

Sur le procédé

Mineral System Panel (MSP)

Famille de produit/Procédé : Bardage rapporté en pierre naturelle

Titulaire(s) : Société REAL MARBRE

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 vêtüre

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n° 2.2/22-1849_V1. Cette 1ère révision intègre les modifications suivantes : • Ajout des agrafes ponctuelles ; • Modification des performances au vent admissible ; • Modification des performances aux chocs extérieurs ; • Mise à jour du domaine d'emploi en zones sismique pour la pose en sous-face ; • Ajout d'une FDES.	MOKRANI Youcef	FAYARD Stéphane
V1	Il s'agit d'une nouvelle demande.	SCHNEIDER Cédric	FAYARD Stéphane

Descripteur :

Le système MINERAL SYTEM PANEL (MSP) est un procédé de bardage rapporté pouvant être constitué d'un panneau avec parement de :

- Pierre naturelle fine (calcaire, marbre, granit),

ou

- Céramique Laminam,

associé à un panneau à âme en nid d'abeille (références N1 ou N2). Au dos des panneaux sont fixés des rails ou des agrafes ponctuelles, ces derniers s'emboîtent avec des rails fixés sur une ossature aluminium. Cette ossature primaire est fixée par pattes-équerrres créant ainsi un espace ventilé.

Une isolation complémentaire est le plus souvent disposée entre l'ouvrage et le revêtement, cette isolation étant ventilée par la lame d'air circulant entre l'isolant et la face arrière des panneaux.

- Les ouvrages visés sont décrits au §1.1.2.
- Performances aux chocs : cf. § 1.2.1.5
- Contribution à l'étanchéité : cf. § 1.2.1.8
- Mise en œuvre en étage ou en rez-de-chaussée en fonction de la résistance aux chocs définie au § 1.2.1.5
- La dépression de vent du site est à comparer avec les performances au vent admissible par rapport au vent normal selon les règles NV65 modifiées indiquées au §1.1.2.
- Le procédé de bardage rapporté peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments selon les dispositions de l'Annexe A.
- Le §2.7 décrit les principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.

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	6
1.2.3.	Fabrication et contrôles (cf. § 2.8)	6
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.	Coordonnées	8
2.1.2.	Identification	8
2.1.3.	Distribution	8
2.1.4.	Assistance technique.....	9
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Composants du bardage.....	9
2.2.2.	Eléments de bardage	9
2.2.3.	Fixations	10
2.2.4.	Ossatures	11
2.2.5.	Isolant	11
2.2.6.	Accessoires associés	11
2.3.	Dispositions de conception.....	11
2.3.1.	Fixations	12
2.3.2.	Ossature aluminium	12
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	12
2.4.1.	Livraison et stockage	12
2.4.2.	Pose de l'isolant thermique	12
2.4.3.	Pose des ossatures	12
2.4.4.	Pose des rails support	13
2.4.5.	Mise en œuvre du bardage rapporté.....	13
2.4.6.	Joints de panneaux et compartimentage de la lame d'air.....	13
2.4.7.	Ventilation de la lame d'air.....	14
2.4.8.	Pose en zones exposées aux chocs.....	14
2.4.9.	Pose en habillage de sous-face avec rails continus au dos des panneaux (cf. fig. 10)	14
2.4.10.	Contrôle de pose	14
2.4.11.	Points singuliers	14
2.4.12.	Conditions d'acceptation de l'ouvrage	14
2.5.	Entretien et remplacement	15
2.5.1.	Entretien	15
2.5.2.	Remplacement d'un panneau	15
2.5.3.	Ancrage d'échafaudage	15
2.6.	Traitement en fin de vie	15
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	15
2.7.1.	Fabrication	15
2.7.2.	Contrôles de fabrication.....	16

2.8.	Mention des justificatifs	17
2.8.1.	Résultats expérimentaux	17
2.9.	Références Chantier	18
	Tableaux du Dossier Technique	19
	Schémas du Dossier Technique	20
	Annexe A- Pose du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sur ossature aluminium en zones sismiques	42
A1	Domaine d'emploi	42
A2	Assistance technique	43
A3	Prescriptions	43
A3.1	Support	43
A3.2	Chevilles de fixation au support béton	43
A3.3	Ossature primaire	43
A3.4	Rails 43	
A3.5	Panneaux	43
A4	Résultats expérimentaux.....	43
	Tableaux de l'Annexe A	44
	Figures de l'Annexe A	45

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné, le 24 mars 2026, 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 (cf. § 1.2.1.5).

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 § 2.4.9 du Dossier Technique.

Exposition au vent correspondant à des pressions et dépressions admissible sous vent normal (exprimée en Pascals) selon les règles NV65 modifiées de valeur maximum 2323 Pa pour les formats 1960 mm x 980 mm et 1500 Pa pour les formats 3000 mm x 1500 mm (cf. Tableau 3).

Le procédé de bardage rapporté MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments selon les dispositions particulières décrites en 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 parement : selon les préconisations du rapport d'essais n° EFR-22-000800 cité au § 2.8.1.
- La masse combustible du parement : selon les préconisations du rapport d'essais n° 19-0144 cité au § 2.8.1.

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 MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) peut être mis en œuvre en zones de sismicité et bâtiments définies en Annexe A (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs).

1.2.1.5. Performances aux chocs

Les performances aux chocs extérieurs du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) correspondent, selon la norme P08-302 et les Cahiers du CSTB 3546-V2 et 3534, aux classes d'exposition en parois difficilement remplaçables selon le tableau 1.

Parements	Entraxes des inserts 800x800mm	
	Distance inserts / bords panneau 150x150mm	
Pierre calcaire	Q4	
Granit	Q4	
Marbre	Q4	
Céramique	Distance inserts / bords panneau 90x90mm	Distance inserts / bords panneau 35x35mm
	Q1	Q4

Tableau 1 - Classement aux chocs selon type de parement

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. Eléments 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 :

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

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-RE-bâtiment 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.

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 procédé est approuvée favorablement dans le cadre du domaine d'emploi revendiqué.

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 environnementaux

1.2.4.1. Données environnementales¹

Les données environnementales sont uniquement issues des éléments constitutifs du dossier technique du titulaire et ne font l'objet d'aucune prescription du groupe spécialisé.

Elles ont pour objet de servir au calcul réglementaire de la performance énergétique et environnementale des bâtiments, dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

Le procédé MINERAL SYSTEM PANEL dispose d'une données environnementales référencées sous INIES sous l'id 38897 (<https://base-inies.fr/consultation/infos-produit/38897>).

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

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 figures du Dossier Technique.

Ces dispositions ne se substituent pas à celles qui sont visées par le Groupe Spécialisé dans le présent Avis Technique pour les aspects qui ne relèvent pas de la sécurité incendie.

Pour les ouvrages extérieurs verticaux ou les terrasses, un mastic stable vis-à-vis des risques de tache, en particulier pour les joints de fractionnement et de dilatation, est utilisé. Pour vérifier cette stabilité au tachage, des essais de convenance sont à réaliser, en accord avec l'entreprise, par le fournisseur de mastic et selon l'une des deux normes ISO 16938-1 ou ISO 16938-2.

Le montant vertical est fixé à l'aide de 3 vis par pattes-équerrres (cf. fig. 7).

Les différentes dispositions de mise en œuvre (dimensions des panneaux, les entraxes des inserts et la position au bord des panneaux des inserts) vis-à-vis de la tenue au sismique, tenue aux chocs "renforcée", pose en sous-face, doivent être prises en compte dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) et une coordination appropriée doit être mise en place entre le concepteur, l'entreprise de pose et le fabricant.

Cet Avis Technique est assujéti à une certification de produits  portant sur les panneaux Mineral System Panel.

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

2.1.1. Coordonnées

Titulaire(s) : Société MINERAL SYSTEM
 Zona Industrial Neiva, Rua A, n°58
 4935-589 Viana do Castelo, PORTUGAL
 Tél. : (+351) 258 330 081
 Email : geral@mineral-system.com
 Internet : <https://mineral-system.com>

Distributeur(s) : Société REAL MARBRE
 6, rue Saint Florentin
 FR - 75001 PARIS
 Tél. : (+33) 1 42 61 84 00
 Email : rmparis@realmarbre.fr
 Internet : www.real-marbre.com

2.1.2. Identification

Les éléments MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) bénéficiant d'un certificat  sont identifiables par un marquage conforme aux « Exigences particulières de la Certification  des bardages rapportés, vêtements et vêtements, 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 panneaux Mineral System Panel.

2.1.3. Distribution

La société MINERAL SYSTEM fournit systématiquement l'ensemble des composants suivants :

- Les panneaux Mineral System Panel munis d'inserts scellés
- Les rails et les agrafes emboîtables au dos des panneaux
- Les contre-rails support
- Les vis auto-perceuses

Selon la demande du client ou les spécificités du projet, elle peut également fournir :

- Les montants verticaux
- Les pattes-équerrés
- Si le silicone/mastic est demandé, le mastic/silicone de calfeutrement neutre.

Tous les autres éléments sont directement approvisionnés par le poseur, en conformité avec les préconisations du présent Dossier Technique.

La société MINERAL SYSTEM ne pose pas elle-même ; elle distribue et livre les éléments du système MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à des entreprises spécialisées dans la pose de bardage rapporté.

La société MINERAL SYSTEM met à disposition, à la demande du poseur, une assistance technique tant au niveau de l'étude du projet qu'au stade de son exécution.

2.1.4. Assistance technique

La société MINERAL SYSTEM met à disposition, à la demande du poseur, une assistance technique tant au niveau de l'étude du projet qu'au stade de son exécution.

La mise en œuvre est effectuée par des entreprises spécialisées dans les revêtements de bardages rapportés, dont le personnel a reçu une formation sur la mise en œuvre des panneaux du système Mineral System Panel (MSP), dispensée par la Société MINERAL SYSTEM.

Cette formation est validée par une attestation nominative.

2.2. Description

2.2.1. Composants du bardage

Le procédé Mineral System Panel est un système complet de bardage comprenant :

2.2.2. Eléments de bardage

2.2.2.1. Panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP)

Les panneaux Mineral System Panel (MSP) sont constitués :

- D'un parement extérieur en pierre naturelle mince ou en céramique.

L'épaisseur du parement en pierre naturelle mince est de 5 mm (± 1 mm).

Le parement en céramique est d'épaisseur 6 mm (± 1 mm).

- Collé à la résine époxy MS1 sur l'âme en nid d'abeille (référence N1 ou N2) aluminium comportant de part et d'autre une peau de fibres de verre pré-imprégnée de résine époxy MS1 (cf. fig. 1).
- Épaisseur totale :
 - Avec parement pierre : 25 mm ± 1 mm,
 - Avec parement Céramique : 26 mm ± 1 mm.
- Tolérances dimensionnelles des éléments standards de fabrication :
 - Longueur maximale : 2000 à 3500 mm (± 10 mm) selon les dimensions des tranches de pierre,
 - Largeur maximale : 1250 à 2000 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

Le positionnement des inserts est déterminé selon une distance maximale de 800 mm horizontalement et 800 mm verticalement avec des distances au bord définies au tableau 2.

Les panneaux peuvent être découpés sur mesure en usine dans la limite du format maximal.

2.2.2.2. Parement

2.2.2.2.1. Pierres naturelles

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), de caractéristiques satisfaisant aux prescriptions particulières ci-après :

- Contrainte de rupture en flexion selon NF EN 12372 : ≥ 5 MPa
- Porosité $< 50\%$ répondant à la norme européenne NF EN 1936.
- Matériau sciable en tranches de 2 cm d'épaisseur
- Gélivité conforme au tableau 2 de la norme NF B 10 601

Le collage de la pierre sur le sandwich nid d'abeille (référence N1 ou N2) est réalisé avec la résine époxy MS1.

Toutes les finitions traditionnelles de la pierre peuvent être réalisées : polie, adoucie, sablée, bouchardée, brossée, layée, flammée...

2.2.2.2.2. Céramique

Matières premières argileuses, roches granitiques et métamorphiques à composant feldspathique et pigments céramiques, compactées par un moulage spécial dans un compacteur et frittage à 1200°C, avec une cuisson hybride.

Les plaques céramiques de référence Laminam 5 de la société LAMINAM, teintées dans la masse, avec décoration sur la surface, sont conformes à la norme NF EN 14411 (EN ISO 10545), à faible absorption d'eau – groupe B1a ($\leq 0,5\%$).

Sites de production du fabricant : Société LAMINAM Spa, Via Ghiarola Nuova 258, 41042 Fiorano Modenese (MO) et Via Primo Brindani 1 43043, Borgo Val di Taro – Italie.

Le collage de la céramique sur le panneau nid d'abeille (référence N1 ou N2) est réalisé avec la résine époxy MS1.

Masse surfacique moyenne du produit MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) : $18 (\pm 1) \text{ kg/m}^2$.

Toutes les finitions traditionnelles de la céramique peuvent être réalisées, par exemple : mat, structuré, semi lustré, silktouch, poli).

2.2.2.3. Panneau composite en nid d'abeille (références N1 ou N2)

Le panneau nid d'abeille (références N1 ou N2) en alliage d'aluminium AL 3003 présente les caractéristiques suivantes :

- Masse volumique : 37 kg/m^3
- Dimensions :
 - Largeur : 1250 mm à 1500 mm ($\pm 10 \text{ mm}$)
 - Longueur : 2000 mm à 3000 mm ($\pm 10 \text{ mm}$)
 - Épaisseur : $20\text{mm} \pm 0,02\text{mm}$
 - Dimension cellule 3/8" – 9,52mm

Les tissus de fibres de verre sont préimprégnés de résine époxy de part et d'autre du nid d'abeille (référence N1 ou N2).

2.2.3. Fixations

Les différents points de fixation prévus dans la mise en œuvre des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) mis en œuvre dans le présent avis technique sont :

- Fixation des pattes-équerrres contre les ouvrages support par l'intermédiaire de chevilles adaptées
- Fixation des montants sur les pattes-équerrres d'appuis sur l'ouvrage support par l'intermédiaire de vis auto-perceuses PERFIX 3 TH8 Ø 5,5 x 25 mm avec une résistance à l'arrachement P_k de 364 daN selon la norme NF P 30-310 pour une ossature en aluminium de 2 mm d'épaisseur (outillage préconisé : visseuse FEIN SCS 6.3-19X puissance 400 W mini avec limiteur de couple - embout de vissage : douille à 6 pans de 8 mm).
- Fixation des rails emboîtables support sur les montants par l'intermédiaire de vis auto-perceuses PERFIX 3 TH8 Ø 5,5 x 25 mm + rondelle Ø 6 de résistance à l'arrachement P_k de 364 daN (outillage préconisé : visseuse FEIN SCS 6.3-19X puissance 400 W mini avec limiteur de couple - embout de vissage : douille à 6 pans de 8 mm).
- Fixation des rails sur les contre-rails par emboîtement.

2.2.3.1. Rails Emboîtables

Les pièces spécifiques au montage des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) constituant l'ossature secondaire sont décrites ci-après :

- Rails C+ fixé horizontalement sur les montants. Aluminium 6060 T6 extrudé brut.
 - Épaisseur : 30/10
 - Longueur : 3 m
 - Conforme aux normes : Cahier du CSTB 3194_V3 : Caractéristiques produits conformes aux normes NF EN 1301-1 et NF EN 755-2.
- Agrafes C+ ou rail C+ emboîtables en aluminium 6063 T66
 - Épaisseur : 30/10
 - Section : 50*64,5*25

Les rails ou les agrafes supérieurs du panneau reprennent les effets du poids et du vent. Aux extrémités latérales, des vis de réglage en inox (TH6*10) permettent d'assurer l'horizontalité du panneau. Les rails intermédiaires et inférieurs ne reprennent que les effets du vent.

Les rails ou les agrafes avec un point fixe sont uniquement utilisés en rive supérieure de façade, avec une vis autoperceuse pour éviter le soulèvement des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) (cf. fig. 5). Le percement des rails correspond aux inserts placés à l'arrière des panneaux.

- Des cales de réglage en PVC massif d'épaisseurs : 2 et 3 mm (cf. fig. 4) peuvent être insérées ponctuellement entre le panneau et le rail ou le panneau et l'agrafe afin d'uniformiser l'épaisseur totale du procédé, soit en usine (le plus souvent), soit sur site par le poseur. Ces cales sont fournies par l'entreprise de pose lorsque posées sur chantier.

2.2.3.2. Inserts

Au dos des panneaux Mineral System Panel (MSP) des inserts taraudés en acier inox 316s, pour fixation mécanique, sont ancrés au sandwich nid d'abeille (référence N1 ou N2) à l'aide de la résine MS1 ou MS2. Un trou fraisé Ø 24 mm est réalisé en face arrière dans le nid d'abeille (référence N1 ou N2). Celui-ci est garni de résine époxy MS1 ou MS2 à deux composants à prise rapide et reçoit l'insert. La résine durcit ensuite à température ambiante sous contrôle dans les ateliers de MINERAL SYSTEM. Le positionnement des inserts est déterminé en fonction du plan de calepinage et des feuilles de production, selon une distance maximale de :

- 800 mm horizontalement et 800mm verticalement
- A 150 mm maxi (horizontalement et verticalement) du bord des panneaux (cf. tableau 1)

2.2.4. Ossatures

2.2.4.1. Ossature aluminium

- Les composants de l'ossature sont conformes aux prescriptions du Cahier du CSTB 3194_V3.
- Les profilés verticaux sont en aluminium.
- L'ossature est considérée en atmosphère extérieure protégée et ventilée.
- Les montants sont fixés au gros œuvre par l'intermédiaire de pattes-équerres.
- La conception de l'ossature pourra être bridée (longueur maximale de 3 m) ou librement dilatable (longueur maximale de 6 m (cf. fig. 11), elle sera déterminée en fonction de la hauteur du bâtiment, de son exposition et de la nature des parois à revêtir. L'entraxe des montants est de 800 mm maximum. Il est impératif de prendre en considération les conditions d'exposition de l'ouvrage, sa hauteur et la nature des parois à revêtir afin de choisir le type d'ossature le plus adapté.
- L'ossature en aluminium est constituée de profilés verticaux réalisés par extrusion d'alliage d'aluminium 6060 T5, d'épaisseur 2,5 mm minimum. Les profilés en T ou en L répondent à ces exigences et sont conformes au Cahier du CSTB 3194_V3.
- La largeur d'appui offerte par les montants en L est au moins de 40 mm et celle par les montants en T de 80 mm. Les profilés T sont utilisés à la jonction des rails horizontaux et les profilés en L en zone courante.
- L'entraxe des pattes-équerres sera calculé en fonction des caractéristiques mécaniques des montants et de la pression (dépression) selon les règles NV 65 modifiées, sans toutefois excéder 1,35 m conformément au Cahier du 3194_V3.

2.2.4.2. Pattes équerres de fixation

Les pattes-équerres sont en alliage d'aluminium (6060 T5), d'épaisseur minimum 3 mm. Les pattes-équerres sont conformes au Cahier du CSTB 3194_V3.

