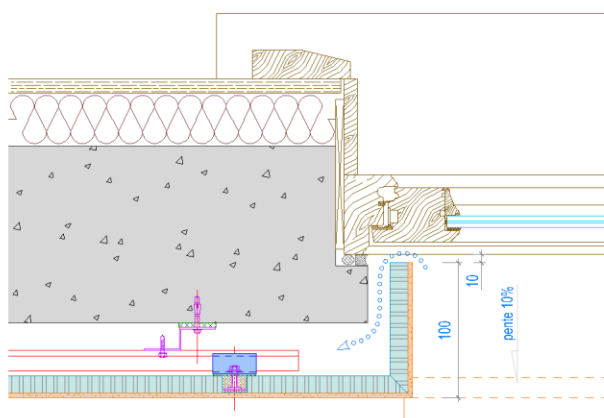
Figure 9 – Coupes verticales



LINTEAU



APPUI



TABLEAU

Figure 10 – Coupes sur baies

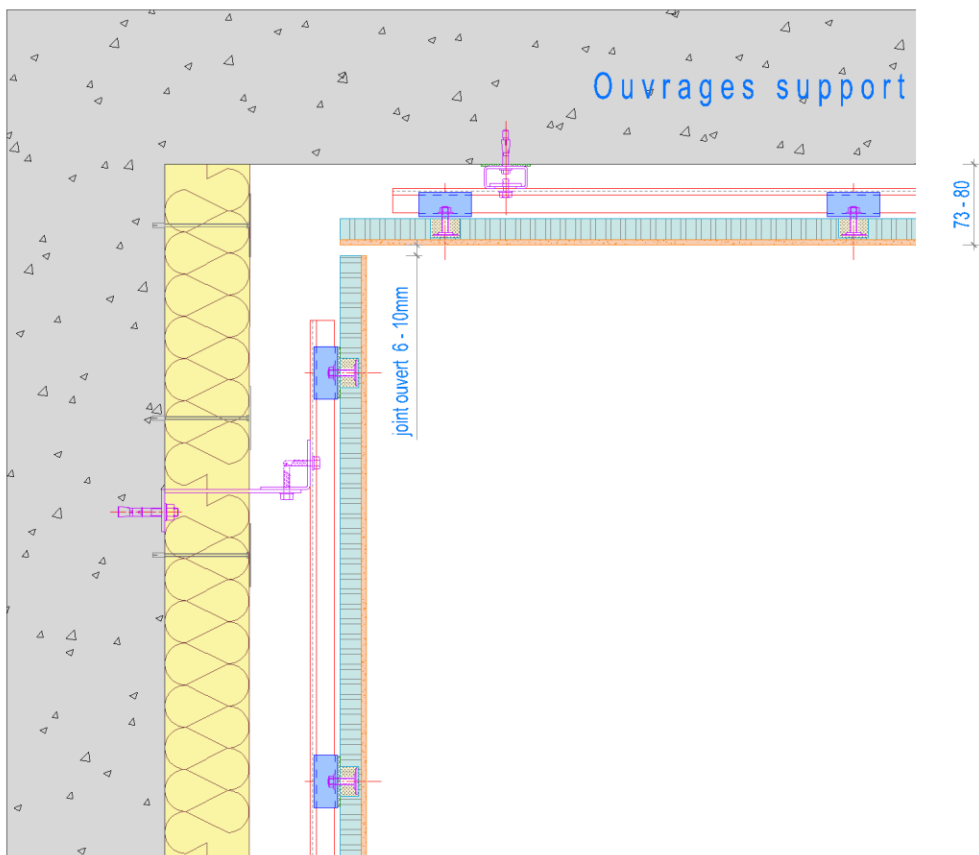
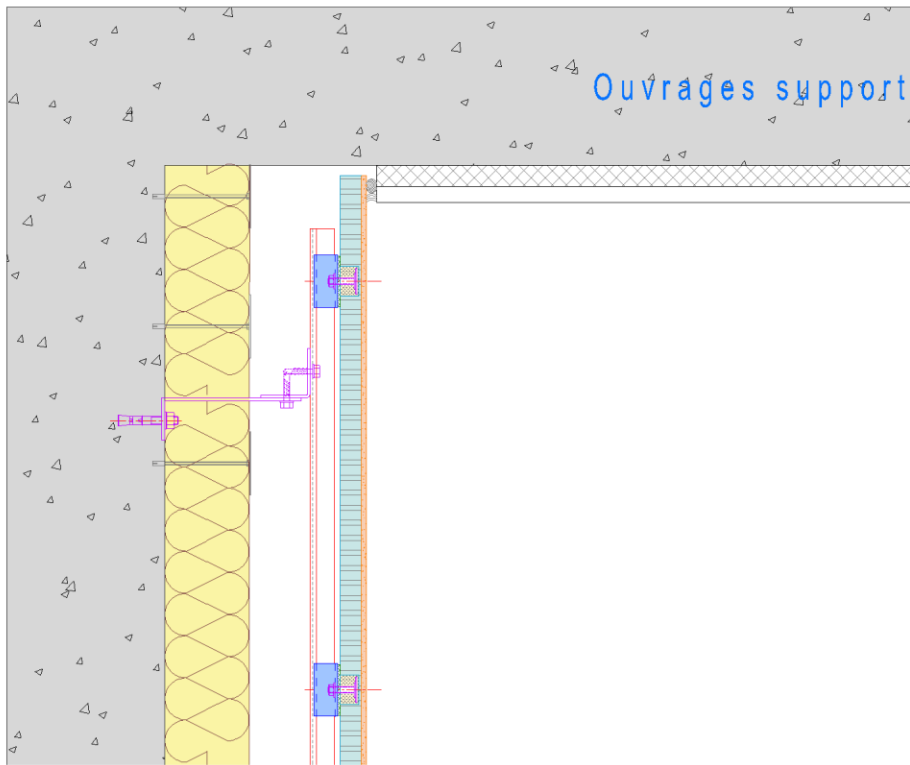
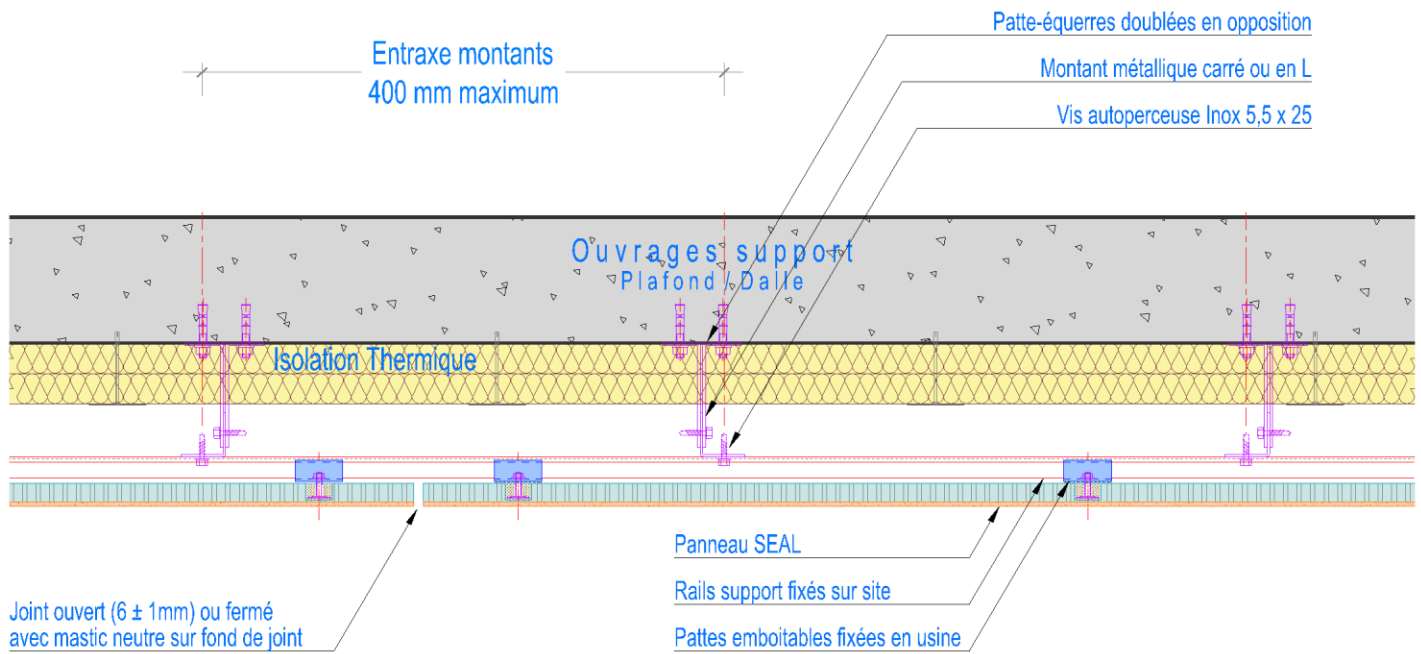
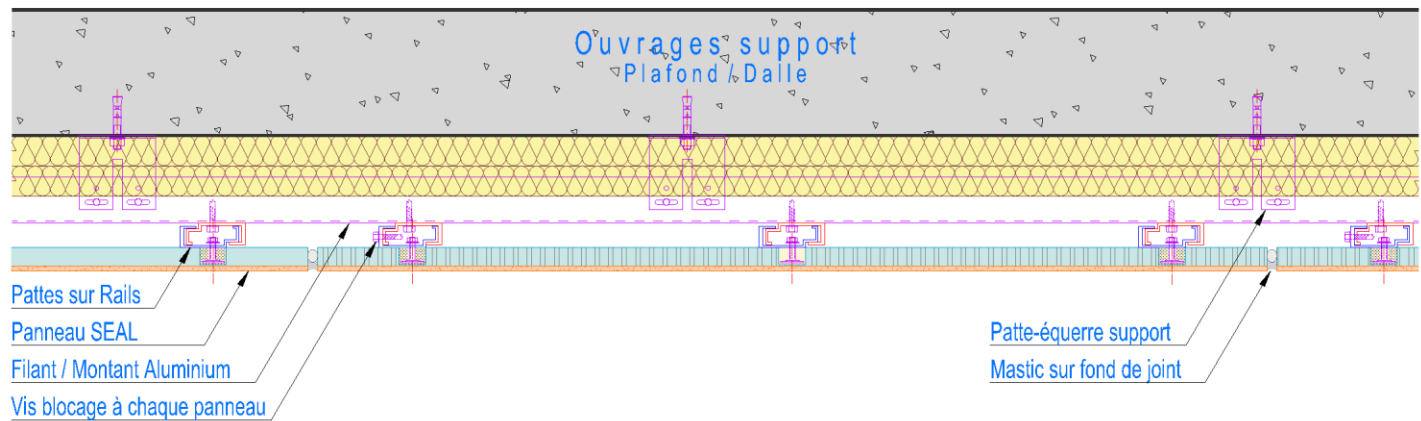


