

Sur le procédé

GIREC V – MATIV®

Famille de produit/Procédé : Habillage de façade

Titulaire(s) : Société SOCAP BETSINOR

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° 16 - Produits et Procédés spéciaux pour la maçonnerie

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V5	Cette version, examinée par le GS n° 16 le 06 avril 2023, annule et remplace la version 16/13-671_V4 avec la modification suivante : Changement d'entité juridique du titulaire, à savoir de la société DELMAR BETSINOR vers SOCAP BETSINOR	AKKAOUI Abdessamad	ESTEVE Stéphane

Descripteur :

Le procédé GIREC V est un procédé de mur d'habillage de structure constitué par la juxtaposition de panneaux-coques en mortier renforcé de fibres de verre, constitués d'un voile mince raidi par des nervures creuses ou pleines. Il peut s'agir de panneaux verticaux plans pleins, ajourés, ou courbes.

Le procédé MATIV est un procédé complémentaire consistant en la réalisation par injection sous vide d'éléments en mortier renforcé de fibres de verre, présentant la même qualité de surface sur toutes les faces. Il est destiné à la réalisation d'éléments, pour lesquels toutes les faces présentent la même cristallisation.

Chaque panneau est porté par la structure au moyen de liaisons ponctuelles permettant sa libre dilatation.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	5
1.2.3.	Impacts environnementaux	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées	7
2.1.2.	Identification	7
2.2.	Description	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants	7
2.3.	Dispositions de conception	14
2.3.1.	Hypothèses de calcul.....	14
2.3.2.	Dimensionnement de l'élément d'habillage	14
2.3.3.	Dimensionnement du système d'attache	15
2.3.4.	Prescriptions parasismiques	15
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	16
2.4.1.	Déroulement de la pose.....	16
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé	17
2.6.	Traitement en fin de vie	17
2.7.	Assistance technique et fourniture.....	17
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	17
2.8.1.	Fabrication	17
2.8.2.	Contrôle de fabrication	19
2.9.	Mention des justificatifs.....	21
2.9.1.	Résultats expérimentaux	21
2.9.2.	Références chantiers	22
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	23

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

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

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé GIREC V - MATIV® est destiné à l'habillage des structures porteuses des bâtiments courants, neufs ou existants : habitations, bureaux, industriels, Etablissement Recevant du Public, et IMH.

Le procédé GIREC V - MATIV® permet de réaliser des murs de type XIII au sens du NF DTU 20.1.

Le procédé est destiné à être mis œuvre :

- En pose directe sur supports béton armé ou sur maçonnerie ;
- Par le biais d'une ossature métallique intermédiaire sur support en béton armé, dans les conditions décrites au paragraphe 2.3.1.

Il ne vise pas la fermeture du bâtiment et n'a donc pas de fonction d'étanchéité à l'eau ou à l'air.

Il ne participe pas à la structure du bâtiment.

L'utilisation du procédé pour des bâtiments soumis à exigences parasismiques est admise pour les bâtiments de catégorie d'importance I à IV en zones de sismicité de 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, sous réserve du respect des prescriptions techniques du paragraphe 2.3.4.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Les murs de façade réalisés selon ce procédé ne participent pas à la structure résistante des bâtiments, leur stabilité propre peut être normalement assurée par les dispositions de liaison prévues pour les panneaux moyennant le dimensionnement de ces derniers à partir des contraintes admissibles propres à chacune des compositions de C.C.V. définies dans le paragraphe 2.3.

La capacité des panneaux, en fonction de leur situation, à résister aux chocs extérieurs de sécurité ou de conservation des performances devra être testée pour chaque configuration, conformément à la norme P 08-302, suivant la classe d'exposition visée.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Conformément aux conditions prévues par l'Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages, les panneaux GIREC V - MATIV® sont à même de satisfaire, dans les conditions précisées dans l'Appréciation de laboratoire de résistance au feu EFR-19-000340, aux objectifs de :

- L'Instruction Technique n° 249, version 2010 relative aux façades ;
- L'Arrêté du 7 août 2019 modifiant l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation ;
- L'Arrêté du 7 août 2019 relatif aux travaux de modification des immeubles de moyenne hauteur et précisant les solutions constructives acceptables pour les rénovations de façades ;
- L'Arrêté du 25 juin 1980 modifié portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).