La résistance admissible de la patte équerre aux charges verticales à prendre en compte doit être celle correspondant à une déformation sous charge égale à 1mm.

2.2.5. Isolant

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

Il est important de veiller à ce que l'épaisseur de la lame d'air ventilée entre l'isolant et le dos du panneau Mineral System Panel (MSP) soit d'au moins 20mm.

2.2.6. Accessoires associés

2.2.6.1. Cales de réglages

Des cales de réglage en PVC massif ou Polyamide (imputrescibles) peuvent être insérées entre le panneau et l'agrafe afin d'uniformiser l'épaisseur totale du procédé, soit en usine (le plus souvent), soit sur site par le poseur. Épaisseurs : 1 à 3 mm (cf. fig. 4).

2.2.6.2. Mastic / silicones

Sur demande des DPM, pour des raisons esthétiques un silicone de calfeutrement neutre peut être mis en œuvre pour remplir les joints entre panneaux (6mm $\pm$ 1mm). Ces silicones de calfeutrement sont fournis par l'entreprise de pose.

Le mastic/silicone doit être adapté pour la façade, c'est à dire de nature élastique (E) avec une capacité de mouvement de 25% (certification GF 25E).

La justification de la compatibilité du mastic de calfeutrement avec les matériaux à son contact ainsi que la non-tâchabilité de la pierre devra être apportée au cas par cas par le poseur

Pour vérifier cette stabilité au tache, des essais de convenance sont à réaliser, en accord avec l'entreprise, par le fournisseur de mastic et selon l'une des deux normes ISO 16938-1 ou ISO 16938-2.

D'autres mastics/silicones peuvent être utilisés. Le label SNJF est exigé pour le mastic, et sa non tachabilité 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 Mineral System) selon les dispositions fixées par la norme ISO 16938-2.

2.3. Dispositions de conception

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 §1.1.2.

Les ossatures métalliques doivent faire l'objet d'une note de calcul pour chaque chantier, selon les *Cahiers 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 3,5 pris sur la valeur de 7500 Pa, valeur à laquelle une déformation, sans ruine, de l'agrafe a été observée en essai.

2.3.1. Fixations

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 les méthodes définies dans l'ETE, évaluée selon les EAD 330232-01-0601, 330284-00-0604 ou 330076-00-0604.

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*).

2.3.2. Ossature aluminium

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

- La résistance admissible de la patte équerre aux charges verticales à prendre en compte doit être celle correspondant à une déformation sous charge égale à 1 mm.
- La coplanéité des montants devra être vérifiée entre profilés adjacents avec un écart admissible maximal de 2mm.
- L'entraxe maximal des montants est de 800 mm.
- La distance maximale entre les équerres est de 1,35 m. Les pattes équerres sont fixées en quinconce de part et d'autre du montant.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Livraison et stockage

Pendant le transport, il est particulièrement important d'avoir les chants bien protégés.

Les panneaux sont livrés sur chantier, emballés dans des caisses.

Lorsque les panneaux sont déballés, il est préférable de les disposer avec un repérage visible selon le plan de calepinage afin de limiter leurs manipulations. L'exécution de ces procédures limite les risques de chocs de la pierre dont les arêtes sont fragiles. Dans le cas de pierres polies ou adoucies, la manutention des panneaux peut être facilitée par l'utilisation de ventouses.

2.4.2. Pose de l'isolant thermique

L'isolant, certifié ACERMI, est mis en œuvre conformément aux prescriptions des documents : « 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*).

2.4.3. Pose des ossatures

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

- La coplanéité des montants devra être vérifiée entre profilés adjacents avec un écart admissible maximal de 2 mm.
- L'entraxe maximal des montants est de 800 mm.

L'entraxe maximum des ossatures est de 800 mm. Le long des montants, l'écartement entre les pattes équerres est déterminé en fonction des conditions d'exposition (zones et sites définis dans les règles NV65 modifiées) et de la hauteur de l'ouvrage. La distance maximale entre les équerres est de 1,35 m.

Les pattes équerres sont fixées en quinconce de part et d'autre du montant.

La pose des ossatures support est différente selon ouvrages visés (cf. tableau 2). L'entraxe des inserts au dos des panneaux Mineral System Panel est de 800x800mm.

		Panneaux Pierres naturelles Format maximum 1500x3000mm	
ZONES	Entraxe maximal des montants (mm)	Distance maximale au bord des inserts* (mm)	
Zones sans exigences particulières	800	150x150 (Q4)	
Zones exposées aux chocs	800		
Zones Sismiques	650		
En sous face (rails continus au dos des panneaux MSP)	400		
* selon les dispositions du tableau 1			

	Panneaux Céramique Format maximum 1500x3000mm	
ZONES	Entraxe maximal des montants (mm)	Distance maximale au bord des inserts* (mm)
Zones sans exigences particulières	800	90x90 (Q1)
Zones exposées aux chocs	800	35x35 (Q4)
Zones Sismiques	650	90x90 (Q1) 35x35 (Q4)
En sous face (rails continus au dos des panneaux MSP)	400	
* selon les dispositions du tableau 1		

Tableau 2 - Pose des ossatures selon les ouvrages visés

2.4.4. Pose des rails support

Fixation des rails emboîtables support sur les montants par l'intermédiaire de vis auto-perceuses PERFIX 3 TH8 - Ø 5,5 x 25 mm avec une résistance à l'arrachement Pk 364 daN selon la norme NF P 30-310 pour une ossature en aluminium de 2 mm d'épaisseur (outillage préconisé : visseuse FEIN SCS 6.3-19X puissance 400 W mini avec limiteur de couple - embout de vissage : douille à 6 pans de 8 mm). L'aboutage des rails se fait sur l'un des montants verticaux T, dont la largeur ne doit pas être inférieure à 80 mm conformément au Cahier du CSTB 3194_V3. La jonction entre deux segments de rail devra toujours laisser un joint ouvert d'au moins 10 mm (cf. fig. 8bis).

Le porte-à-faux des rails après le dernier montant est au maximum de 250 mm.

2.4.5. Mise en œuvre du bardage rapporté

Les panneaux sont posés de bas en haut par rangées horizontales successives sur l'ossature aluminium primaire préalablement montée.

La pose sur ossature aluminium 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).

Un calepinage doit être réalisé pour déterminer la dimension des panneaux, l'emplacement des inserts au dos de ces derniers ainsi que le positionnement des profilés aluminium de l'ossature.

Avec le système de rails aluminium emboîtables, les séquences de pose sont les suivantes :

- Fixation des rails sur l'ossature primaire à l'aide de vis traversantes ; vis inox Ø 5,5 x 25 mm type Drillfix (perçement par vissage au Ø de la vis) ;
- L'utilisation de piges ou de gabarits adaptés aux panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) et aux dimensions récurrentes des rails permet le réglage des rails de proche en proche. Des cales fourches peuvent être utilisées pour rattraper les éventuels défauts de planéité des supports (cf. fig. 6) ;
- Les rails et les agrafes sont anodisés ou thermolaqués, leur emboîtement ne pose pas de souci particulier ; éventuellement, la pulvérisation des rails avec de l'eau savonneuse peut faciliter l'emboîtement. Le panneau avec ses rails sur la face arrière est présenté de face puis glissé vers le bas jusqu'à emboîtement des deux rails en regard.

En rives supérieures de façade, un dispositif d'anti-reptation par une vis inox traversante, type Drillfix 5,5 x 25 de caractéristiques supérieures ou équivalentes, est prévu pour les rails ou agrafes emboîtables aluminium en tête de panneau.

En rives latérales de façade, un dispositif d'anti-reptation par une goupille inox traversante (type Drillfix 5,5x25, dans perçement Ø 7 mm) est prévu pour les rails ou agrafes emboîtables aluminium en tête de panneau.

2.4.6. Joints de panneaux et compartimentage de la lame d'air

La largeur nominale des joints entre les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) est de 6 mm ± 1 mm. Les joints peuvent être ouverts ou fermés par l'application de mastic/silicone de calfeutrement élastomère sur fond de joint en mousse polyuréthane (cf. § 2.2.6.2).

Pour les joints fermés le poseur peut utiliser le mastic/silicone neutre (cf. § 2.2.5.2).

2.4.7. Ventilation de la lame d'air

Une ventilation de la lame d'air (20 mm mini) est réalisée, conformément au Cahier du CSTB 3194_V3, entre le nu externe et la face arrière du revêtement par une mise en communication avec l'extérieur tous les 18 mètres environ grâce à l'utilisation d'une bavette en tôle d'aluminium. Cet espace permet l'évacuation de l'humidité provenant d'infiltration ou de condensations éventuelles (cf. fig. 11).

En départ de bardage au niveau bas, l'ouverture est protégée par une grille anti-rongeurs.

En arrêt haut, l'ouverture doit être protégée par une avancée (couvertine) munie d'un larmier (cf. fig. 12).

2.4.8. Pose en zones exposées aux chocs

Pour obtenir une résistance aux chocs Q4 pour tous parements (cf. tableaux 1 et 2), la mise en œuvre de l'ossature aluminium sera conforme aux prescriptions du Cahier du CSTB 3194_V3 et du §2.3.3, renforcées par celle ci-après (cf. § 1.2.1.5) :

En zone exposée aux chocs, le positionnement des inserts est déterminé selon un entraxe maximum de 800 mm horizontalement et verticalement. Avec une distance maximale des bords du panneau de 150 mm (cf. fig. 8bis) ou 35 mm pour les parements en céramique (cf. fig. 8ter).

2.4.9. Pose en habillage de sous-face avec rails continus au dos des panneaux (cf. fig. 10)

Les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) peuvent être fixés sur des plans inclinés ou en sous face pour constituer des habillages. La distance des inserts au dos des panneaux est de 600mm horizontalement et 675 mm verticalement.

La mise en œuvre est effectuée en emboitant les rails spécifiques (cf. fig. 5) des panneaux sur les rails en laissant des joints de 6mm (± 1 mm) selon le plan de calepinage. Pour la dernière rangée, un espace de 15mm entre le mur et l'extrémité du panneau est nécessaire pour permettre l'emboitement de ce dernier.

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 emboitables) égal à 18-21 kg/m² (pattes emboitables et rails emboitables inclus). Le poids propre est à soustraire des performances au vent.

L'ossature du revêtement de sous face doit être désolidarisé de l'ossature du bardage rapporté en façade. Les entraxes de l'ossature sont resserrés (maximum 400 mm) et les pattes équerres seront doublées et disposées de part et d'autre des montants (cf. fig. 10).

2.4.10. Contrôle de pose

Les contrôles lors des opérations de pose concernent les points suivants :

- Contrôle des ouvrages support lors de leur réception.
- Contrôle de l'état des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à leur réception et déballage pour pose.
- Contrôle de la géométrie, planéité et aplomb des ossatures suivant le projet et plan de montage.
- Contrôle de la finition de la façade pour l'alignement, la planéité et l'aplomb entre panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP).
- Contrôle de la mise en œuvre et finition des joints.

2.4.11. Points singuliers

La bonne réalisation des points singuliers est indispensable afin d'assurer le rôle du bardage rapporté. Les figures 12 à 15bis constituent un catalogue d'exemples de solutions.

2.4.12. Conditions d'acceptation de l'ouvrage

En l'absence de spécifications dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), ce paragraphe définit les modalités de contrôle des bardages rapportés ventilés à prendre en compte, pour apprécier sur chantier la conformité des ouvrages exécutés.

Pour les surfaces verticales, l'observation se fait à l'œil nu, au pied du bardage, à 5 m minimum de l'ouvrage, sous un angle ouvert maximum de $\pm 60^\circ$ et avec une lumière naturelle non rasante (cf. fig. A).

Certains parements extérieurs du bardage provoquent des déformations réfléchies des images.

L'aspect des parements extérieurs du bardage peut présenter des variations inhérentes au produit.

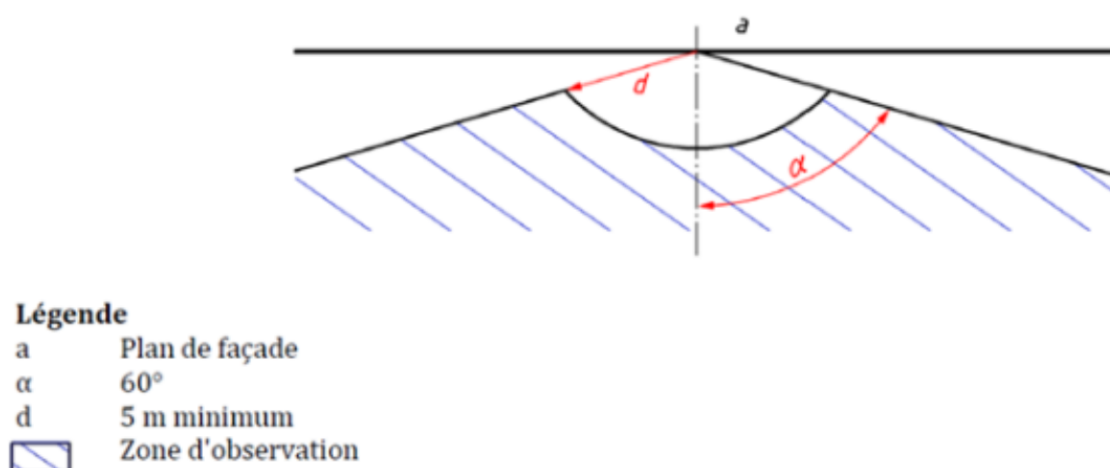


Figure A - Zone de contrôle de l'état de finition des bardages

2.5. Entretien et remplacement

2.5.1. Entretien

Le seul entretien prévu se limite à un nettoyage à l'eau, éventuellement avec des détergents neutres. Après le nettoyage il est vivement conseillé d'imperméabiliser la pierre naturelle en utilisant des produits à usage destinés aux minéraux afin de réduire la porosité de la pierre.

Lors de l'inspection des joints il faudra surveiller :

- Les pertes d'adhérence / rupture adhésive ou fissuration
- Les dommages
- Les dégradations / la formation de moisissures
- Le vieillissement

2.5.2. Remplacement d'un panneau

Les panneaux sont démontables et peuvent donc être remplacés indépendamment. Pour remplacer un panneau MINERAL SYSTEM PANEL (MSP), il est nécessaire de créer un espace suffisant au déboîtement des rails (Δ 12 mm minimum). Pour ce faire, supprimer les joints des panneaux supérieurs en les poussant vers le haut. En montant un ou deux panneaux, nous obtenons un espace de 12mm ou 18mm, suffisant pour déboîter un panneau. Le retrait et la mise en place de la goupille de sécurité est effectué à l'aide d'un outil spécifique. Ce crochet particulier est glissé dans l'épaisseur du joint supérieur du panneau à remplacer afin d'attraper la goupille insérée dans l'agrafe.

Il est recommandé d'utiliser une petite caméra à insérer dans l'épaisseur du joint pour visualiser la goupille.

La rotation de l'outil permet d'enlever ou de mettre en place la goupille au dos du panneau. Mineral System fournit une notice explicative sur la mise en œuvre de cette procédure (cf. fig. 13).

2.5.3. Ancrage d'échafaudage

La réparation est à réaliser selon le § 2.5.2.

2.6. Traitement en fin de vie

Pas d'information apportée.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Fabrication

2.7.1.1. Panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP)

Les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sont assemblés à l'usine MINERAL SYSTEM à Viana do Castelo (Portugal).

L'ensemble des éléments composant les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sont identifiés à la réception, sélectionnés et examinés selon des critères de contrôle de production.

Les panneaux de nid d'abeille (référence N1 ou N2) sont directement reçus à l'usine MINERAL SYSTEM avec une dimension standard de 3000 x 1500mm.

L'assemblage pierre ou céramique sur panneaux nid d'abeille (référence N1 ou N2) est réalisé à l'usine selon les étapes listées ci-dessous :

- Sur la table de collage on dépose au moyen de ventouses la tranche de pierre sèche ou céramique ;
- On étale au peigne la résine époxy pour obtenir une épaisseur nominale de 1,5 mm ;
- On applique alors les panneaux nid d'abeille (référence N1 ou N2) sur les parements désignés ;
- Sur la même table, on pose une deuxième tranche et on répète l'opération, pour un maximum de 6 à 9 panneaux sandwichs collés d'un seul côté.

La polymérisation se fait sous pression contrôlée à température contrôlée.

Dans le cas du parement pierre :

- Les tranches de pierre collées avec un panneaux de nid d'abeille (référence N1 ou N2) ainsi obtenus sont retournés sur la table de collage et la même opération est répétée sur l'autre face de la tranche de pierre.
- Les panneaux nid d'abeille (référence N1 ou N2) Pierre-Nid d'abeille (référence N1 ou N2) sont refendus par le milieu pour obtenir deux panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) avec 6 mm de pierre $\pm$ 0,5 mm avant calibrage, polissage ou traitement de surface final.
- Un traitement mécanique est ensuite appliqué sur la surface du parement pierre lui assurant sa finition. L'épaisseur de pierre est alors réduite à 5 ± 1 mm.

L'assemblage des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) est effectué à l'usine selon les étapes citées ci-après :

- Réception des matières premières
- Préparation spécifique des tranches de pierre pour collage.
- Séchage complet des tranches de pierre.
- Découpe du panneau nid d'abeille (référence N1 ou N2) à la dimension de la tranche de la pierre.
- Mise en place des tranches de pierre et panneaux en nid d'abeille (référence N1 ou N2) sur table de collage
- Polymérisation dans une presse à vide à pression et température contrôlées.
- Découpe (section horizontale) / calibrage / traitement de surface.
- Découpe des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sur mesure.
- Conditionnement et stockage.

2.7.1.2. Mise en place des inserts

Les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sont ensuite disposés sur une table de travail pour le perçage des trous dans le nid d'abeille (référence N1 ou N2).

La résine époxy est coulée dans chacun des trous fraisés avant de recevoir les inserts. Une fois les inserts scellés, les rails sont fixés au dos du panneau MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) avec de distance maximale de 800 mm horizontalement et 800 mm verticalement (± 2 mm) pour des panneaux de taille maximale 1500 x 3000mm.

Des cales en PVC massif peuvent être intercalées entre les rails et le panneau afin d'uniformiser l'épaisseur globale de l'assemblage.

2.7.1.3. Panneaux d'angle

Ce procédé permet la production de panneaux d'angle (cf. fig. 9).

Le panneau est coupé à 45° en gardant un espace entre les deux parties du renfort en nid d'abeille (référence N1 ou N2) pour l'application de la résine MS1.

Lorsque le retour du panneau est inférieur à 100 mm, le retour est simplement collé. Pour les retours compris entre 100 mm et 300 mm, une cornière filante en aluminium de renfort est utilisée pour consolider le dièdre, et sécurisée par 2 rivets à chaque extrémité.

Description de la cornière :

- Profil aluminium en forme de L conforme au Cahier du CSTB 3194_V3 et aux normes NF EN 1301-1 et NF EN 755-2.
- Matière : Alliage d'aluminium 6063 T66
- Épaisseur : 25/10e.
- Largeur x Profondeur : 50 x 42 mm

2.7.2. Contrôles de fabrication

La fabrication des éléments Mineral System Panel (MSP) 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

Le directeur de production vérifie lors de chaque réception la conformité des matières premières.