Figure 11 – Coupes horizontales – Exemples angle rentrant



Coupe Transversale

Figure 12 – Pose en sous-face



Coupe Longitudinale

Figure 12bis – Pose en sous-face

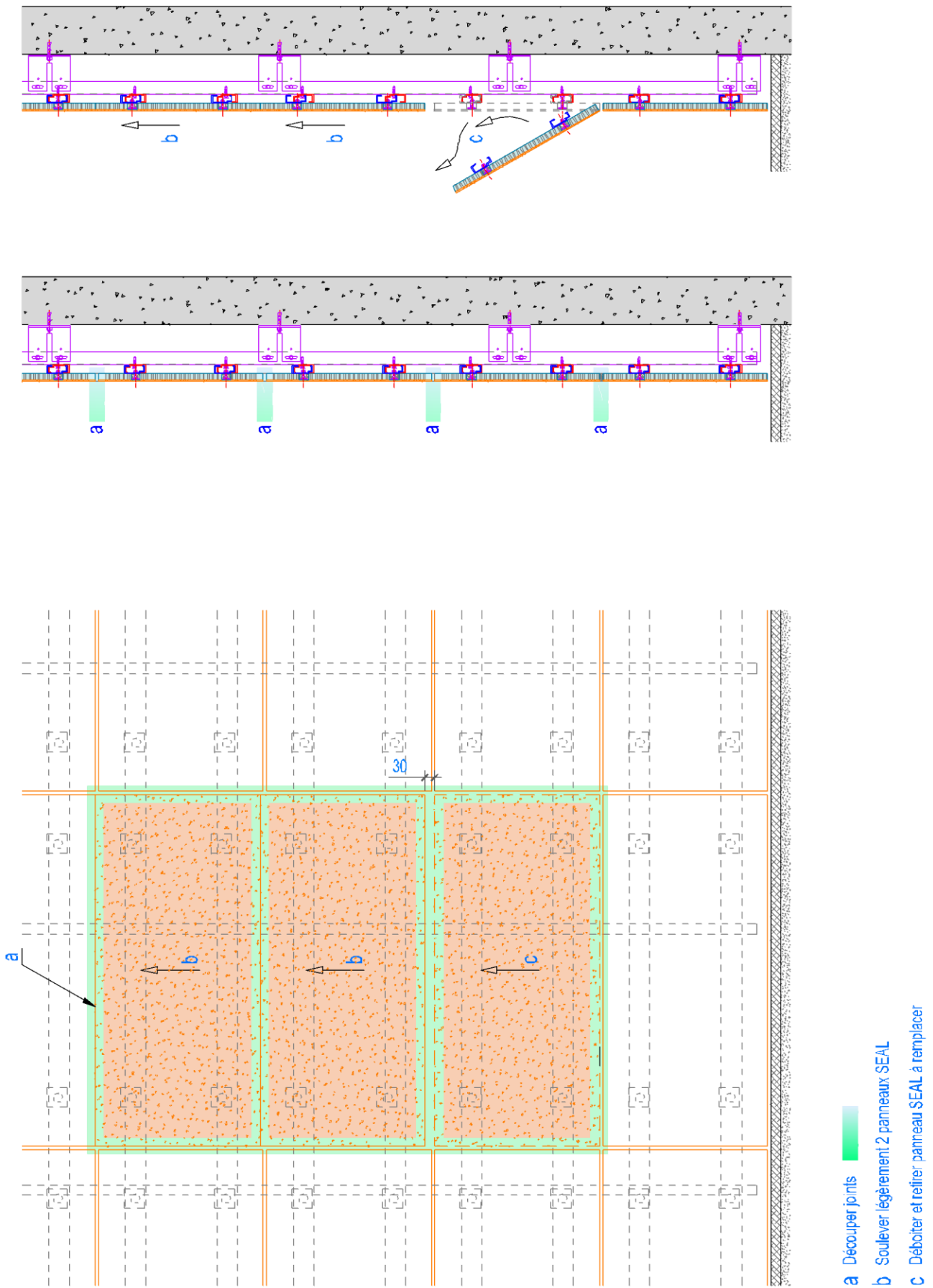


Figure 13 – Méthodologie de remplacement d'un panneau SEAL

Annexe A

Pose du procédé de bardage rapporté SEAL de Stone Evolution sur Ossature Métallique en zones sismiques

A1 Domaine d'emploi

Pour des hauteurs d'ouvrage $\leq 3,5$ m, la pose en zones sismiques du procédé de bardage rapporté SEAL est autorisée sans disposition particulière, quelles que soient la catégorie d'importance du bâtiment et la zone de sismicité (cf. Guide ENS).

Le procédé peut être mis en œuvre sur des parois planes verticales, en zones et bâtiments suivant le tableau ci-dessous (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs) :

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	✖	✖	✖	✖
2	✖	✖	X	
3	✖	X ^①	X	
4	✖	X ^①	X	
✖	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté,			
X	Pose autorisée sur parois planes, verticales en béton, selon les dispositions décrites dans cette Annexe,			
①	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions telles que définies au chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI - EC8 Zones 3-4, édition 2021.			

A2 Assistance technique

La société Stone Evolution ne pose pas elle-même.

La pose est réalisée par une entreprise spécialisée dans l'isolation extérieure à laquelle Stone Evolution apporte, sur demande, son assistance technique.

A3 Prescriptions

A3.1 Support

Le support devant recevoir le système de bardage rapporté est en béton banché conforme au DTU 23.1 et à l'Eurocode 8 -P1

A3.2 Chevilles de fixation au support béton

La fixation au gros-œuvre béton est réalisée par des chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ETE selon ETAG 001 - Parties 2 à 5 (admis comme DEE) avec catégorie de performance C1 évaluée selon l'Annexe E pour toutes les zones de sismicité et toutes les catégories d'importance de bâtiments nécessitant une justification particulière.

Les chevilles en acier zingué peuvent convenir, lorsqu'elles sont protégées par un isolant, pour les emplois en atmosphères extérieures protégées rurales non polluées, urbaines et industrielles normales ou sévères.

Pour les autres atmosphères, les chevilles en acier inoxydable A4 doivent être utilisées.

Ces chevilles métalliques doivent résister à des sollicitations données au tableau A1.

Exemple de chevilles : Cheville FIX Z-XTREM M10x85/25-5 ou M12x105/30-10 de la Société SPIT comme précisé dans les tableaux A1 et A2

Pour les configurations non envisagées dans ces tableaux, les sollicitations peuvent être calculées selon le *Cahier du CSTB* 3725, dans la limite du domaine d'emploi accepté.

A3.3 Fixation des montants au support béton par pattes-équerres

Pour les fixations hautes "point fixe", pattes de fixation en aluminium 6060 T6 EKERALU TP de chez IFS.

- Equerre 60 mm à 240 mm (ép. 3 mm : de 60 à 120 mm et ép. 4mm : de 140 à 240 mm).

Pour les fixations courantes "point glissant", pattes de fixation en aluminium 6060 T6 EKERALU CP de chez IFS.

- Equerre 60 mm à 240 mm (ép. 3 mm : de 60 à 120 mm et ép. 4mm : de 140 à 240 mm).
- Entraxe des équerres 1000 mm maximum.

A3.4 Ossature métallique

L'ossature aluminium de conception librement dilatable est conforme aux prescriptions du *Cahier du CSTB 3194_V3* et au paragraphe 3.7 du Dossier Technique.

- Montants verticaux en aluminium 6060 T5 conforme à la norme NF A50-411 et NF A50-710.
- Profilé ALUFIX L 52x40/2 de chez IFS, profilé filant en équerre 40 x 52 x 2 mm ou profilés ALUFIX T 80x52/2 ou T 110x52/2 de chez IFS selon les dispositions du calepinage de la façade et la géométrie des ouvrages du support ; ces profilés facilitent le raccordement entre panneaux et facilitent la juxtaposition des ossatures secondaires.

L'entraxe des profilés est de 720 mm maximum.

Les montants sont fractionnés au droit de chaque plancher.

A3.5 Profils horizontaux

Pattes et rails horizontaux de support et maintien en aluminium anodisé ou thermolaqué, 6060 T6, fixation invisible à l'arrière des panneaux SEAL ; les rails sont rivetés/vissés sur l'ossature verticale à un entraxe de 800mm maximum.

Les pattes emboitables sont fixées au dos des panneaux SEAL suivant procédé SEAL décrit dans le présent Avis Technique pour la production des panneaux avec vis M6 Inox dans inserts inox taraudés scellés dans la résine bi-composante, cf. § 2.2.4, 2.2.5 et 2.8.1.2 du Dossier Technique.

A3.6 Eléments de bardage

Les panneaux mis en œuvre en zones sismiques selon les dispositions décrites ci-dessus sont de facture standard, en tous points identiques aux panneaux fabriqués suivant le procédé SEAL décrit dans le présent Document Technique pour la production des panneaux. L'entraxe de pose des inserts limité à 750 mm horizontalement et 800 mm verticalement.

En partie haute du panneau, le blocage latéral pour anti-reptation des pattes emboitables sur les rails est effectué aux deux extrémités par des boulons inox M6 (L=16mm) en guise de goupille.

La fixation des éléments de bardage est conforme au § 2.4.7 du Dossier Technique.