- Contrôle de la conformité des tranches de pierre suivant les prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles spécifiées dans la norme NF B 10-601 : références commerciales, dimensions des tranches, photographies, état des tranches de pierre (homogénéité de la surface, absence de fissures).
- Conformité des plaques céramiques à la norme NF EN 14411 (cf. §3.2.2).
- Contrôle du certificat de conformité avec la fiche du fabricant des panneaux nid d'abeille (référence N1 ou N2) (contrôle de l'épaisseur, dimensions photographies des panneaux). Enregistrement du nombre de boîtes / tranches reçues pour stockage.

- Contrôle de la résine MS1 et MS2 et enregistrement de la quantité reçue.

En cours de fabrication

Des contrôles sont effectués sur chaque lot tous les jours afin de vérifier la conformité des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) :

- Contrôle en phase de collage :
 - Type de pierre collée,
 - Quantité de colle appliquée
 - Épaisseur du panneau nid d'abeille (référence N1 ou N2),
 - Paramètres de fabrication (température, humidité, temps de séchage).
- Contrôle en phase de découpe :
 - Contrôles visuels (absence de bullage, fissures, rupture entre les peaux et le nid d'abeille (référence N1 ou N2))
 - Dimensionnels (longueur, largeur, épaisseur).

Sur produits finis

Tous les jours des contrôles qualités sont réalisés sur les panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) afin de justifier la constance de qualité du produit :

- Contrôles visuels du parement pierre après traitement de finition de surface sur chaque panneau MINERAL SYSTEM PANEL (MSP).
- Contrôles dimensionnels : mesure de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP).
- Contrôles fonctionnels : planéité et équerrage des panneaux MINERAL SYSTEM PANEL (MSP), rectitudes des bords, positionnement des inserts ($\pm 2\text{mm}$).
- Prélèvement de 10 échantillons par lot une fois par semaine :
 - Essais de traction perpendiculaire sur éprouvettes selon la norme EN 1607 et la méthode A1 de l'annexe A de la norme NF EN 14509

Valeur certifiée  : $\geq 4850 \text{ N}$

- Prélèvement de 10 échantillons par lot 1 fois par semaine :
 - Contrôle de résistance à l'arrachement des inserts

Valeur certifiée  : $\geq 2500 \text{ N}$.

Avant emballage dans les caisses dédiées au transport, chaque pièce MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) est contrôlée pour sa conformité aux dispositions du plan de contrôle.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Le procédé a fait l'objet des essais suivants :

- Rapport d'essais n° BEB6.J.3027/1 du 7/06/2019 : détermination de la résistance en traction et à l'arrachement des inserts, avant et après vieillissement :
 - Essais à l'état initial.
 - Essais après 24 cycles de gel/dégel : chacun composé d'une alternance de 8h à 50°C et 16h à -15°C.
 - Essais après immersion totale 6h dans l'eau bouillante et 2h à l'air ambiant.
 - Essais après 30 minutes de conditionnement à 50°C et essais réalisés dans un caisson à 50°C.
- Rapport d'essais n° BEB6. M.3010/1 du 13/06/2022 : Essais de traction perpendiculaire de parements de marbre et céramique sur nid d'abeille et arrachement d'inserts à l'état initial et après vieillissements artificiels :
- Traction perpendiculaire selon la norme NF EN 1607
- Résistance à l'arrachement des inserts selon le § 1.8 du document technique BQ15.03
- Rapport d'essais n° CET0215481 du 22/09/2022 : Essais de traction sur inserts à 50°C.
- Rapport d'essais n° FaCeT 18-26077762/D du 23/05/2019 : détermination de la résistance en traction, avant et après vieillissement sur des éprouvettes à base de pierre (marbre-granit-pierre calcaire) collée sur nid d'abeille.
- Rapport d'essais n° FaCeT 18-26077762/A du 04/03/2019 : essai de chocs extérieurs de conservation des performances sur le procédé de bardage rapporté MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à base de plaque de marbre associé à un panneau nid d'abeille.
- Rapport d'essai n° BEB1.M.4035-3 du 21/07/2022 : Détermination de la classe aux chocs extérieurs de conservation des performances sur panneau en marbre sur nid d'abeille.
- Rapport d'essai n° BEB1.M.4035-4 du 21/07/2022 : Détermination de la classe aux chocs extérieurs de conservation des performances sur panneau en céramique sur nid d'abeille.
- Rapport d'essais n° FaCeT 18-26077762/B du 04/03/2019 : résistance à la charge due au vent sur le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à base de plaque de marbre associé à un panneau nid d'abeille sous l'effet d'une dépression d'air statique.
- Rapport n° BEB1.M.4035-1 du 2/06/2022 : Essai en dépression statique / Essai de fatigue en dépression avec 2 panneaux 3000*1500*25mm.

- Rapport n° BEB1.M.4035-1 du 2/06/2022 : Essai en dépression statique / Essai de fatigue en dépression avec 2 panneaux 1960*980*25mm.
- Rapport d'essais n°FaCeT 18-26077762/C du 04/05/2019 : essai de fatigue puis de résistance à la charge due au vent sur le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à base de plaque de marbre associé à un panneau nid d'abeille sous l'effet d'une dépression d'air statique.
- Rapport d'essais n°RA19-0144 du 03/07/2019 : détermination de la Chaleur de Combustion Mobilisable du produit référencé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) selon l'instruction technique n° 249 relatives aux façades.
 - Masse combustible du parement : 47.946 MJ/kg
- Rapport d'essais n° EFR-22-000800 du 24/10/2022 : détermination du comportement en Réaction au Feu des produits de construction avec isolant.
- Rapport n°BEB3.I.2011-2 du 22/02/2019 : chocs thermiques sur un panneau MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) (Marbre + aluminium).
- Rapport d'essais n° BEB3.M.2003 du 25/04/2022 : Essais chocs thermiques sur complexe céramique sur nid d'abeille.
- Rapport d'essai CTMNC/ROC/18/143-1 du 08/02/2019 : détermination de la résistance du produit MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) au vieillissement accéléré au SO2 en présence d'humidité.
- Rapport d'essais n°MFR 18 26076924 du 12/11/2018 : essais sismiques d'excitation dans le plan du support, de mise en parallélogramme et d'excitation perpendiculaire au support concernant un procédé de bardage rapporté SYSTEME MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) SUR RAILS en ossature aluminium à pose verticale.
- Rapport d'étude DEIS/FACET-18-553 du 12/11/2018 : calcul des sollicitations sismiques dans les chevilles de fixation au support du système de bardage rapporté « MINERAL SYSTEM PANEL ».
- Rapport d'essais n° BEB2.M.9002 du 11/07/2022 : essais sismiques d'excitation dans le plan du support, de mise en parallélogramme et d'excitation perpendiculaire au support concernant un procédé de bardage rapporté SYSTEME MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) SUR RAILS en ossature aluminium à pose verticale.
- Rapport d'essai n° EEM 25-56049 du 17/10/2025: Concernant un essai sismique horizontal en sous-face sur un procédé à base de panneaux en pierre sur nid d'abeille appliqué sur façade ventilée.
- Rapport d'essais n° DEB-26-00063921 du 27/02/2026 : essai de résistance à la charge due au vent sur le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) à base de plaque de marbre associé à un panneau nid d'abeille sous l'effet d'une dépression d'air statique.
- Rapport d'essai n° EEM-26-00064137-37 du 26/02/2026 : Détermination de la classe aux chocs extérieurs de conservation des performances sur panneau en marbre sur nid d'abeille.

2.9. Références Chantier

Environ 2155 m² ont été réalisés en France avec le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) depuis l'appréciation technique d'expérimentation 2718_V1 de 2019 (environ 5200 m² dans le reste du monde).

Tableaux du Dossier Technique

Format	Entraxes entre insert (H x V)	Dépressions admissibles
Inférieur ou égal à :	Inférieur ou égal à :	
1960 mm x 980 mm	613 mm x 800 mm	2323 Pa
3000 mm x 1500 mm	800 mm x 800 mm	1500 Pa

Tableau 3 – Valeurs de dépressions admissibles

Schémas du Dossier Technique

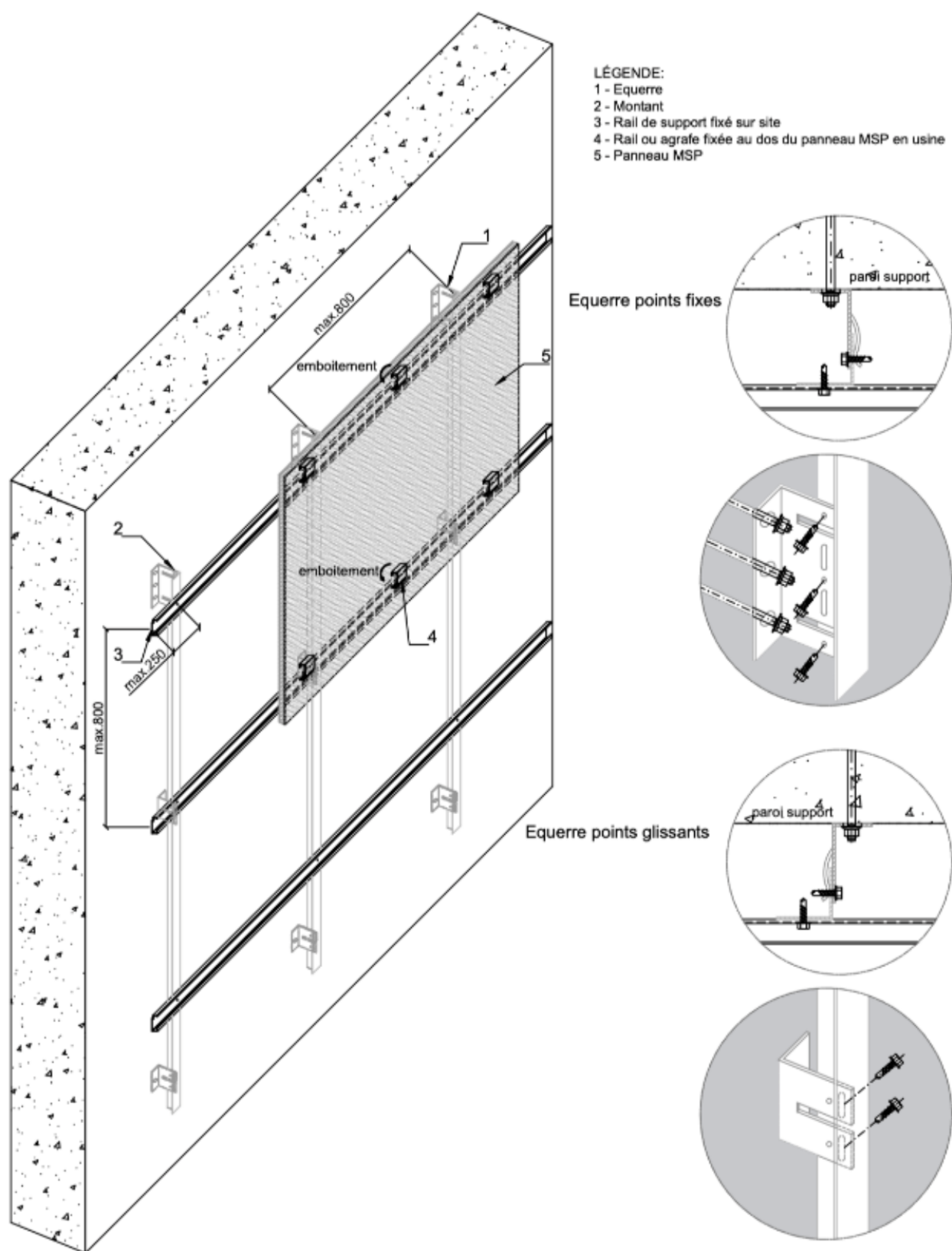


Figure 1 – Schéma de principe ossature aluminium

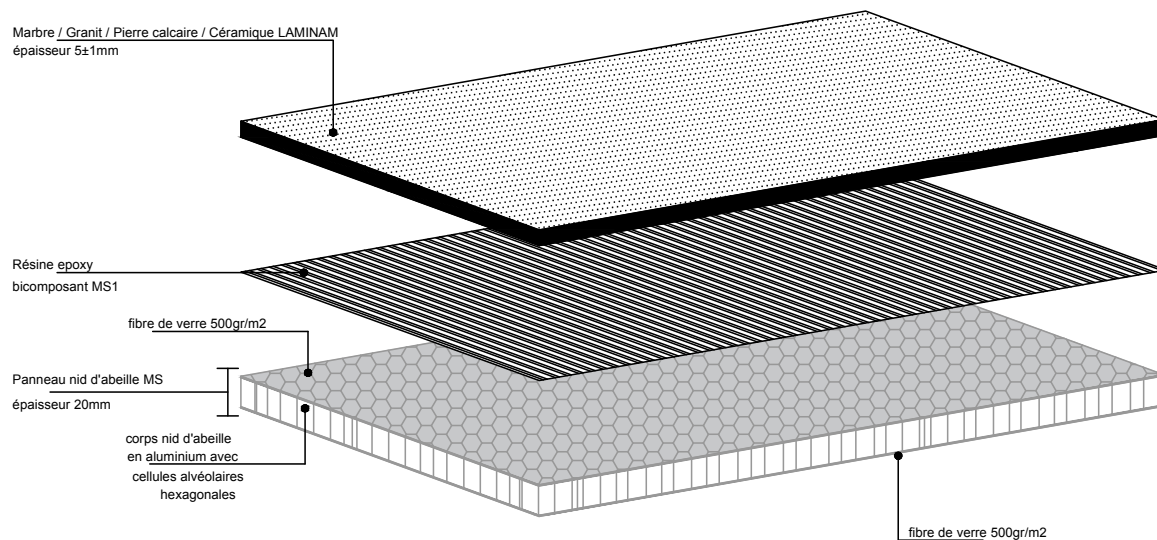
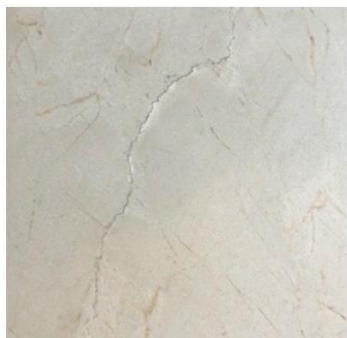


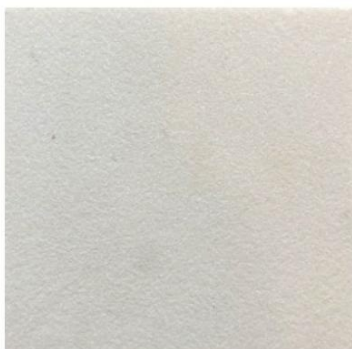
Figure 2 – Structure panneau MSP



Finition adoucie



Finition polie



Finition sablée



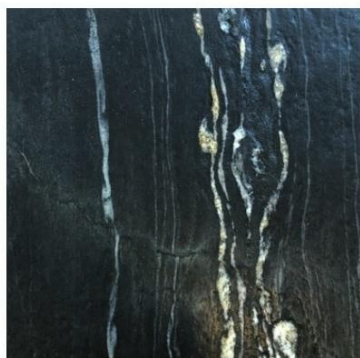
Finition bouchardée



Finition flammée



Finition layée



Finition flammée-brosée

Figure 3 – Finitions panneaux MSP

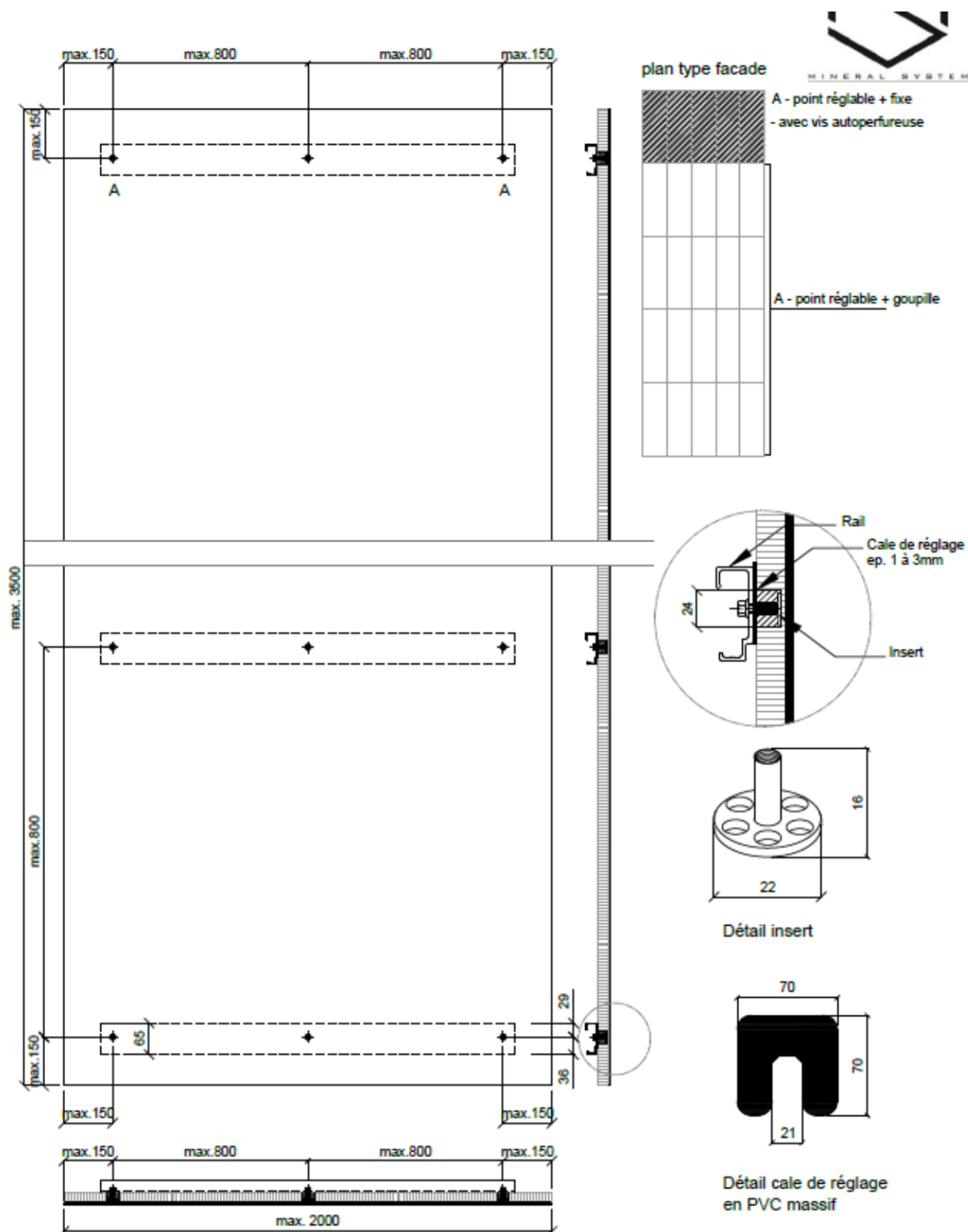


Figure 4 – Perçage des panneaux MSP pierre avec disposition d'inserts (1500 x 3000 mm)



MINERAL SYSTEM

Détail 4bis - Perçage des Panneaux MSP ceramique avec disposition d'inserts (2000*3500mm)

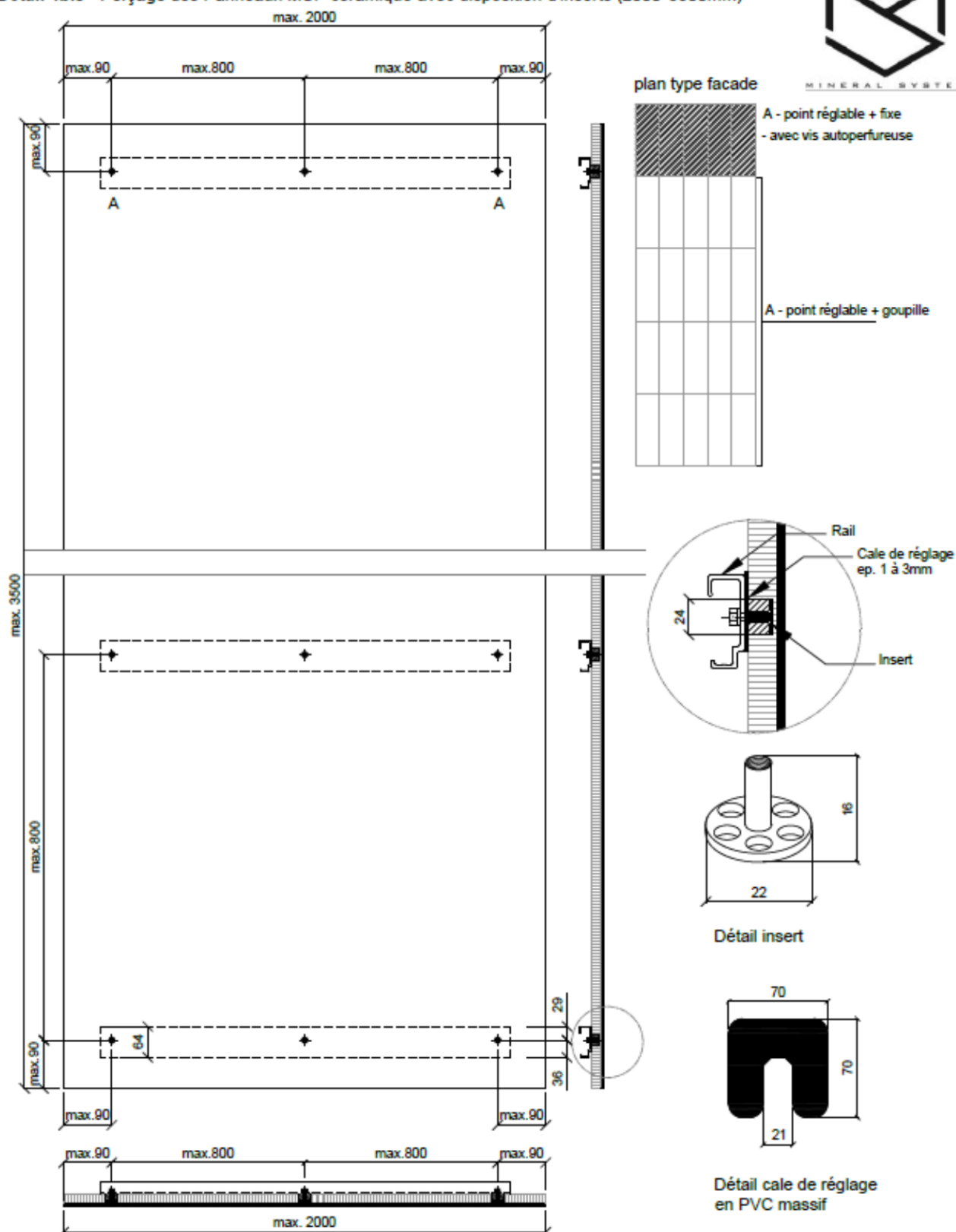
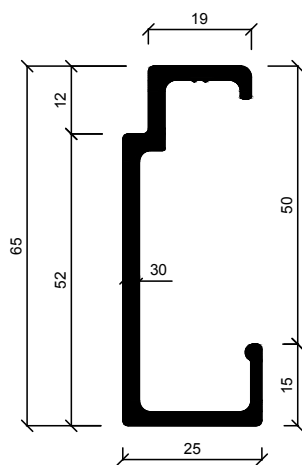
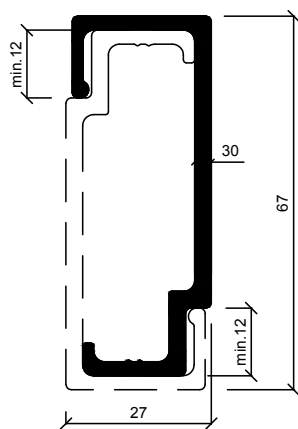


Figure 4bis – Perçage des panneaux MSP céramique avec disposition d'inserts (1500 x 3000 mm)

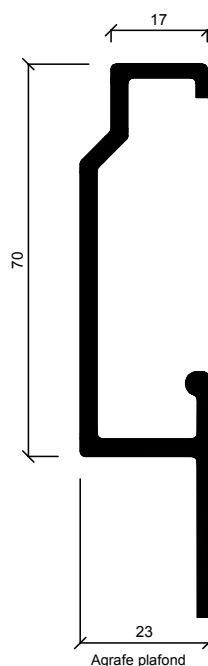
RAILS
Matière : Aluminium 6060 T6
Epaisseur : 30/10ème
Longueur : var. mm



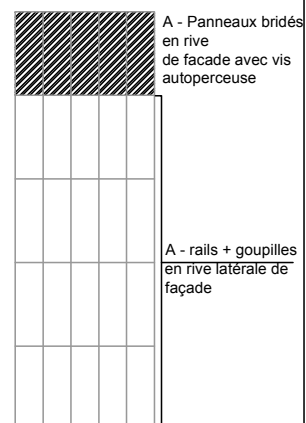
Rail C+



Agrafe C+



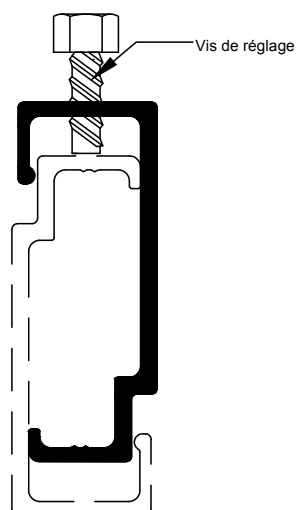
Agrafe plafond



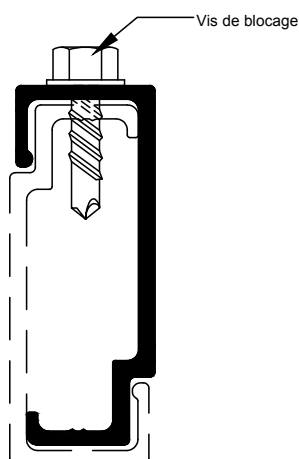
A - Panneaux bridés en rive de façade avec vis autoperceuse