Tableaux de l'Annexe A

Point dilatable

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		258			1490	
	3	338	405		1951	2342	
	4	492	590		2838	3406	
Cisaillement (V)	2		—			86	
	3	—	—		113	135	
	4	—	—		164	197	

Cheville FIX Z-XTREM M10x85/5

Point fixe

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		1620			2853	
	3	1700	1768		3314	3704	
	4	1854	1952*		4201	4768*	
Cisaillement (V)	2		491			499	
	3	491	491		504	510	
	4	491	491*		518	529*	

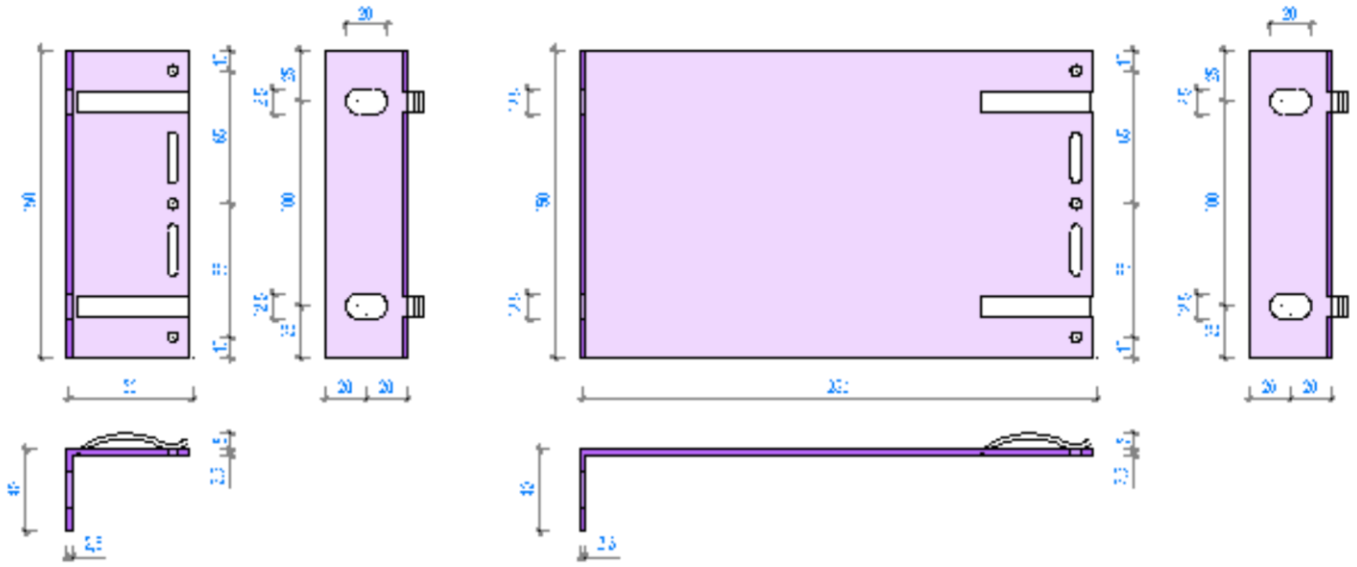
Cheville FIX Z-XTREM / M10x85/5

ou *M12x105/30-10

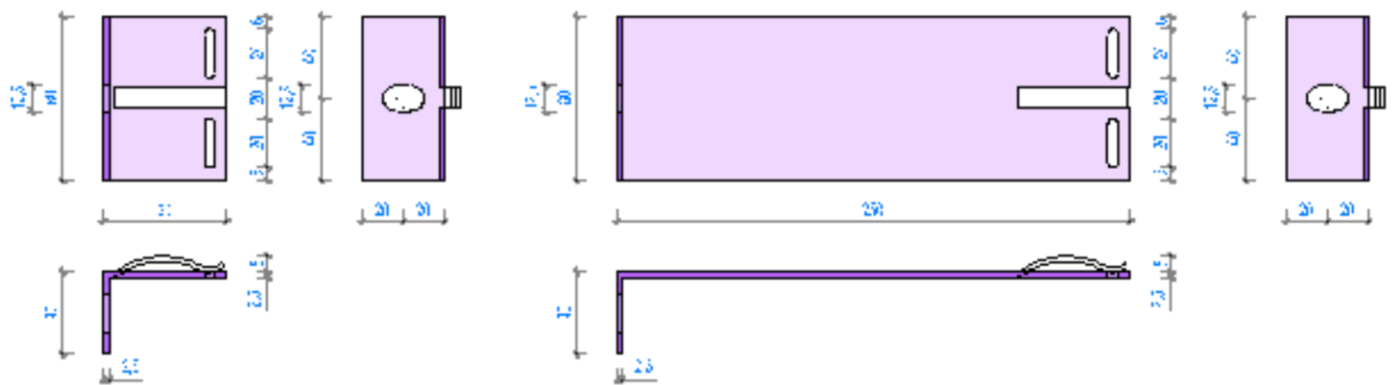
	Domaine sans exigence parasismique
	Pose non autorisée
—	Valeurs non déterminantes pour les fixations

Tableau A1 - Sollicitations en traction-cisaillement appliquées à une cheville pour une pose sur ossature métallique librement dilatable, avec montants de hauteur 3,5 m espacés de 720 mm et fixés par pattes équerres de hauteur soit 150 mm pour le point fixe soit 80 mm pour les points glissants et de longueur 240 mm posées en quinconce, espacées de 1 m
Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs et de l'Eurocode 8-P1

Figures de l'Annexe A



Patte de Fixation Haute - Point: fixe



Patte de Fixation Courante - Point glissant

Désignation	Données Techniques					
	Nu Min	Nu Max	Longeur	Section	Résistance Admissible daN	
	mm	mm	mm	mm	Charge Verticale	Charge Horizontale
Ekeralu TP 60	70	90	60	150 x 3	85	115
Ekeralu TP 80	90	110	80			
Ekeralu TP 100	110	130	100			
Ekeralu TP 120	130	150	120			
Ekeralu TP 140	150	170	140	150 x 4	65	105
Ekeralu TP 160	170	190	160		50	
Ekeralu TP 180	190	210	180			40
Ekeralu TP 200	210	230	200			
Ekeralu TP 220	230	250	220			
Ekeralu TP 240	250	270	240			
Ekeralu CP 60	70	90	60	80 x 3	-	115
Ekeralu CP 80	90	110	80			
Ekeralu CP 100	110	130	100			
Ekeralu CP 120	130	150	120			
Ekeralu CP 140	150	170	140	80 x 4	-	105
Ekeralu CP 160	170	190	160			
Ekeralu CP 180	190	210	180			
Ekeralu CP 200	210	230	200			
Ekeralu CP 220	230	250	220			
Ekeralu CP 240	250	270	240			