A - rails + goupilles en rive latérale de façade

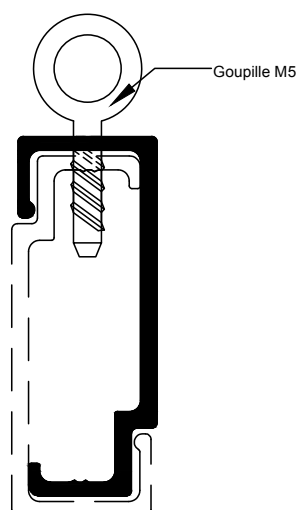
plan type façade



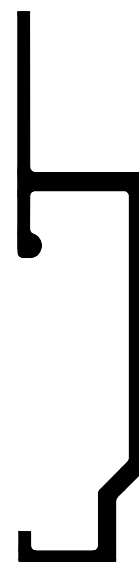
Rail avec point réglable ref. C+



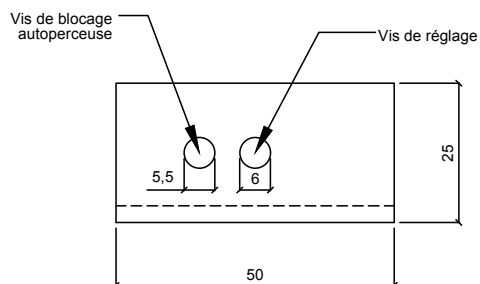
Rail avec point fixe ref. C+



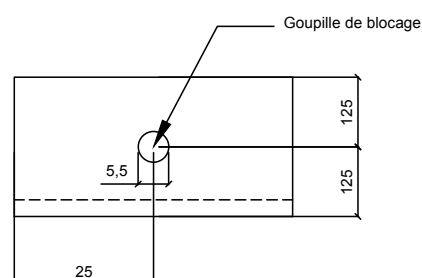
Rail avec Goupille de blocage



Rail pour plafond



Vue dessus Rail avec réglage + fixe - panneau en tête de la façade



Vue dessus Rail avec réglage + goupille - panneau en dessous

Figure 5 – Rails / Agrafes MSP emboîtables en aluminium

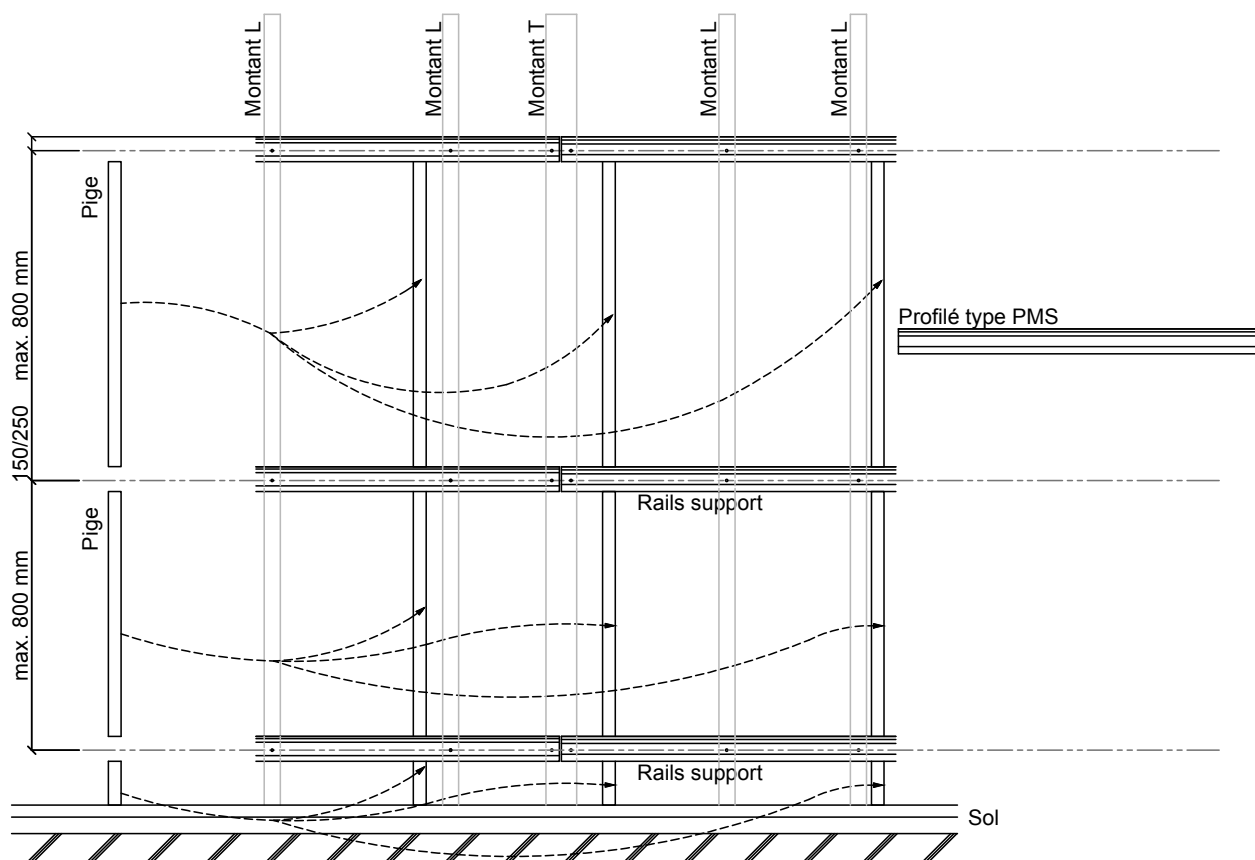


Figure 6- Utilisation des pige

Détail 7 - Pose des rails emboîtables et fixations



MINERAL SYSTEM

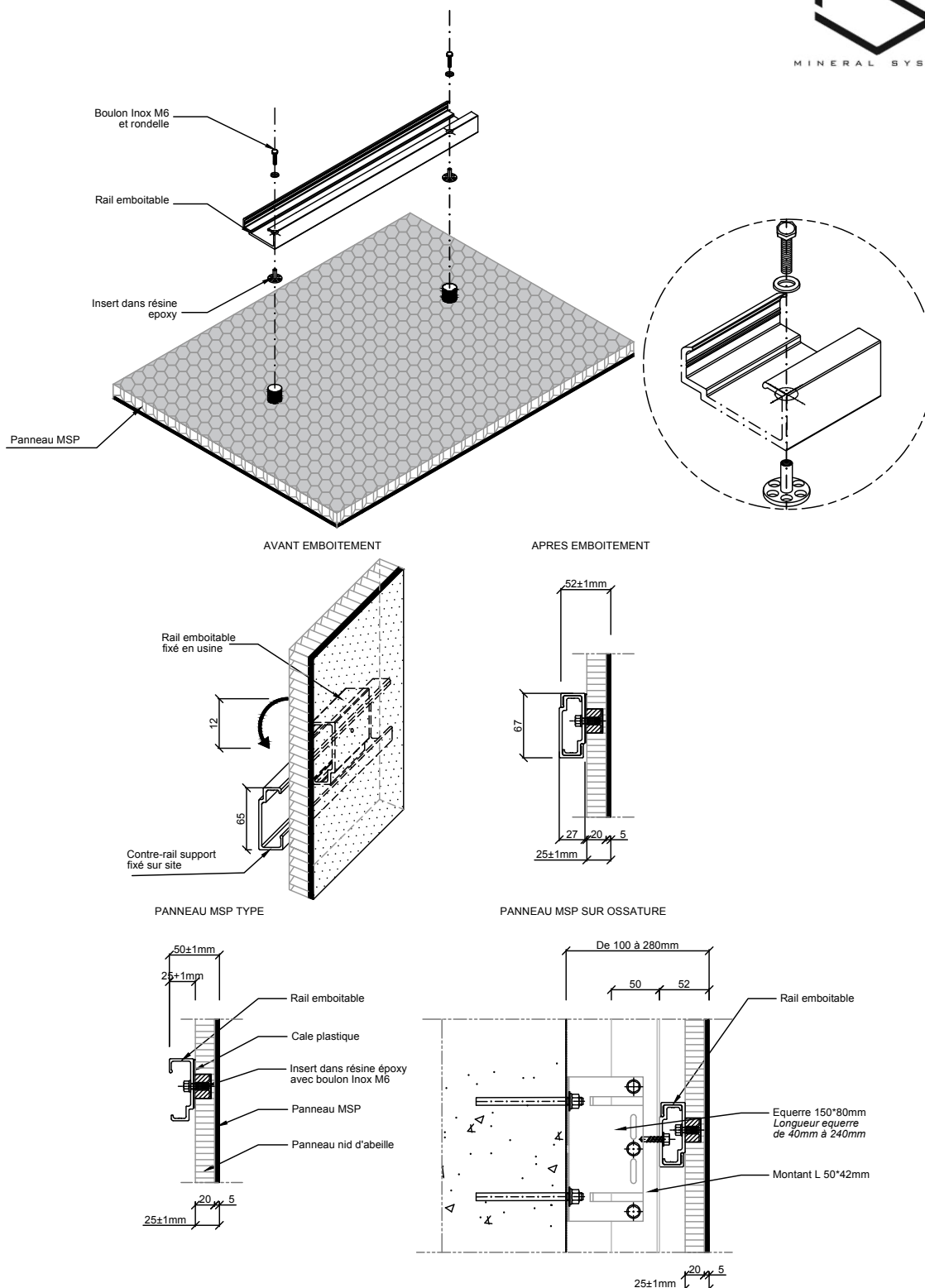


Figure 7- Pose des rails emboîtables et fixations

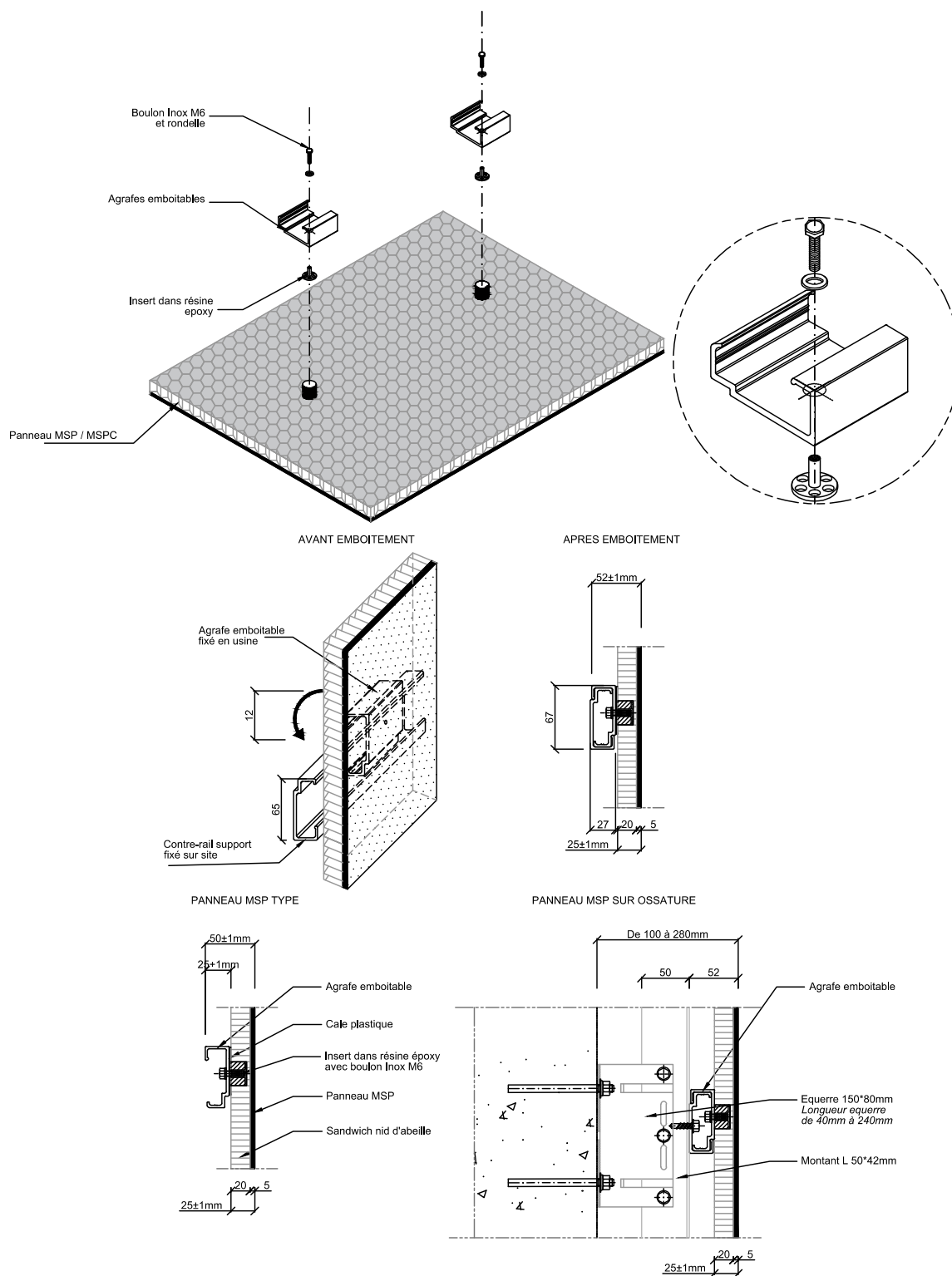
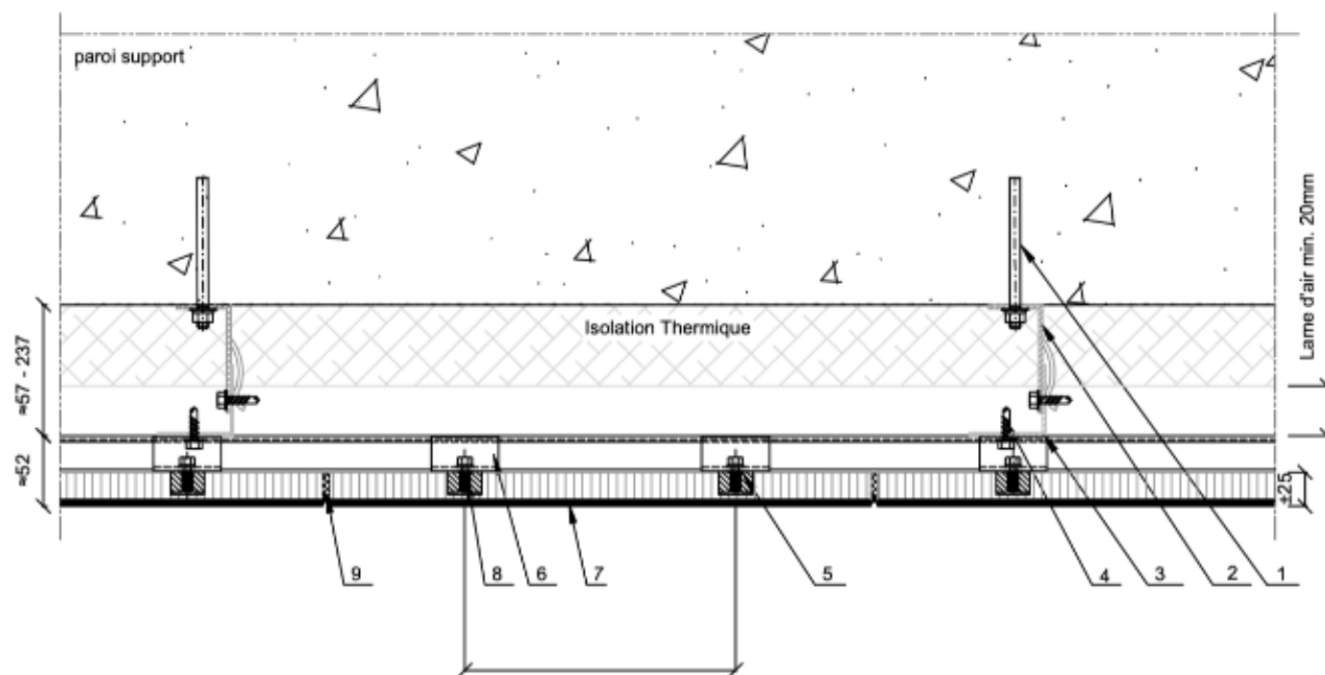


Figure 7bis- Pose des agrafes emboîtables et fixations



Entraxe inserts max 800mm pour panneaux 1000*3000mm
 Entraxe inserts max 660mm pour panneaux 1500*3000mm

LÉGENDE:

- 1 Goujon Inox M8 dans cheville
- 2 Patte-équerre aluminium
- 3 Montant métallique en L
- 4 Vis autoperceuse Inox 5,5 x 25
- 5 Cale entre panneau et rail pour réglage
- 6 Rails et agrafes emboîtables
 - Rails ou agrafes fixés au dos du MSP en usine
 - Rails support fixés sur site
- 7 Panneau MSP
- 8 Insert dans résine époxy avec boulon M6
- 9 Mastic neutre sur fond de joint
 (largeur nominale = 6±1 mm)

Figure 8 – Coupe horizontale type

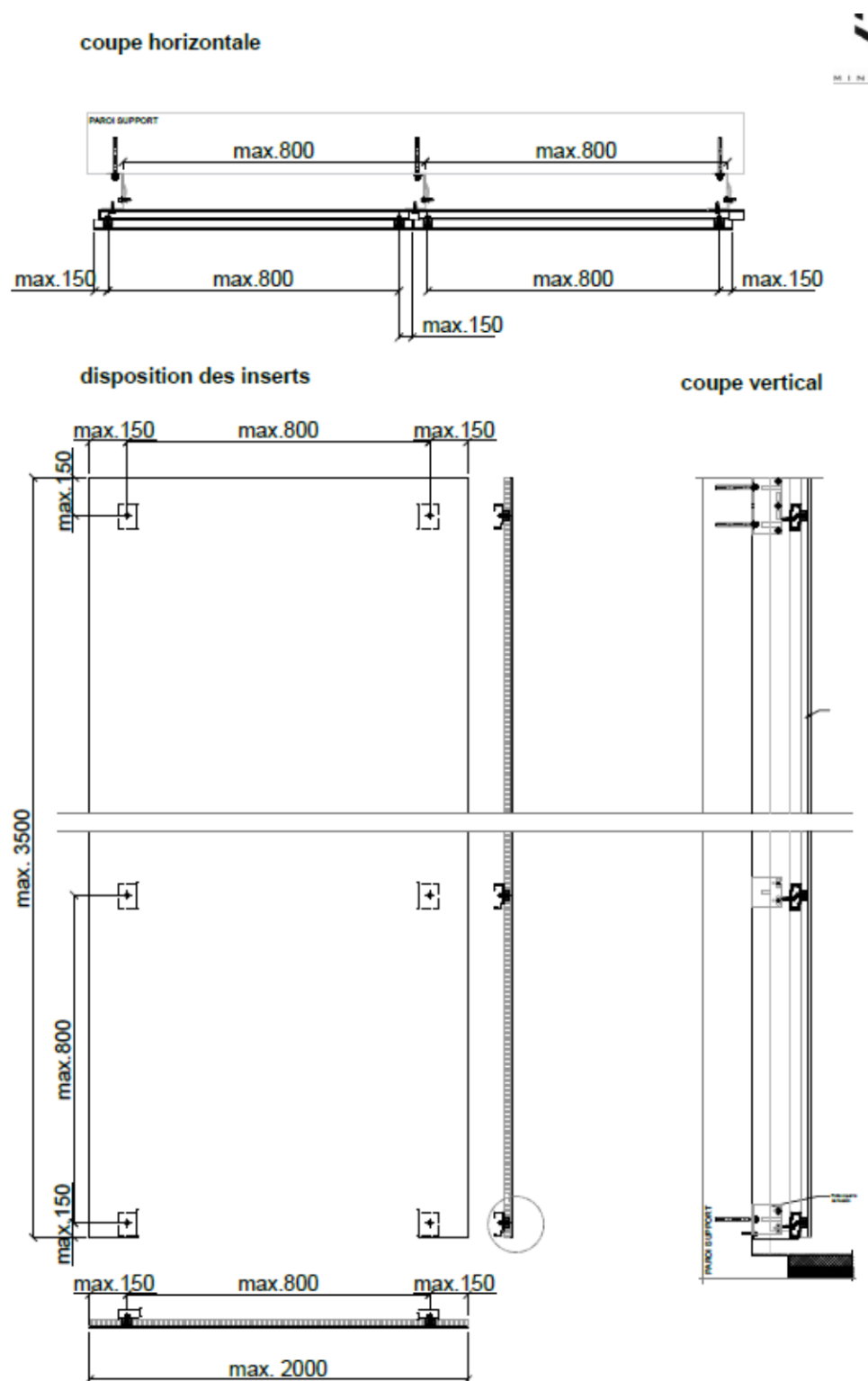


Figure 8bis – Mise en œuvre des panneaux MSP en zones exposées aux chocs

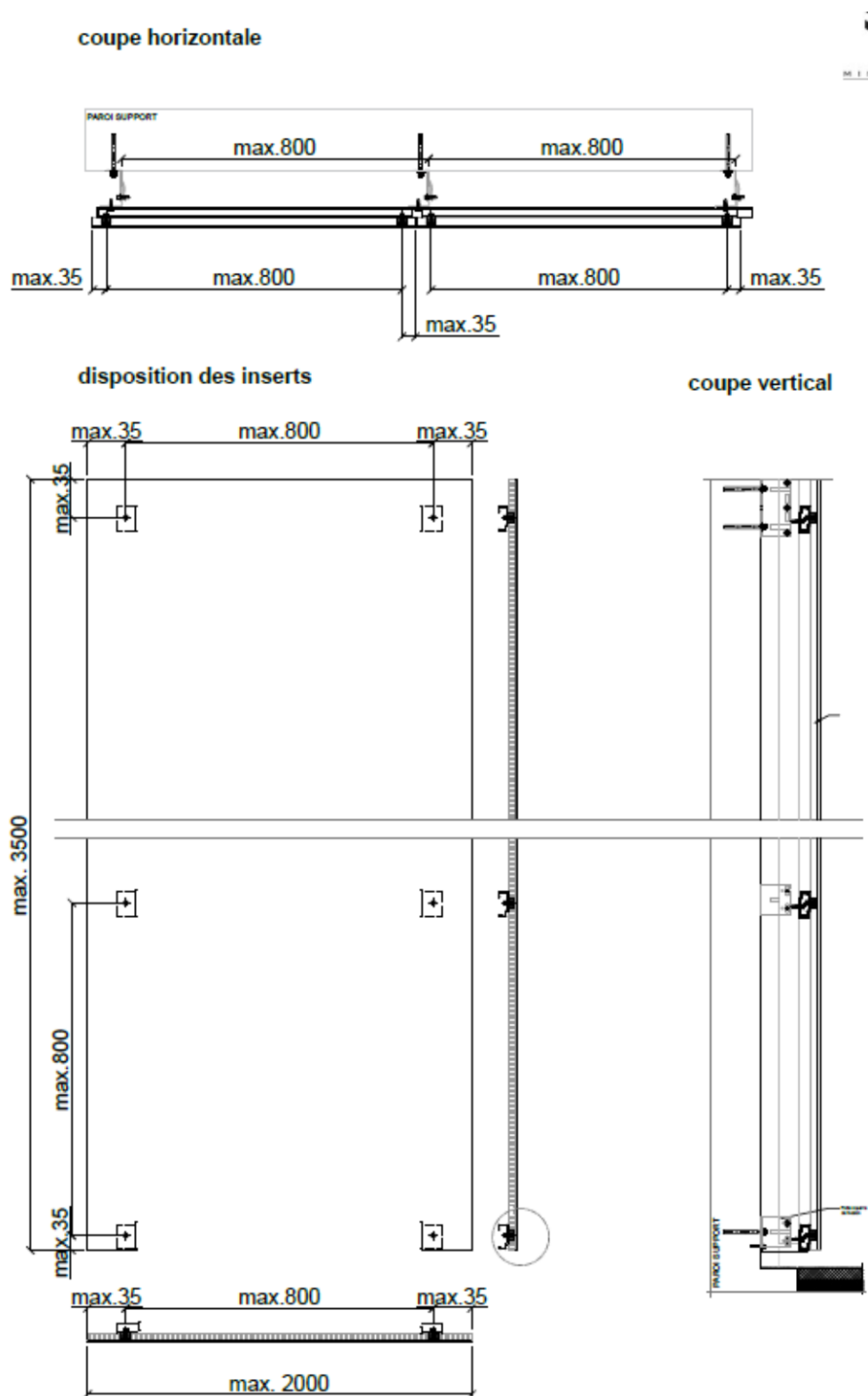
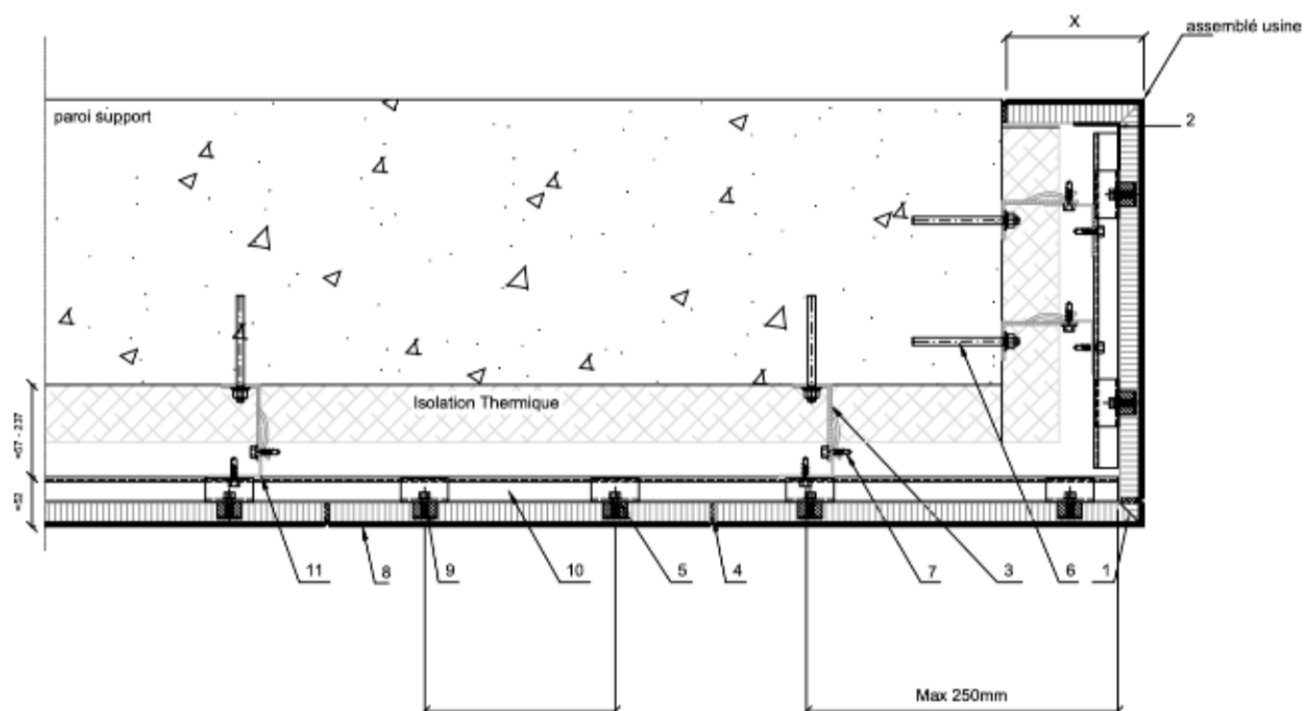


Figure 8ter – Mise en œuvre des panneaux MSP (céramique) en zones exposées aux chocs



Entraxe inserts max 800mm pour panneaux 1000*3000mm
 Entraxe inserts max 660mm pour panneaux 1500*3000mm

LÉGENDE:

- 1 Angle façonné en usine
- 2 Cornière aluminium de renfort en L filante
- 3 Patte-équerre aluminium
- 4 Mastic neutre sur fond de joint (L nominale = 6x1 mm)
- 5 Cale entre panneau et rail pour ép. régulière
- 6 Goujon Inox M8 dans cheville
- 7 Vis autoperceuse Inox 5,5 x 25
- 8 Panneau MSP
- 9 Insert dans résine époxy avec boulon M6
- 10 Rails et agrafes emboîtables
 - Rails ou agrafes fixées au dos du MSP en usine
 - Rails support fixés sur site
- 11 Montant métallique en L

X : Si $X < 100$ mm

Retour collé

Si $100 \leq X < 300$ mm

Cornière aluminium de renfort sécurisée par 2 rivets à chaque extrémité.

Figure 9 – Coupe horizontale – Traitement d'angle

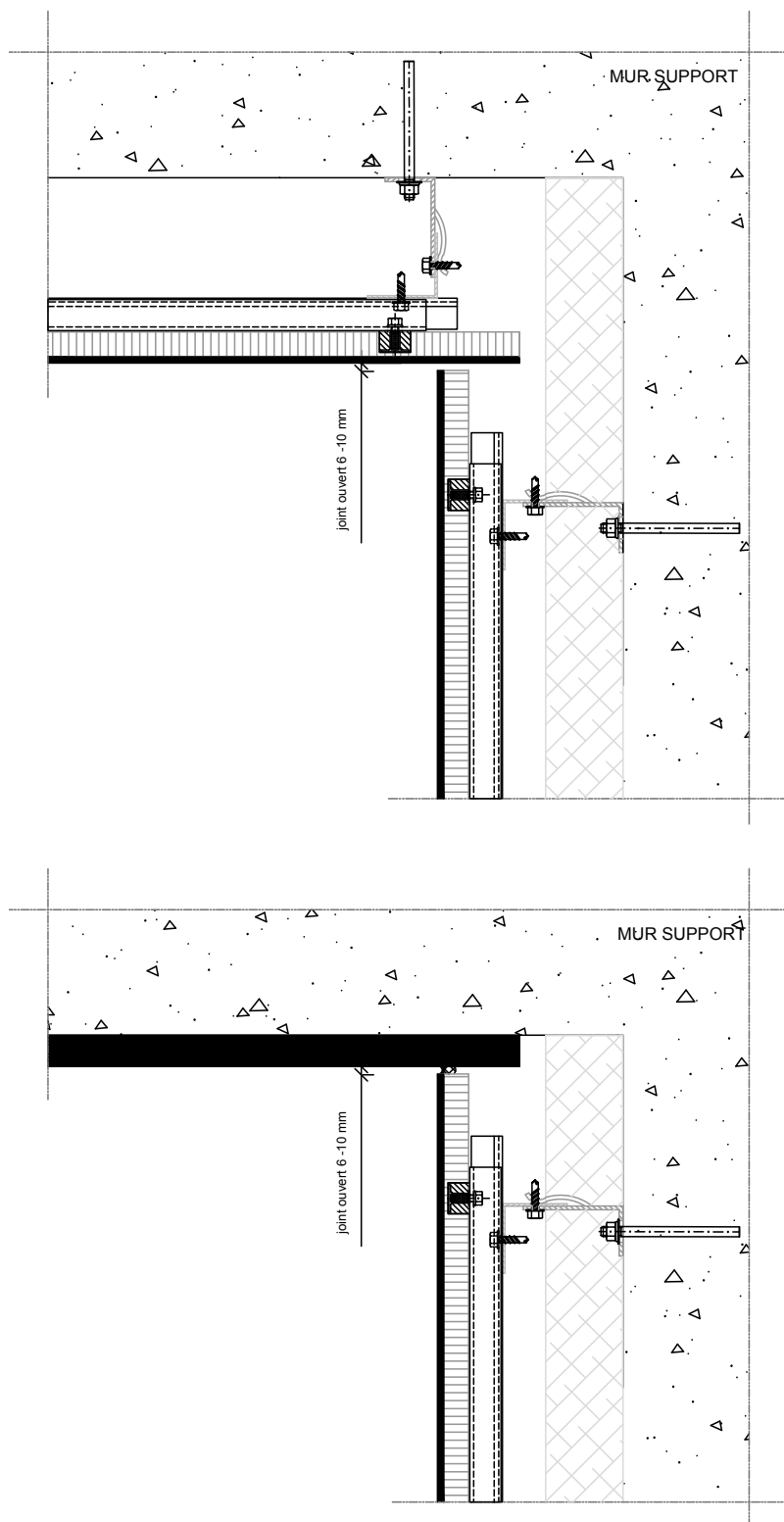


Figure 9bis – Coupe horizontale – Exemple d'angle rentrant (joint ouvert et fermé)

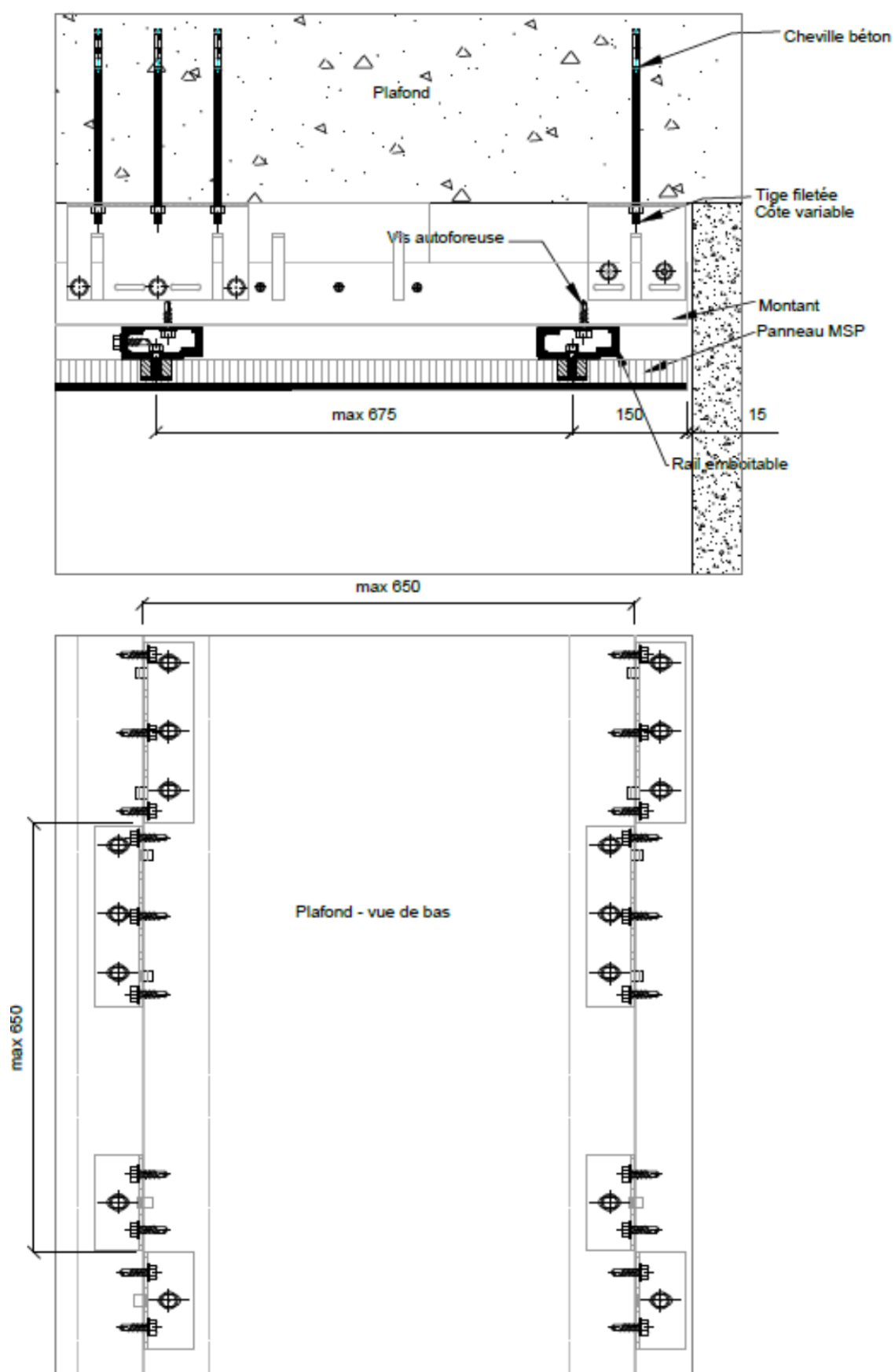
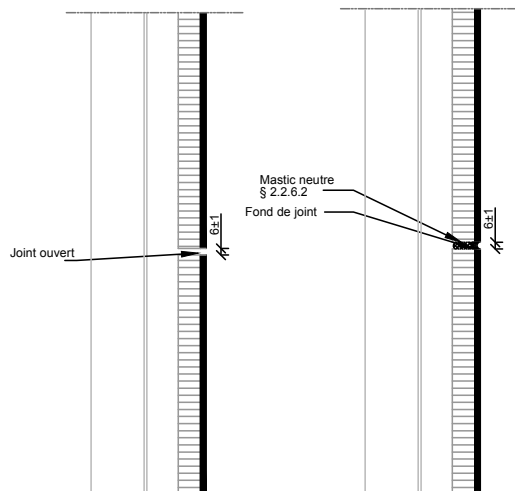
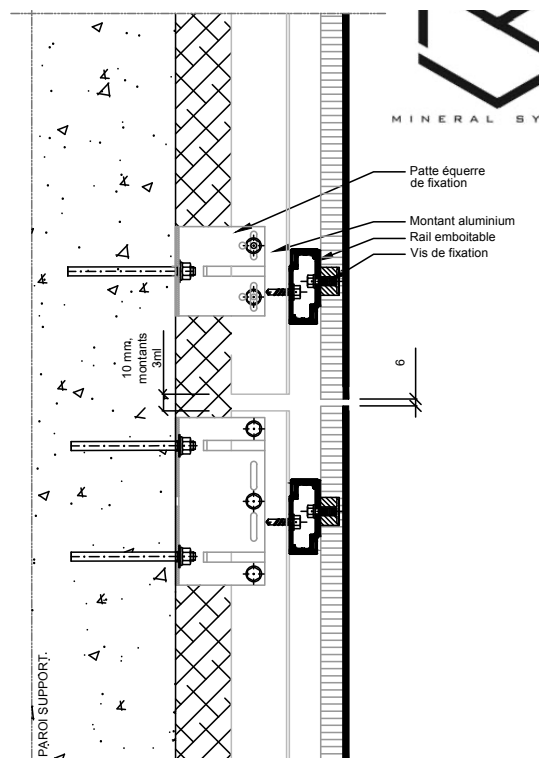


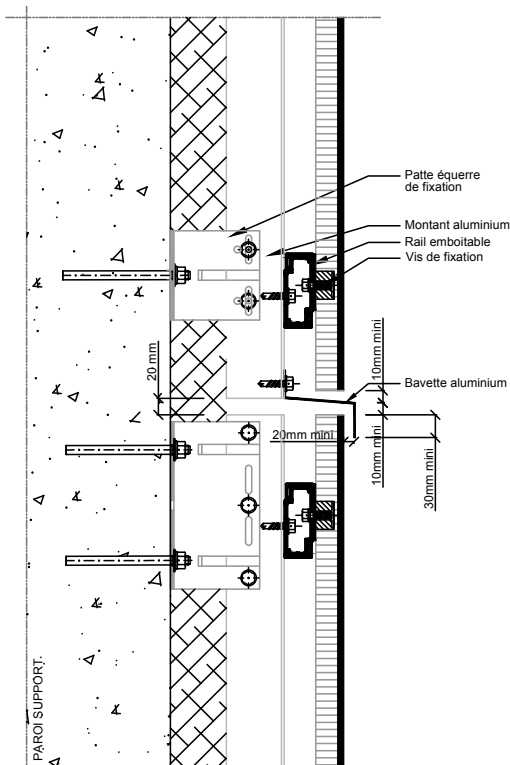
Figure 10 – Principe de fixation d'un panneau MSP en sous-face



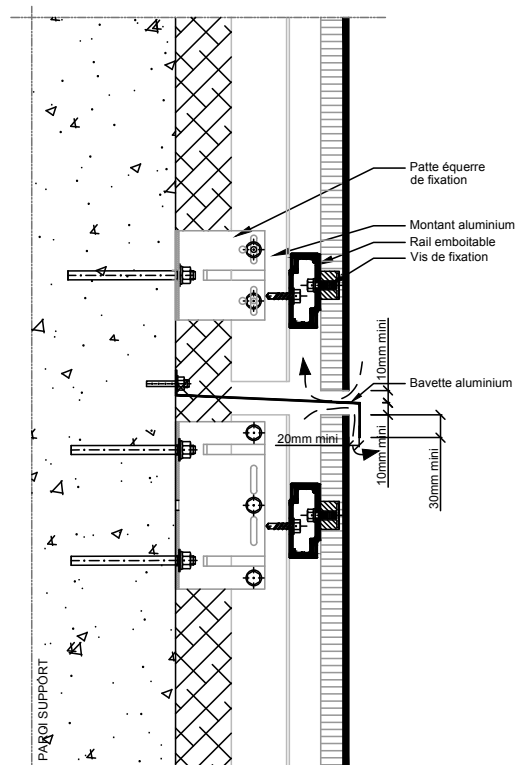
Joints de panneaux



Fractionnement de l'ossature pour des montants de longueurs 3 m maxi sans bavette.

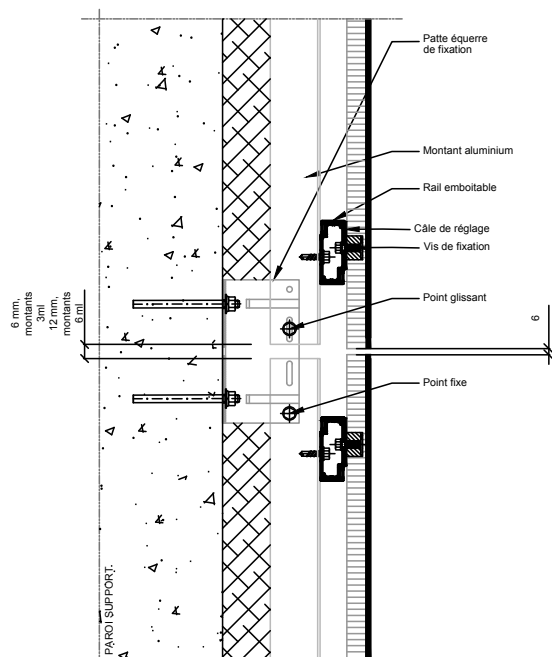


Fractionnement de l'ossature pour des montants de longueurs comprises entre 3 m et 6 m.

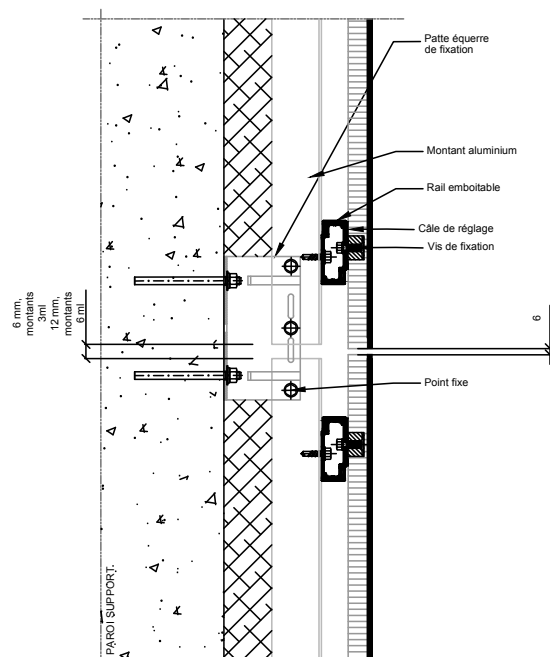


Fractionnement de la lame d'air pour des montants de longueurs comprises entre 3 m et 6 m.

Figure 11 – Joint de panneaux et fractionnement de l'ossature



Eclissage ossature librement dilatable



Eclissage ossature bridée

Figure 11bis – Eclissage des ossatures



Coupes verticales - Arrêt sur acrotère et départ de bardage

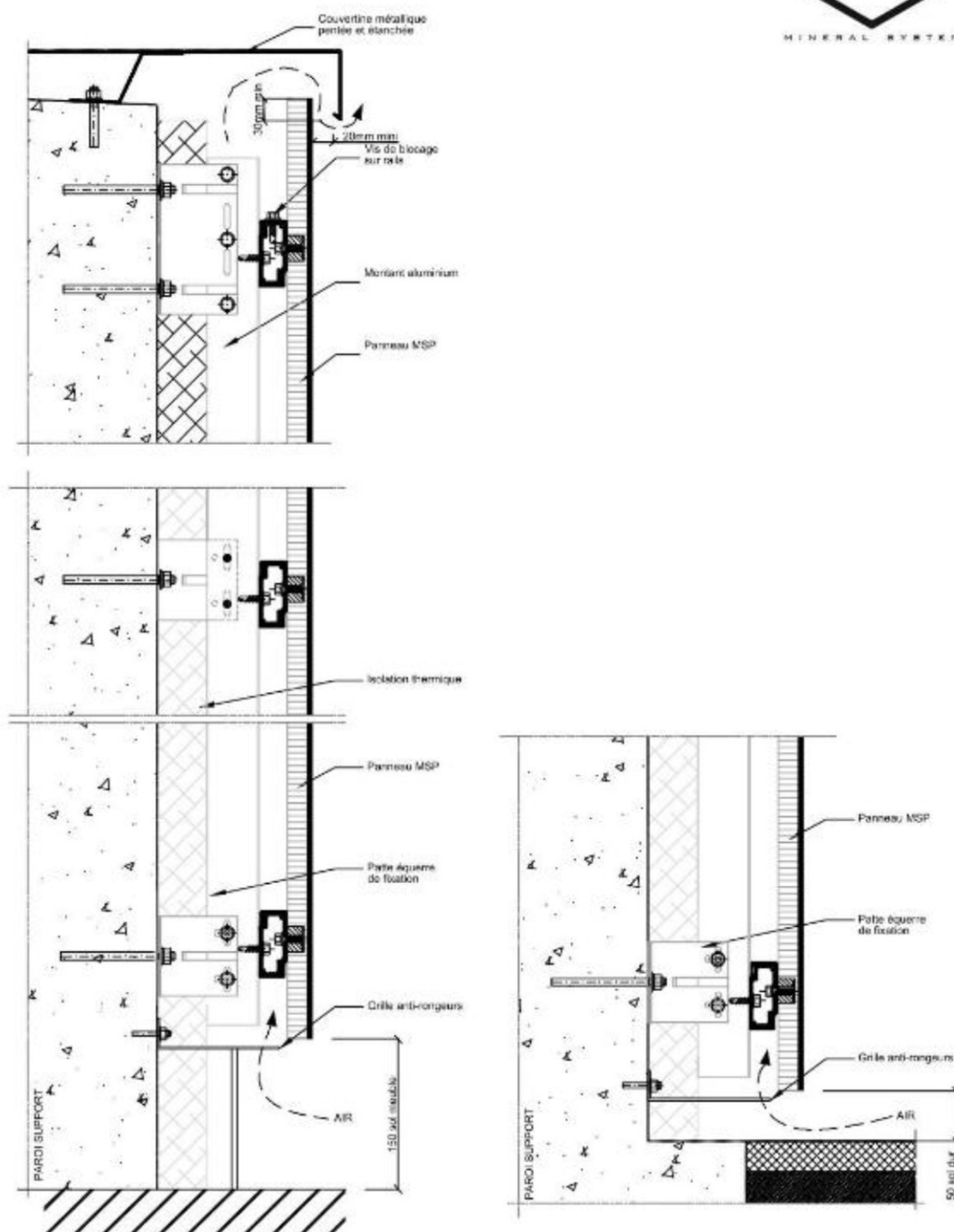
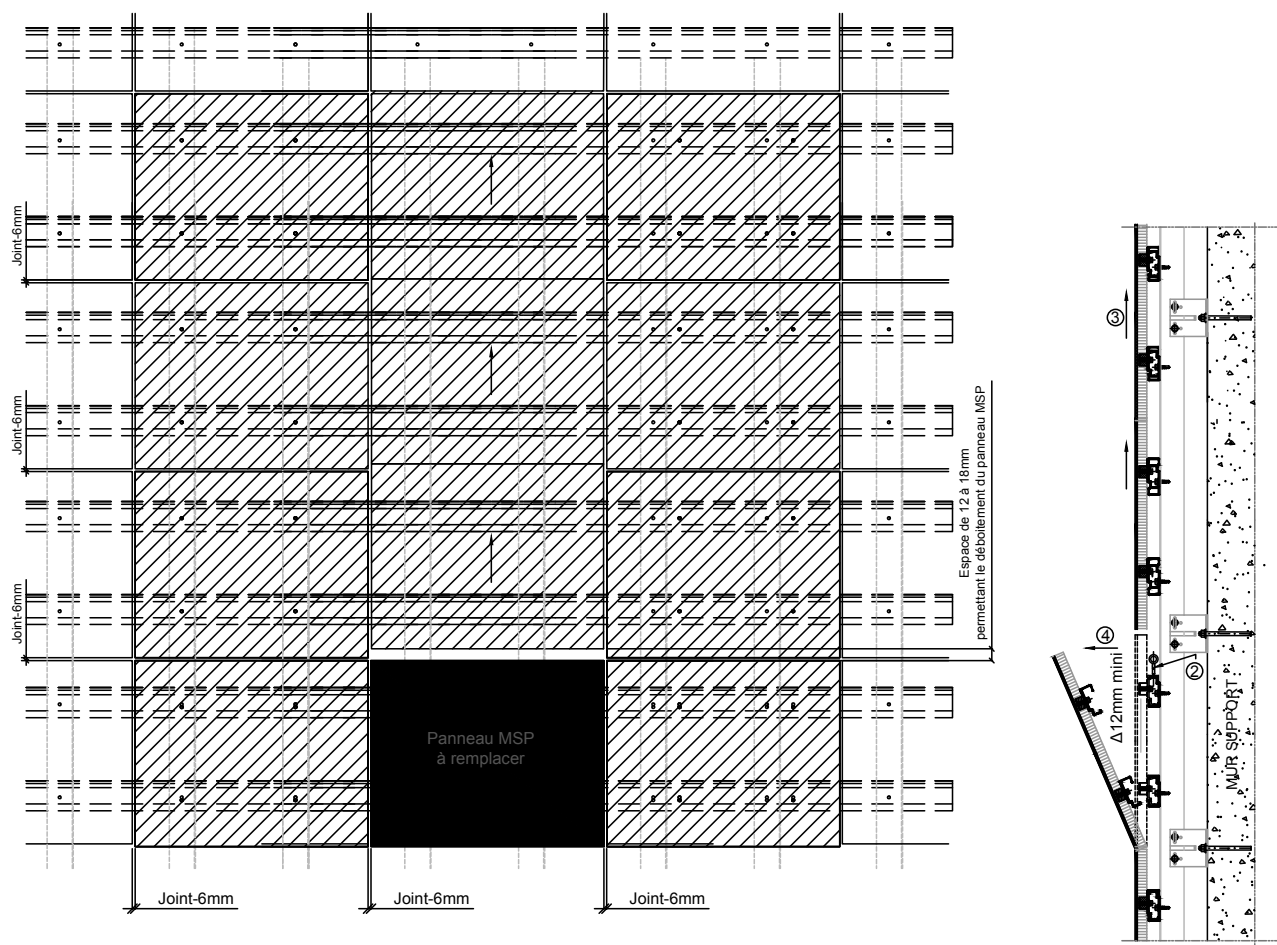


Figure 12 – Coupe verticale – Arrêt sur acrotère et départ de bardage



Procédure à suivre pour des panneaux MSP avec une finition autre que polie ou adoucie :

- ① Découper les joints du panneau à remplacer et ceux situés autour des panneaux supérieurs (6mm)
- ② Pousser vers le haut les panneau supérieurs afin de dégager un espace nécessaire au déboîtement du panneau voulu.
- ③ Retirer la goupille et déboîter le panneau MSP à remplacer.
- ④ Emboîter le nouveau panneau MSP
- ⑤ Remettre la goupille sur l'agrafe au dos du panneau.