Figure A1 – Patte-équerre de fixation

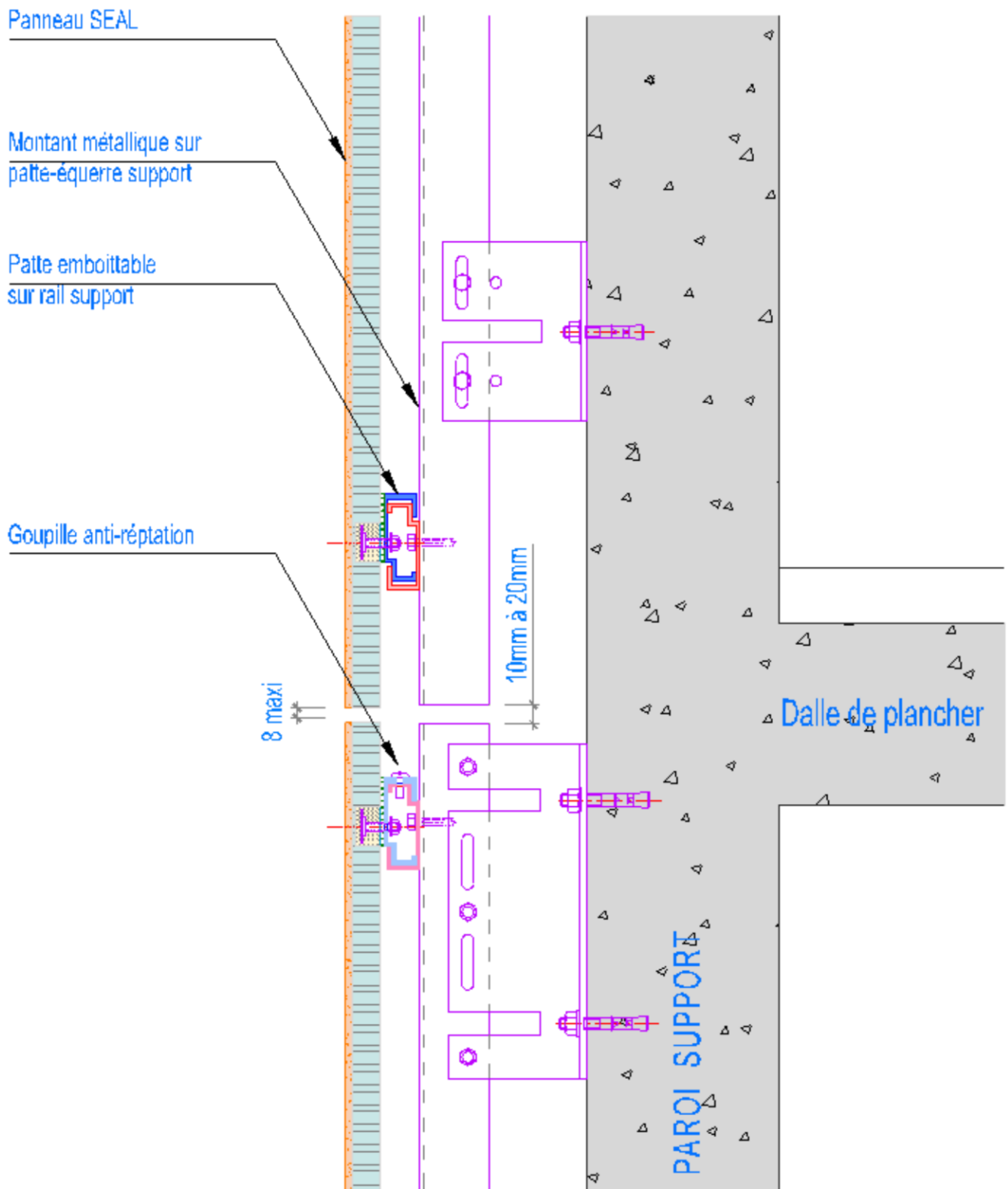
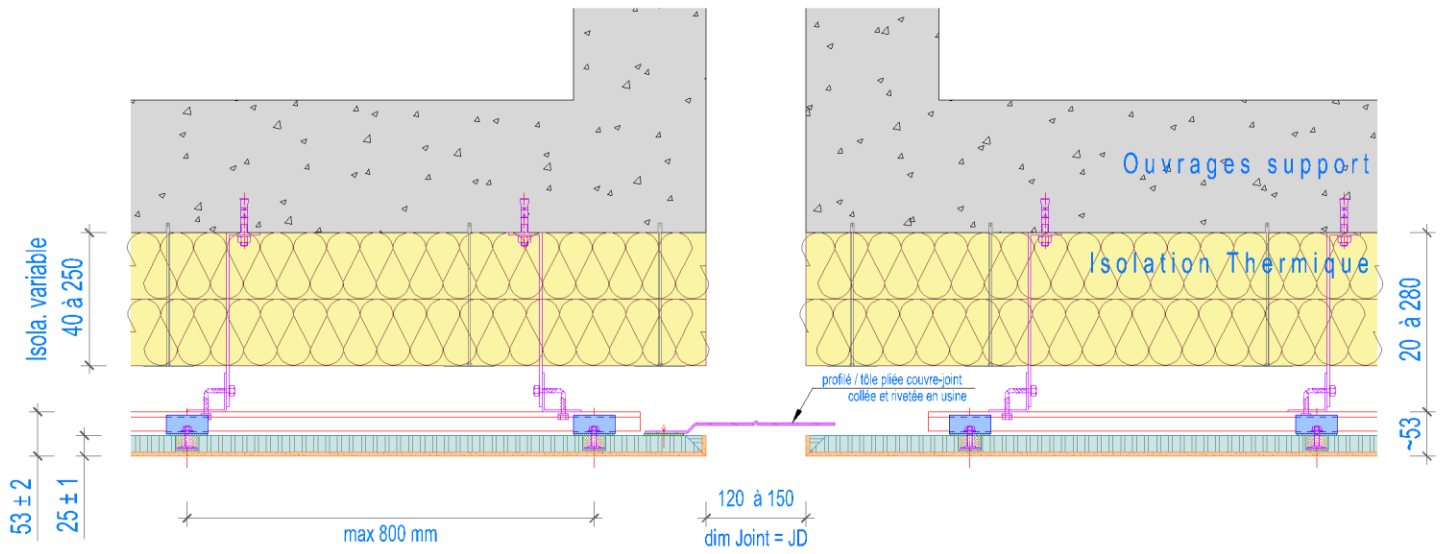