Figure 13 – Remplacement d'un panneau MINERAL SYSTEM PANEL (MSP)

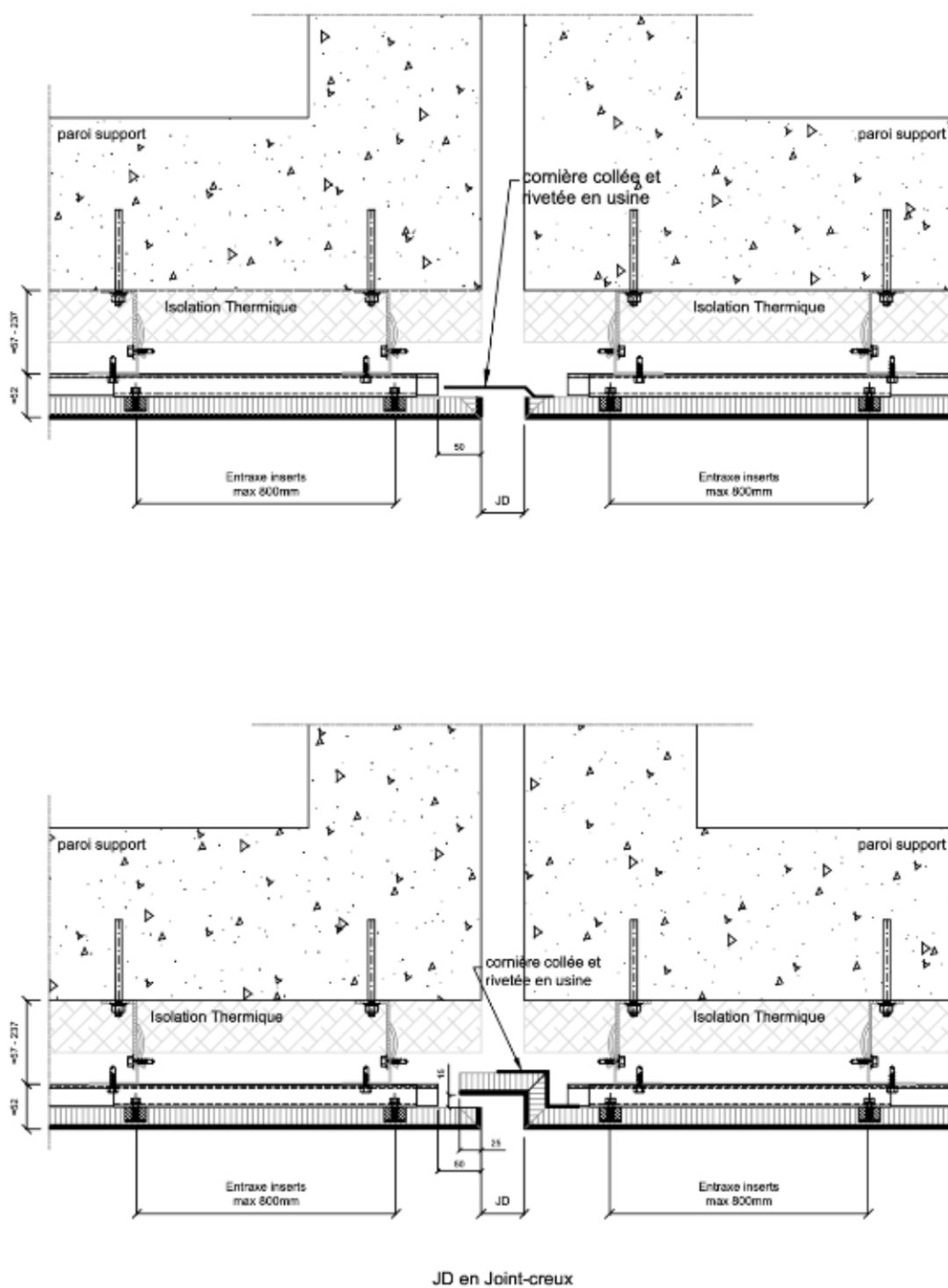
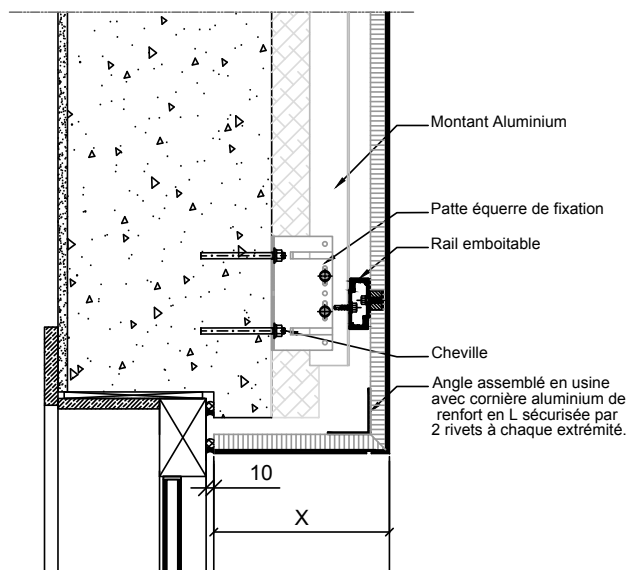
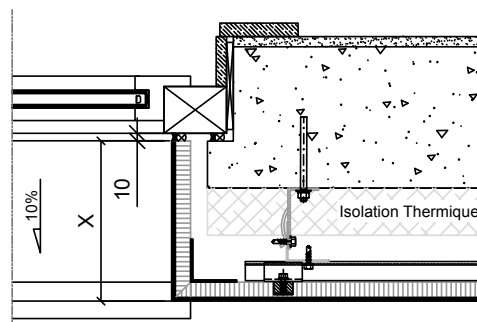


Figure 14 – Coupe horizontale – Joints de dilatation



Linteau



Tableau

X : **Si $X < 100 \text{ mm}$**
Retour collé

Si $100 \leq X < 300 \text{ mm}$
Cornière aluminium de renfort en L sécurisée par 2 rivets à chaque extrémité.

Figure 15 – Coupe sur baies – tableau / linteau

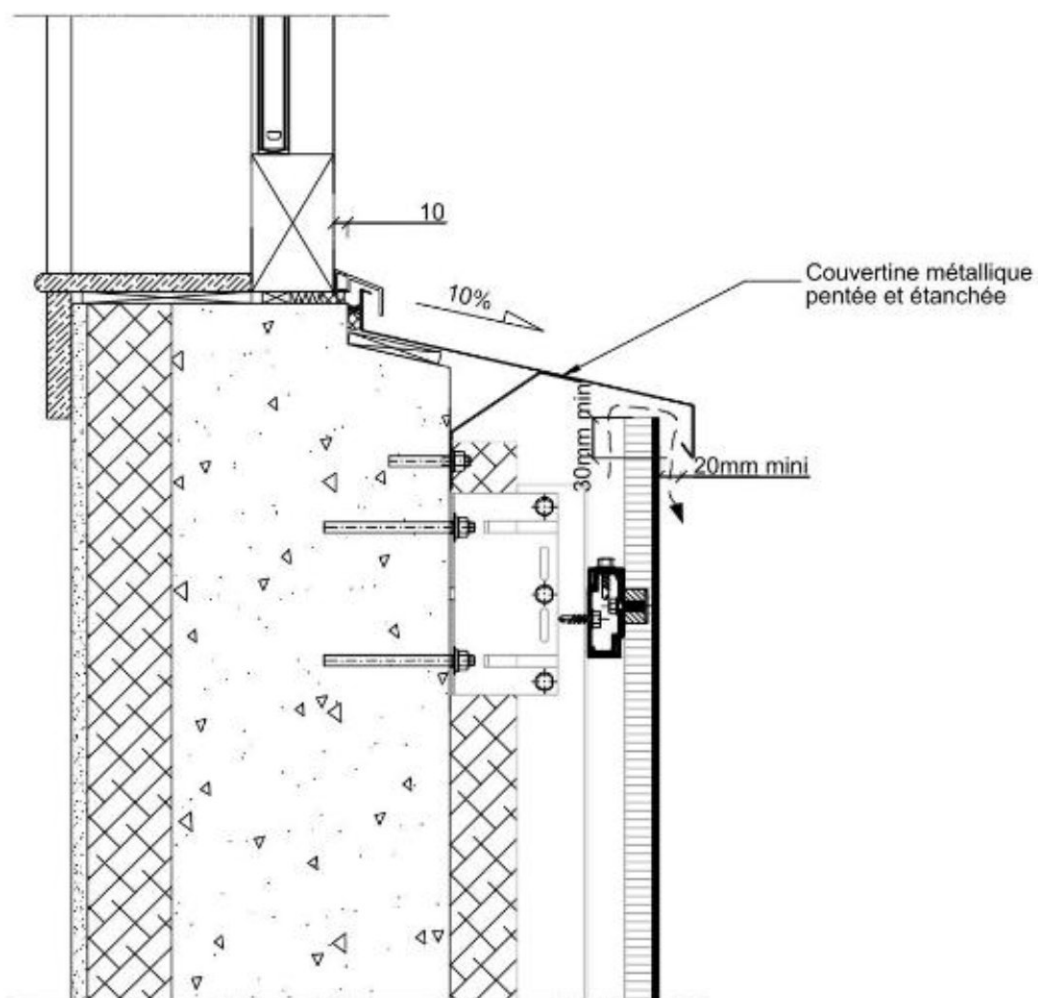


Figure 15bis – Coupes sur baies - Appui

Annexe A- Pose du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sur ossature aluminium en zones sismiques

A1 Domaine d'emploi

- Pour des hauteurs d'ouvrages $\leq 3,5$ m, la pose en zones sismiques du procédé de bardage rapporté MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) est autorisée, quelles que soient la catégorie d'importance du bâtiment et la zone de sismicité, si les panneaux ont une masse surfacique < 25 kg/m².
- Le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) peut être mis en œuvre sur des parois planes verticales et horizontales en zones de sismicité et bâtiments suivant les tableaux 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	X	X	X	X
2	X	X	X	X**
3	X	X❶	X	X**
4	X	X❶	X	X**
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 cette Annexe §A3.			
❶	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.			
X**	Pose autorisée sur parois planes et verticales en béton uniquement avec rails continus fixés au dos des panneaux selon les dispositions décrites dans cette Annexe §A3. Pose avec agrafes non autorisée.			

Tableau A1 - Pose du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) en zones sismiques pour des panneaux de format maximum 1500 x 3000mm

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X	X	X
3	X	X❶	X	X
4	X	X❶	X	X
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 cette Annexe §A3.			
❶	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du chapitre I " Domaine d'application " du Guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8 Zones 3-4, édition 2021.			

Tableau A2 - Pose du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) en sous-face en zones sismiques avec rails continus au dos des panneaux MSP de format maximum 1500 x 3000mm

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X		
3	X	❶		
4	X	❶		
X	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté			
❶	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions 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 A3 - Pose du procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) pour les formats > 1500 x 3000mm en zones sismiques

A2 Assistance technique

La Société Mineral System ne pose pas elle-même.

La pose est réalisée par une entreprise spécialisée dans l'isolation extérieure à laquelle Mineral System 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 l'EAD 330232-00-601 avec catégorie de performance C1 évaluée selon l'EOTA TR 049 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 A1bis en fin de dossier.

- Exemple de cheville permettant de satisfaire aux sollicitations du tableau A1bis goujon à expansion FM 753 CRACK M8/10x75 de la Société Friulsider.

A3.3 Ossature primaire

L'ossature primaire en aluminium est composée de profilés en L en aluminium 6060 T5 de 2,5 mm d'épaisseur.

L'entraxe des ossatures est au maximum de 650 mm. La longueur des montants est limitée à une hauteur d'étage et ces derniers sont fractionnés au droit de chaque plancher de l'ouvrage.

Chaque montant, dont la longueur est limitée à une hauteur d'étage, est fixé aux pattes-équerres Facalu (cf. fig. A5) de longueur 80 à 240 mm posées en quinconce et espacées de 1 m. Pour la pose en sous-face, les pattes-équerres sont doublées et l'entraxe est limité à 400 mm (cf. § 2.4.9).

La fixation des profilés au travers des équerres (cf. fig. A5) en aluminium est réalisée à l'aide de vis PERFIX 3 TH8/INOX A2 – Ø 5,5 x 25 mm.

A3.4 Rails

Les rails en aluminium sont fixés sur chaque montant par l'intermédiaire de deux vis auto-perceuses PERFIX 3 TH8 - □ 5,5 x 25 mm avec une résistance à l'arrachement Pk de 364 daN selon la norme NF P 30-310 pour une ossature en aluminium de 2 mm d'épaisseur (outillage préconisé : visseuse FEIN SCS 6,3-19X puissance 400 W mini avec limiteur de couple, embout de vissage : douille à 6 pans de 8 mm).

Sur la face arrière des panneaux, conformément au Dossier Technique des rails ou agrafes sont préalablement fixés pour emboîtement sur les rails support sur site.

En rives supérieures de façade, les rails ou agrafes sont bloqués à l'aide d'une vis autoperceuse afin d'éviter le déplacement vertical des panneaux. Pour éviter le déplacement horizontal des panneaux sous-jacents, au moins une agrafe par panneau est équipée d'une goupille.

A3.5 Panneaux

Les panneaux mis en œuvre en zones sismiques selon les dispositions décrites ci-dessus sont de facture standard, en tout point identiques aux panneaux fabriqués suivant le procédé MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) décrit dans le présent Dossier Technique pour la production des panneaux.

A4 Résultats expérimentaux

- Rapport d'essais n°MFR 18 26076924 du 12/11/2018 : essais sismiques d'excitation dans le plan du support, de mise en parallélogramme et d'excitation perpendiculaire au support concernant un procédé de bardage rapporté SYSTEME MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sur RAILS aluminium à pose verticale.
- Rapport d'étude DEIS/FACET-18-553 du 12/11/2018 : calcul des sollicitations sismiques dans les chevilles de fixation au support du système de bardage rapporté « MINERAL SYSTEM PANEL ».
- Rapport d'essais n° BEB2.M.9002 du 11/07/2022 : essais sismiques d'excitation dans le plan du support, de mise en parallélogramme et d'excitation perpendiculaire au support concernant un procédé de bardage rapporté MINERAL SYSTEM PANEL (MSP) sur RAILS aluminium à pose verticale.
- Rapport d'essai n° EEM 25-56049 du 17/10/2025 : essai sismique horizontal en sous-face sur un procédé à base de panneaux en pierre sur nid d'abeille appliqué sur façade ventilée.