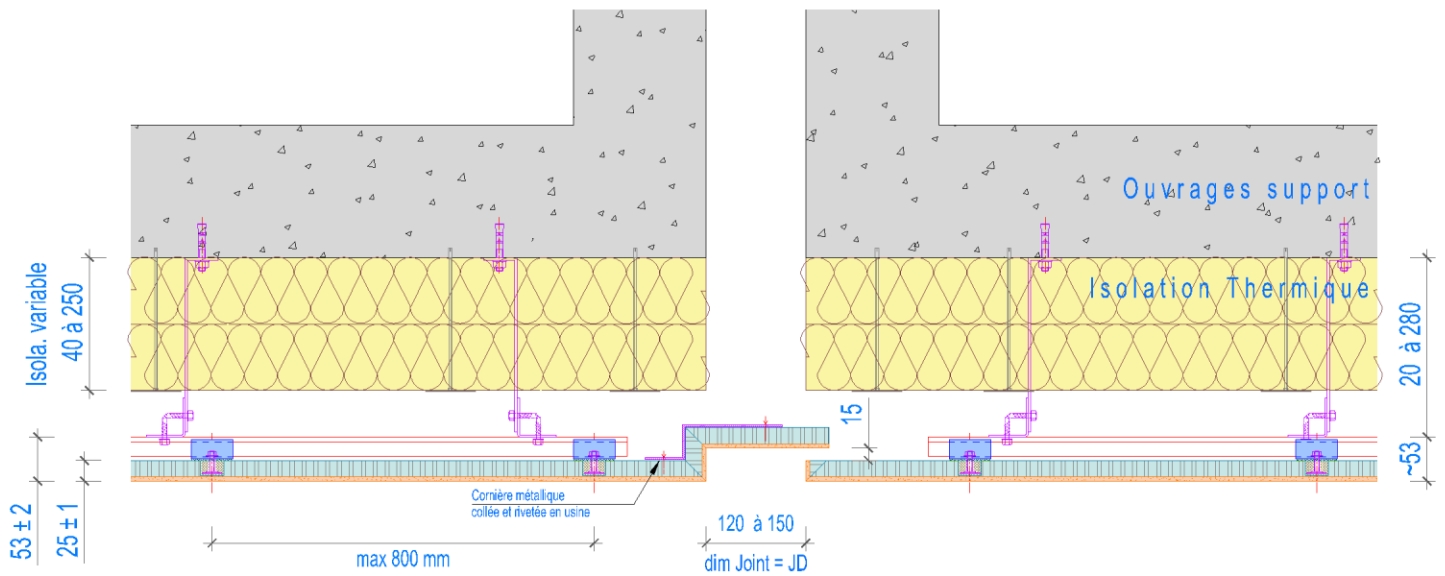
Figure A2 –Fractionnement de l'ossature au droit de chaque plancher

JD



JD avec bavette métallique

JD



JD en Joint-croix

Figure A3 – Traitement des joints de dilatation

Annexe B

Pose du procédé de bardage rapporté SEAL avec parement en céramique de Stone Evolution sur Ossature Métallique en zones sismiques

B1 Domaine d'emploi

Pour des hauteurs d'ouvrage $\leq 3,5$ m, la pose en zones sismiques du procédé de bardage rapporté SEAL est autorisée sans disposition particulière, quelles que soient la catégorie d'importance du bâtiment et la zone de sismicité (cf. Guide ENS).

Le procédé peut être mis en œuvre sur des parois planes verticales, en zones et bâtiments suivant le tableau ci-dessous (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs) :

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	✖	✖	✖	✖
2	✖	✖	X	
3	✖	X ^①	X	
4	✖	X ^①	X	
✖	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté,			
X	Pose autorisée sur parois planes, verticales en béton, selon les dispositions décrites dans cette Annexe,			
①	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions telles que définies au chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.			

B2 Assistance technique

La société Stone Evolution ne pose pas elle-même.

La pose est réalisée par une entreprise spécialisée dans l'isolation extérieure à laquelle Stone Evolution apporte, sur demande, son assistance technique.

B3 Prescriptions

B3.1 Support

Le support devant recevoir le système de bardage rapporté est en béton banché conforme au DTU 23.1 et à l'Eurocode 8-P1

B3.2 Chevilles de fixation au support béton

La fixation au gros-œuvre béton est réalisée par des chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ETE selon ETAG 001 - Parties 2 à 5 (admis comme DEE) avec catégorie de performance C1 évaluée selon l'Annexe E pour toutes les zones de sismicité et toutes les catégories d'importance de bâtiments nécessitant une justification particulière.

Les chevilles en acier zingué peuvent convenir, lorsqu'elles sont protégées par un isolant, pour les emplois en atmosphères extérieures protégées rurales non polluées, urbaines et industrielles normales ou sévères.

Pour les autres atmosphères, les chevilles en acier inoxydable A4 doivent être utilisées.

Ces chevilles métalliques doivent résister à des sollicitations données aux tableaux B1 et B2.

Exemple de chevilles : Cheville FIX Z-XTREM M10x85/5 (tableau B1) ou M12x105/30-10 (tableau B2) de la Société SPIT.

Pour les configurations non envisagées dans ces tableaux, les sollicitations peuvent être calculées selon le *Cahier du CSTB* 3725, dans la limite du domaine d'emploi accepté.

B3.3 Fixation des montants au support béton par pattes-équerres

- Pour les fixations hautes "point fixe", pattes de fixation en aluminium 6060 T6 EKERALU TP de chez IFS. Equerres de 60 mm à 200 mm (ép. 3 mm : de 60 à 120 mm et ép. 4mm : de 140 à 200 mm).
- Pour les fixations courantes "point glissant", pattes de fixation en aluminium 6060 T6 EKERALU CP de chez IFS. Equerres de 60 mm à 200 mm (ép. 3 mm : de 60 à 120 mm et ép. 4mm : de 140 à 200 mm).

Entraxe vertical des équerres 1000 mm maximum, réduit à 500 mm maximum en cas de parement céramique d'épaisseur supérieure à 6mm.

B3.4 Ossature métallique

L'ossature aluminium de conception librement dilatable est conforme aux prescriptions du *Cahier du CSTB 3194_V3* et au paragraphe 3.7 du Dossier Technique.

- Montants verticaux en aluminium 6060 T5 conforme à la norme NF A50-411 et NF A50-710.
- Profilé ALUFIX L ou T 52x40/2,5 de chez IFS selon les dispositions du calepinage de la façade et la géométrie des ouvrages du support ; ces profilés facilitent le raccordement entre panneaux et facilitent la juxtaposition des ossatures secondaires.

L'entraxe des profilés est de 800 mm maximum.

Les montants sont fractionnés au droit de chaque plancher.

B3.5 Profils horizontaux

Pattes et rails horizontaux de support et maintien en aluminium anodisé ou thermolaqué, 6060 T6, fixation invisible à l'arrière des panneaux SEAL ; les rails sont rivetés/vissés sur l'ossature verticale à un entraxe de 800mm maximum.

Les pattes emboitables sont fixées au dos des panneaux SEAL suivant procédé SEAL décrit dans le présent Avis Technique pour la production des panneaux avec vis M6 Inox dans inserts inox taraudés scellés dans la résine bi-composante, cf. § 2.2.4, 2.2.5 et 2.8.1.2 du dossier technique.

B3.6 Eléments de bardage

Les panneaux mis en œuvre en zones sismiques selon les dispositions décrites ci-dessus sont de facture standard, en tous points identiques aux panneaux fabriqués suivant le procédé SEAL décrit dans le présent Document Technique pour la production des panneaux. L'entraxe de pose des inserts limité à 800 mm horizontalement et 800 mm verticalement.

En partie haute du panneau, le blocage latéral pour anti-reptation des pattes emboitables sur les rails est effectué aux deux extrémités par des boulons inox M6 (L=16mm) en guise de goupille.

La fixation des éléments de bardage est conforme au § 2.4.7 du Dossier Technique.

Tableaux de l'Annexe B

Parement Céramique 6mm

Point dilatable

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		340			1698	
	3	445	534		2224	2668	
	4	647	776		3234	3881	
Cisaillement (V)	2		–			113	
	3	–	–		148	178	
	4	–	–		216	259	

Cheville FIX Z-XTREM / M10x85/5

Point fixe

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		2272			3250	
	3	2495	2684		3776	4221	
	4	2924*	3198*		4787*	5434*	
Cisaillement (V)	2		647			657	
	3	647	647		664	671	
	4	647*	647*		682*	697*	

Cheville FIX Z-XTREM / M10x85/5

ou *M12x105/30-10

	Domaine sans exigence parasismique
	Pose non autorisée
–	Valeurs non déterminantes pour les fixations

Tableau B1 – Pour panneaux SEAL avec parement céramique de 6mm d'épaisseur
Sollicitations en traction-cisaillement appliquées à une cheville pour une pose sur ossature métallique librement dilatable, avec montants de hauteur 3,5 m espacés de 800 mm et fixés par pattes équerres de hauteur soit 150 mm pour le point fixe soit 80 mm pour les points glissants et de longueur 200 mm posées en quinconce, espacées de 1 m - Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs et de l'Eurocode 8-P1

Parement Céramique 12mm**Point dilatable**

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		301			1506	
	3	394	473		1972	2367	
	4	574	689		2869	3443	
Cisaillement (V)	2		–			100	
	3	–	–		131	158	
	4	–	–		191	230	

Cheville FIX Z-XTREM / M10x85/5

Point fixe

Sollicitations (N)	Zones de sismicité	Plan perpendiculaire à la façade			Plan parallèle à la façade		
		Classes de catégories d'importance des bâtiments			Classes de catégories d'importance des bâtiments		
		II	III	IV	II	III	IV
Traction (N)	2		2944			3811	
	3	3141	3309		4277	4672	
	4	3521*	3765*		5174*	5748*	
Cisaillement (V)	2		960			966	
	3	960	960		969	973	
	4	960*	960*		979*	987*	

Cheville FIX Z-XTREM / M10x85/5

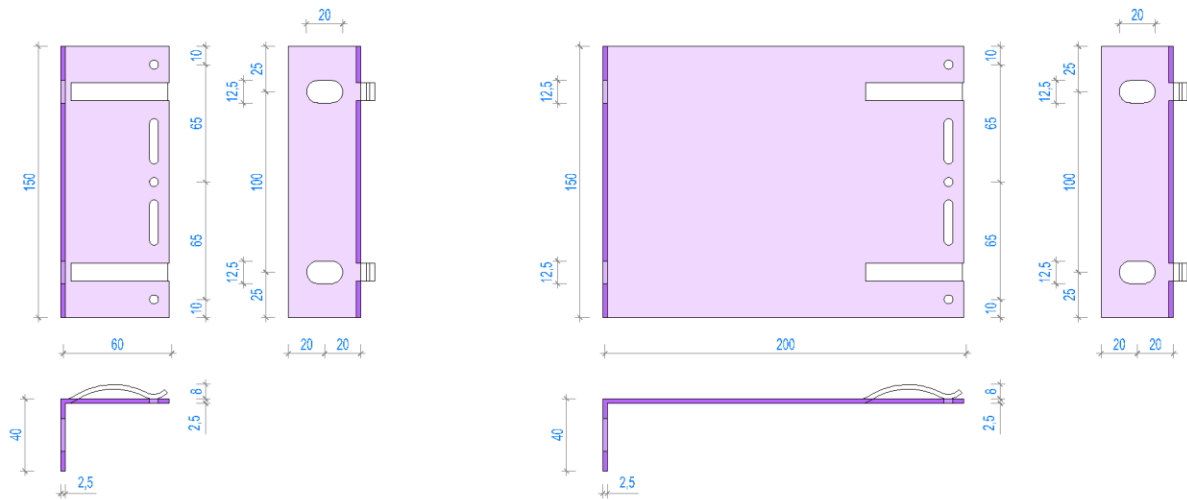
ou *M12x105/30-10

–

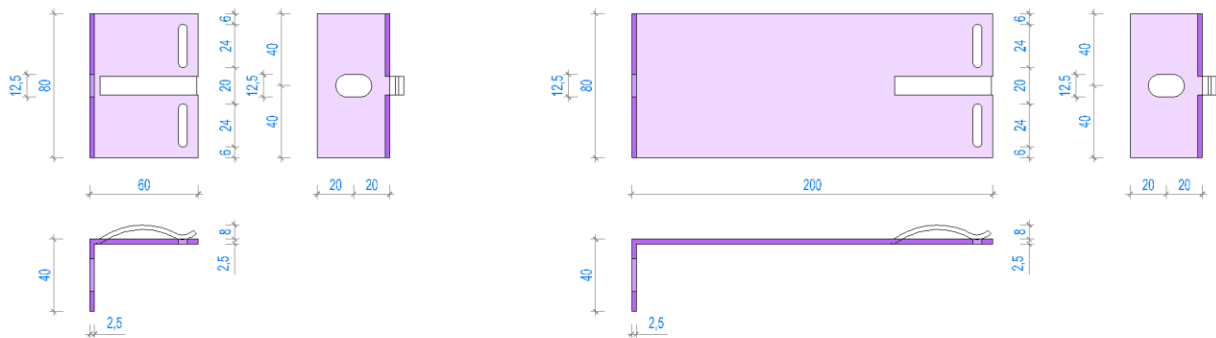
Domaine sans exigence parasismique**Pose non autorisée****Valeurs non déterminantes pour les fixations****Tableau B2 – Pour panneaux SEAL avec parement céramique de 12mm d'épaisseur**