Tableaux de l'Annexe A

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		897	935		1799	1987
	3	968	1028	1088	2149	2445	2742
	4	1105	1192	1280	2823	3254	3685
Cisaillement (N)	2		155	155		168	173
	3	155	155	155	177	186	196
	4	155	155	155	199	215	234

 **Domaine sans exigence parasismique**

Nota : Ce tableau est applicable à la pose en sous-face en respectant les dispositions de mise en œuvre au § 2.4.9

Tableau A1bis - Sollicitations en traction-cisaillement (en N) appliquées aux chevilles métalliques pour une pose sur ossature aluminium avec montage bridé, montants de hauteur 3m espacés de 650 mm et fixés avec fixés avec 2 chevilles (haut/bas) par pattes équerres par pattes équerres de longueur 240mm posées en quinconce et espacées de 800 mm
Selon l'arrêté du 22 octobre 2010 et ses modificatifs et de l'Eurocode 8-P1

Figures de l'Annexe A

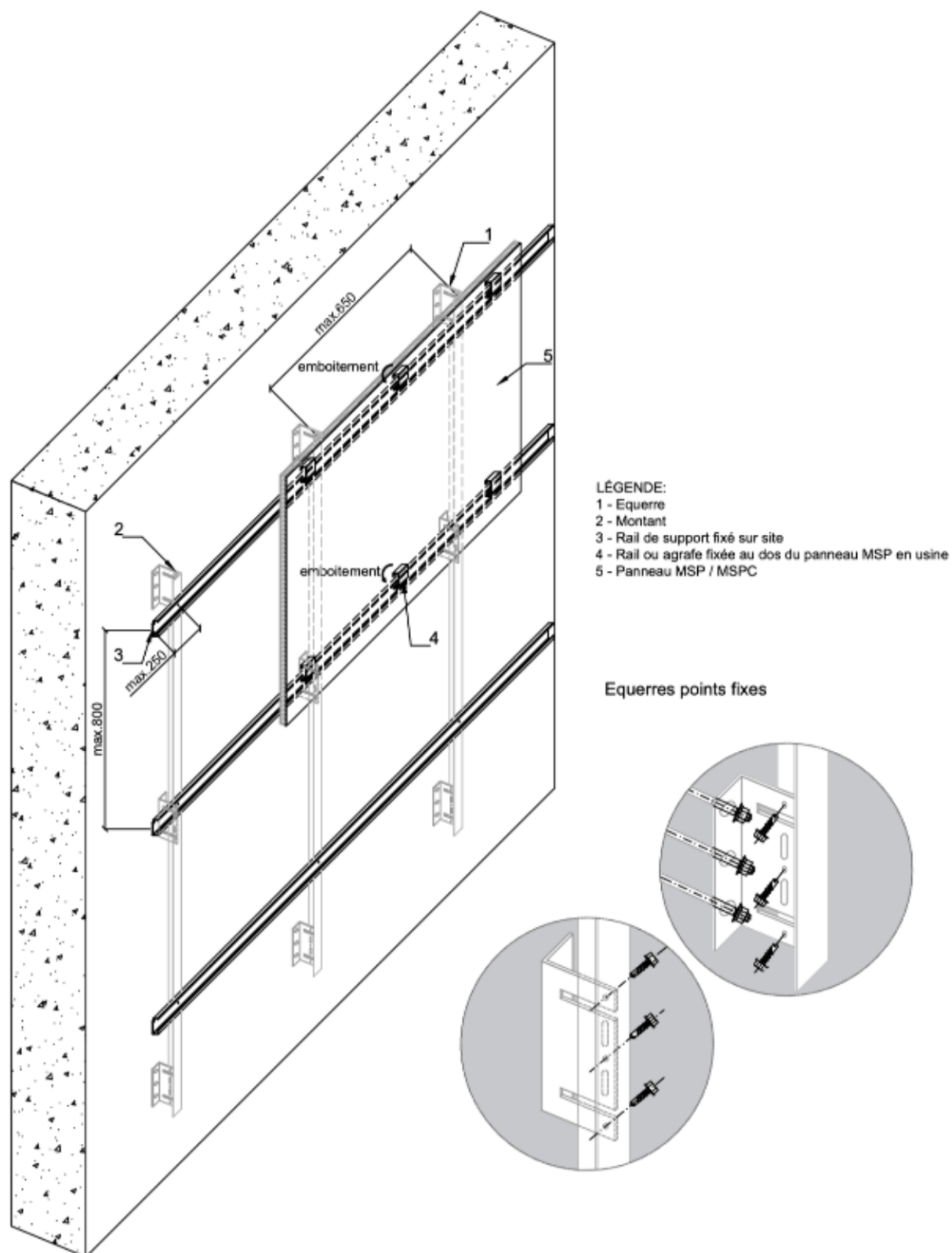


Figure A1 – Principe de pose en zones sismique

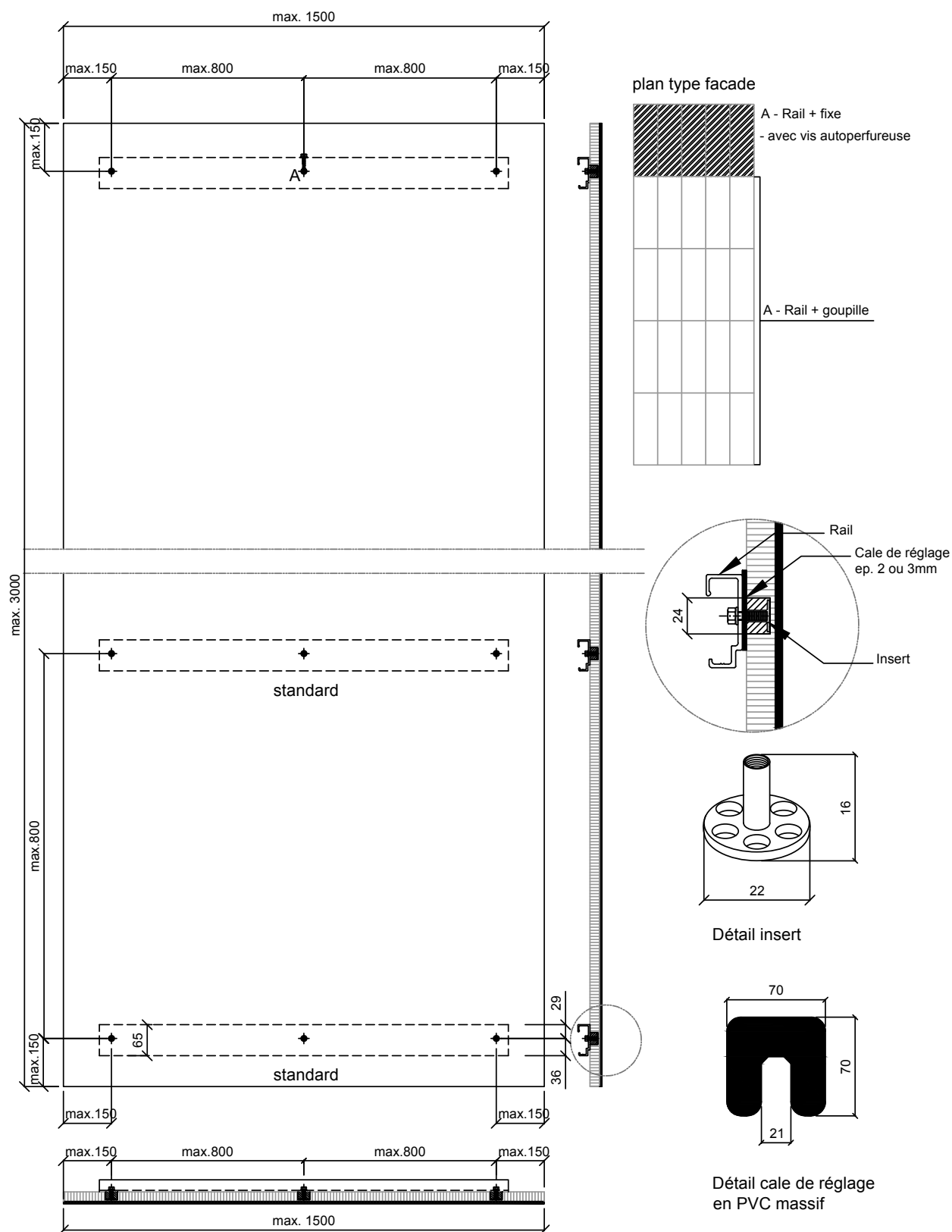


Figure A2 – Perçage des panneaux MSP avec disposition d'insert en zones sismiques

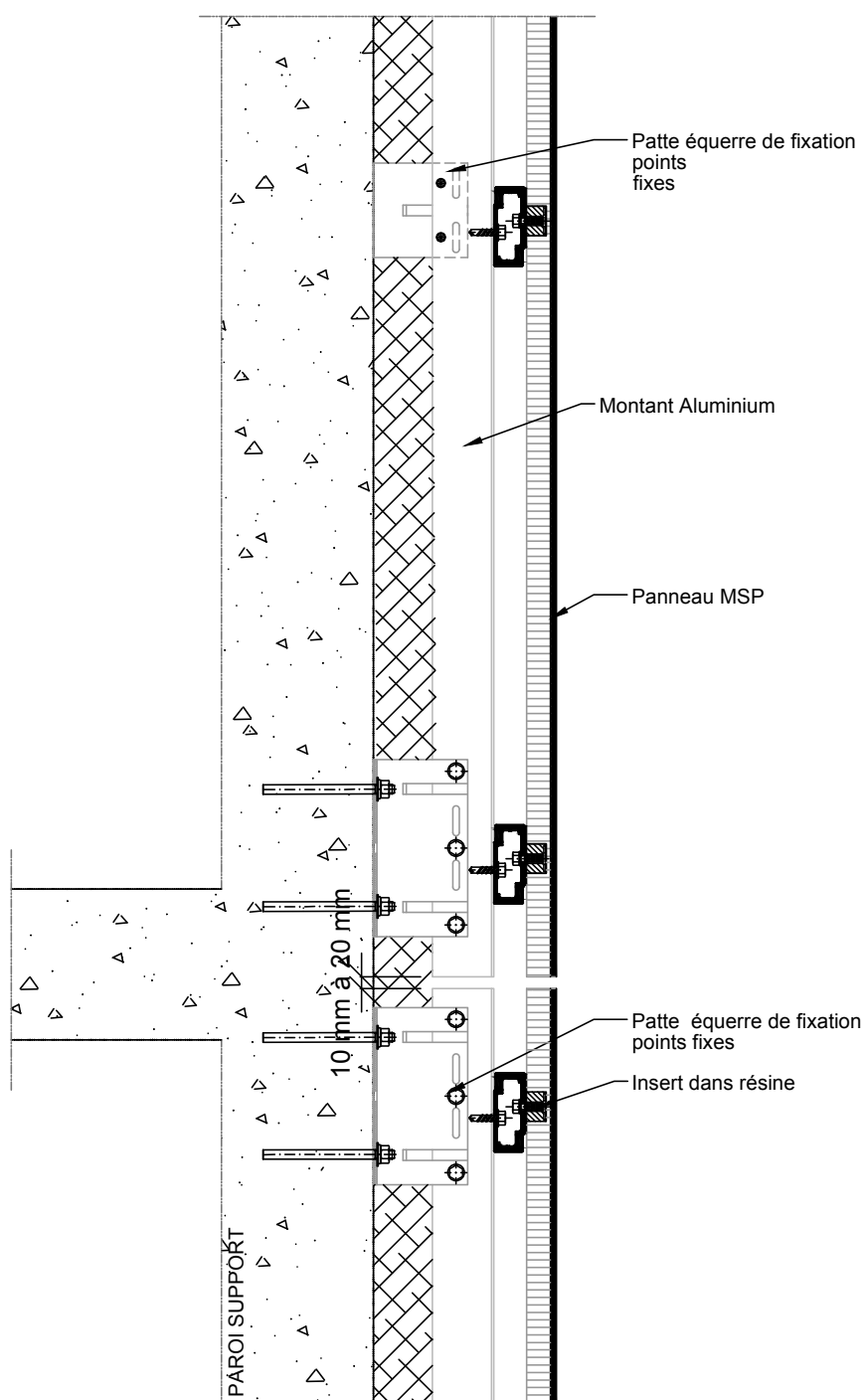


Figure A3 – Fractionnement de l'ossature au droit de chaque plancher

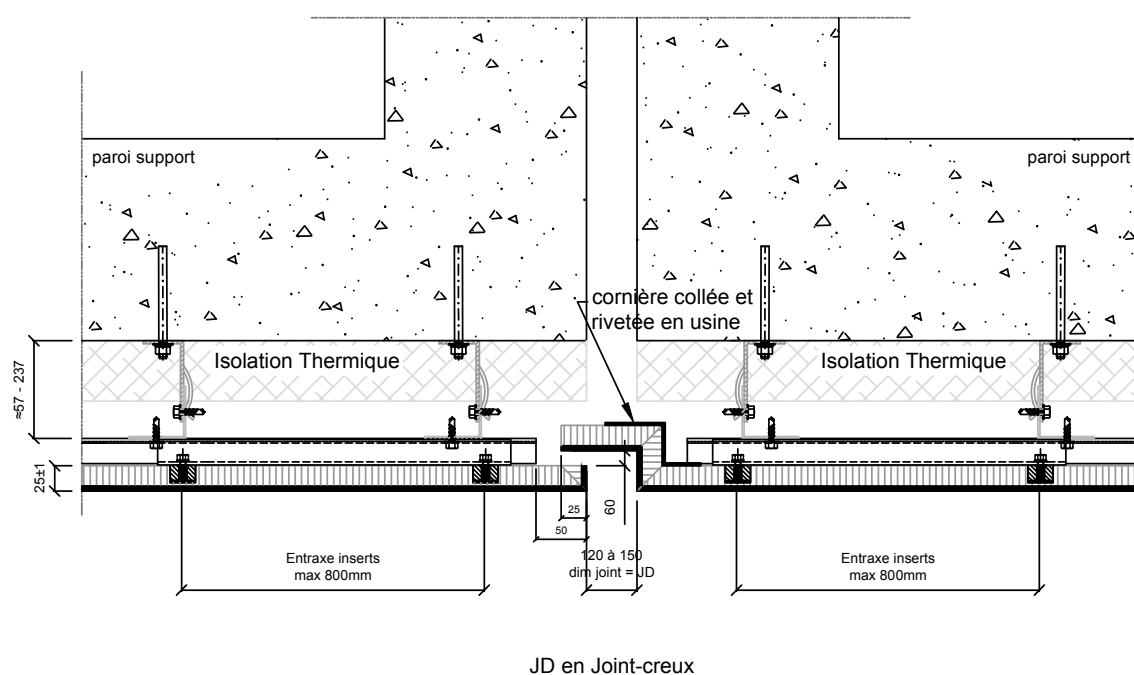
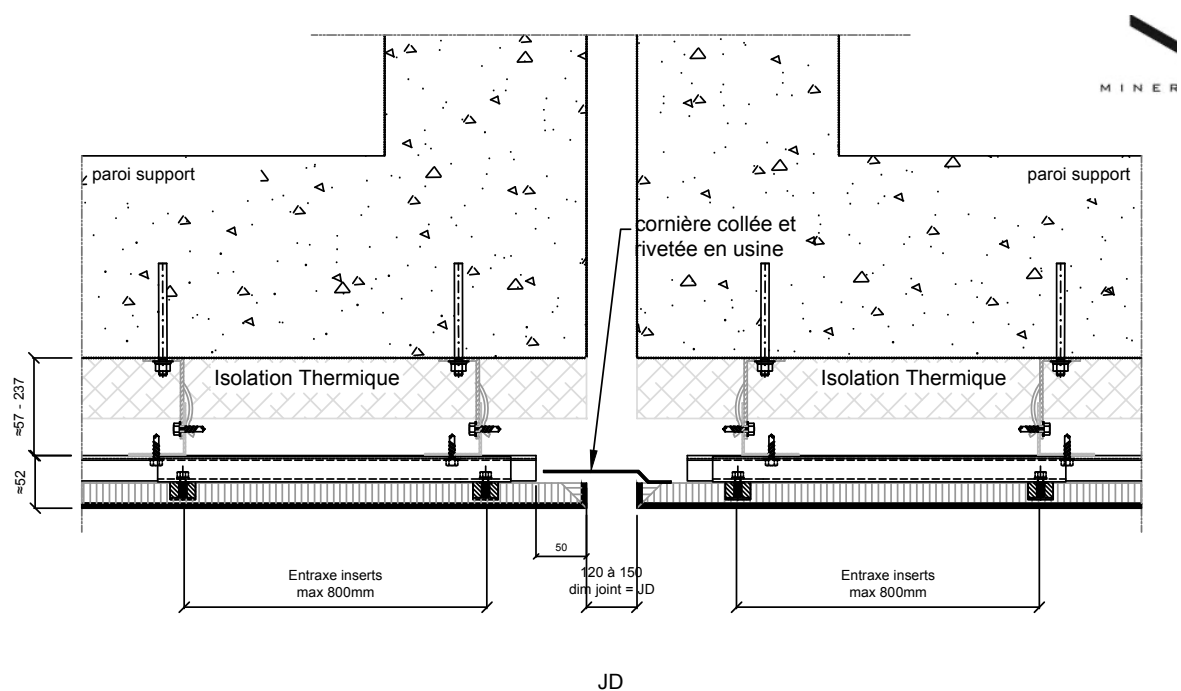
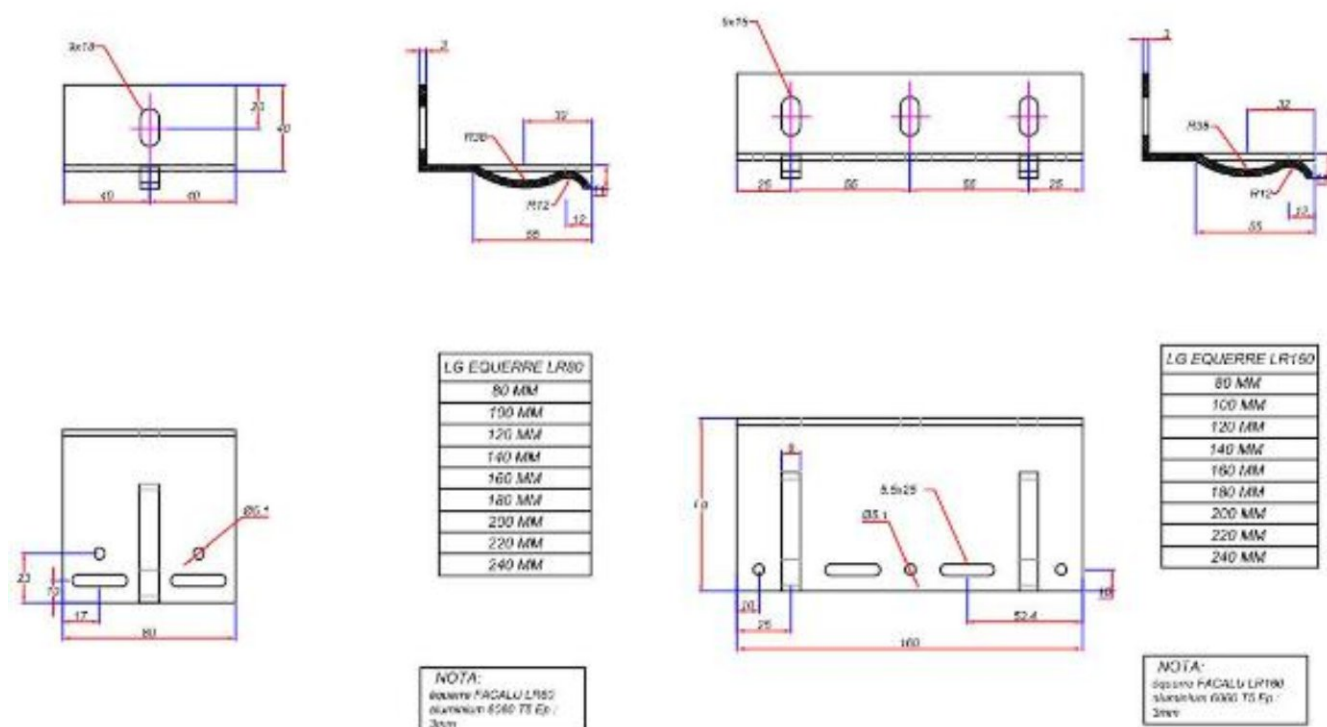


Figure A4 – Joint de dilatation de 12 à 15 cm



Résistance caractéristique déterminée à partir des essais de l'annexe 1 du cahier 3194-V2 du CSTB

L.G. EQUERRE	Charge Verticale (daN)	Charge Horizontale (daN)	
	Rca 1mm	LR80	LR150
80 MM	165	250	250
100 MM	208	250	250
120 MM	156	250	250
140 MM	167	250	250
160 MM	198	250	250
180 MM	131	250	540
200 MM	97	250	540
220 MM	101	250	540
240 MM			

Figure A5 – Géométrie et performance des pattes-équerres