Sollicitations en traction-cisaillement appliquées à une cheville pour une pose sur ossature métallique librement dilatable, avec montants de hauteur 3,5 m espacés de 800 mm et fixés par pattes équerres de hauteur soit 150 mm pour le point fixe soit 80 mm pour les points glissants et de longueur 200 mm posées en quinconce, espacées de 50 cm -Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs et de l'Eurocode 8-P1

Figures de l'Annexe B



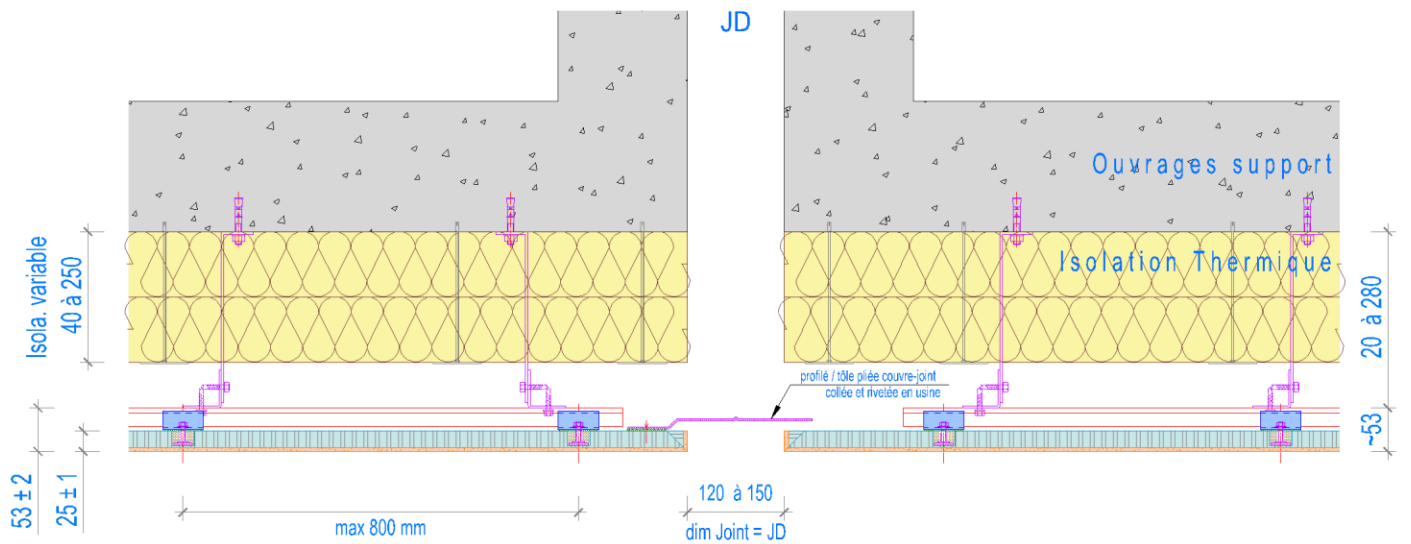
Patte de Fixation Haute - Point fixe



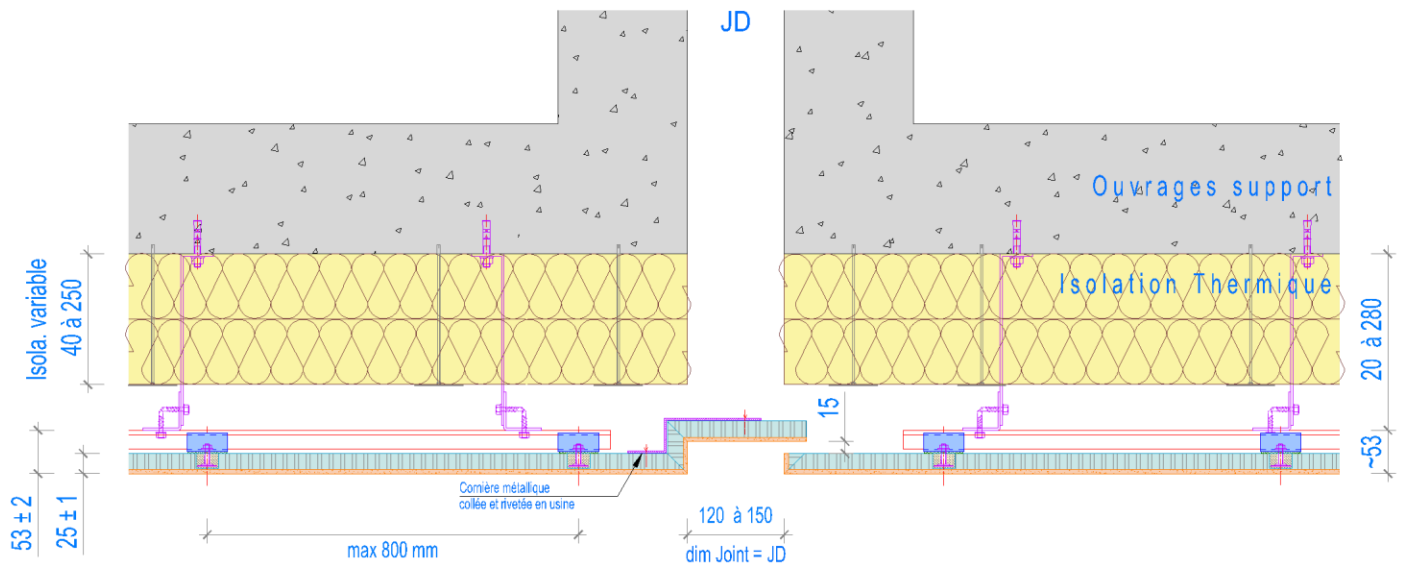
Patte de Fixation Courante - Point glissant

Désignation	Données Techniques					
	Nu Min	Nu Max	Longueur	Section	Résistance Admissible daN	
	mm	mm	mm	mm	Charge Verticale	Charge Horizontale
Ekeralu TP 60	70	90	60	150 x 3	85	115
Ekeralu TP 80	90	110	80			
Ekeralu TP 100	110	130	100			
Ekeralu TP 120	130	150	120			
Ekeralu TP 140	150	170	140	150 x 4	65	105
Ekeralu TP 160	170	190	160			
Ekeralu TP 180	190	210	180		50	70
Ekeralu TP 200	210	230	200			
Ekeralu CP 60	70	90	60	80 x 3	-	115
Ekeralu CP 80	90	110	80			
Ekeralu CP 100	110	130	100			
Ekeralu CP 120	130	150	120			
Ekeralu CP 140	150	170	140	80 x 4	-	105
Ekeralu CP 160	170	190	160			
Ekeralu CP 180	190	210	180			70
Ekeralu CP 200	210	230	200			

Figure B1 – Patte-équerre de fixation



JD avec bavette métallique



JD en Joint-croix

Figure B2 – Traitement des joints de dilatation