En qualité de revêtement de façade, les panneaux de CCV sans enduit, ni peinture d'aucune sorte et qui comportent une incorporation de polymère dans la limite des compositions décrites dans le Dossier Technique, disposent d'un classement de réaction au feu A1 (cf. § 2.9.1 du Dossier Technique).

1.2.1.3. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée, étant noté que les éléments de ce procédé ne sont pas exposés à des circulations d'entretien et que l'appui de nacelles d'entretien est exclu par ailleurs.

1.2.1.4. Pose en zones sismiques

Le procédé GIREC V - MATIV® peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme sous réserve du respect des conditions précisées au § 2.3.4.

1.2.1.5. Isolation thermique

Un complexe isolant peut être intercalé entre les panneaux et leur support. Cette insertion suppose que la fonction pare-pluie soit assurée soit par traitement des joints, soit par l'adjonction d'une pare-pluie continu. Moyennant, le cas échéant, une adaptation de l'épaisseur de cette ou de ces couches, elle permet de satisfaire aux exigences de la réglementation visant les ouvrages. La vérification est à effectuer selon les "Règles Th-Bât".

En habillage de façade, avec interposition d'un isolant entre la paroi support et les panneaux, ce procédé permet de réduire les ponts thermiques aux seules fixations ponctuelles des panneaux.

1.2.1.6. Isolation acoustique

L'isolement acoustique dépend essentiellement de la masse de la paroi supportant les panneaux et de la couche d'isolant qui la complète.

1.2.1.7. Etanchéité

Les éléments d'habillage n'ont pas de fonction d'étanchéité.

Toutefois le traitement des joints peut être réalisé conformément au DTU 22.1 (cf. § 2.3.3). La peau en mortier renforcé de fibres présente en elle-même une étanchéité à l'eau convenable lorsque, comme il est prévu, elle est correctement compactée et si son épaisseur est en tous points au moins égale à 15 mm.

1.2.1.8. Aspects sanitaires

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

1.2.1.9. Fabrication et contrôle

Effectuée dans l'usine de SOCAP BETSINOR à Courrières (62), elle requiert une main-d'œuvre dotée d'une formation spécifique, et nécessite l'exécution d'un auto-contrôle régulier des diverses phases du processus de fabrication et des produits finis (cf. § 2.8.2).

Par suite de la multiplicité des opérations à enchaîner dans un délai mesuré (toute interruption prolongée dans le processus de réalisation d'un panneau est susceptible d'affecter sérieusement la résistance de ce panneau), la qualité des panneaux repose, plus que dans d'autres techniques de préfabrication, sur le soin des opérateurs et sur l'efficacité de l'autocontrôle.

L'autocontrôle exercé dans l'usine du Titulaire fait l'objet d'un suivi extérieur assuré par le CSTB.

Les modalités du suivi sont les suivantes :

- Visite d'usine 1 fois par an ;
- Vérification des contrôles décrits au § 2.8.2 du Dossier Technique.

Mise à disposition par le titulaire de l'annexe du rapport de visite mentionnant quelle(s) formulation(s) parmi celles décrites au tableau 2 du Dossier Technique ont fait l'objet d'une vérification. En cas de non-conformité relevée lors d'une visite, la fréquence sera augmentée à deux visites pour l'année qui suit.

La conformité des productions du centre de fabrication des panneaux aux données du présent Avis est enregistrée dans les registres de fabrication de l'usine.

1.2.1.10. Mise en œuvre

Effectuée par le titulaire de l'Avis ou par des entreprises de construction auxquelles le fabricant livre les panneaux, elle nécessite des précautions particulières en raison notamment de la légèreté des panneaux (sensibles au vent lors de leur pose à la grue) et de leur relative sensibilité aux chocs de poinçonnement (cf. § 2.4).

Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises un Cahier des Charges de montage et mettra à leur disposition, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel.

1.2.1.11. Informations utiles complémentaires

Les divers traitements que peut recevoir le parement extérieur sont définis dans le Dossier Technique.

Dans le cas de mortier teinté dans la masse, on doit s'attendre, surtout si la teinte est assez vive, à observer des nuances dans la teinte du parement. Les teintes sombres doivent être évitées.

1.2.2. Durabilité

Les panneaux de base de ce procédé sont constitués d'une plaque nervurée en mortier armé de fibre de verre :

- Réalisée par projection simultanée,

- Réalisée par coulé vibré,
- Réalisé par injection sous vide.

Les formulations de CCV associées à chaque mode de fabrication sont détaillées en Annexe du Dossier Technique.

Les caractéristiques des formulations testées, montrent que par suite d'une perte sensible de la résistance à la traction des fibres sous l'action des alcalis du ciment, la résistance du mortier armé diminue avec le temps et tend à se stabiliser à long terme à un niveau que les essais de vieillissement accéléré ont permis d'évaluer ; la déformabilité du mortier armé chute de façon sensible de même que la résistance aux chocs : le comportement du matériau initialement de type ductile tend à devenir de type fragile.

C'est pourquoi les valeurs des contraintes admissibles retenues sont égales à la moitié les contraintes LDP observées à long terme.

La résistance des panneaux, vis-à-vis de la fissuration notamment, dépend dans tous les cas du soin apporté à leur fabrication qui, assez délicate, fait appel à des méthodes spécifiques et nécessite un autocontrôle suivi (cf. § 2.8.2).

La valeur assez élevée du retrait du mortier entre l'état initial et l'état sec impose la réalisation de liaisons déformables entre les panneaux en CCV et la structure. Le choix d'une teinte claire pour le parement extérieur est recommandé.

Ces panneaux de façade subissent des variations hygrothermiques importantes. Ils sont sujets à des déformations associées qui induisent de fortes variations d'ouvertures des joints vis-à-vis desquelles les joints à glissières et languettes ont un comportement prévisible meilleur que les joints à garniture extérieure de mastic, même lorsque le mastic est choisi très déformable, comme il est nécessaire.

Moyennant ces précautions, on estime que l'on peut réaliser des panneaux de qualité satisfaisante et la durabilité d'ensemble des murs de façade comportant de tels panneaux peut être considérée comme équivalente à celle de façades légères traditionnelles ; elle requiert la réfection, selon une périodicité de 10 à 15 ans, des garnitures de mastic extérieures.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le procédé GIREC V – MATIV® ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) vérifiée par tierce partie et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe rappelle que le procédé n'est pas conçu pour assurer la fonction de fermeture du bâtiment.

Le Groupe insiste également sur le choix de la protection à la corrosion de l'acier des liaisons mécaniques qui doit tenir compte de la durée d'exploitation de la façade et du niveau de protection à la pluie des panneaux selon le paragraphe 2.3.3 du Dossier Technique.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société SOCAP BETSINOR

57 Rue du Lieutenant Giard

FR-62710 Courrières

Tél : 03.21.13.75.57

Fax : 03.21.13.78.98

E-mail : accueil@betsinor.fr

Internet : www.betsinor.com

2.1.2. Identification

Les panneaux GIREC V et MATIV® portent une marque distinctive rappelant l'usine productrice et reprenant les éléments suivants :

- Nom de l'entreprise / usine productrice
- Référence du projet
- Référence du panneau
- Date de fabrication

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé GIREC V est un procédé destiné à l'habillage des structures porteuses des bâtiments neufs ou existants. Il met en œuvre principalement des panneaux-coques en Composites Ciment Verre (C.C.V).

Il s'agit d'un mortier armé de fibre de verre Alkali Résistantes. Chaque élément est constitué d'un voile mince pouvant être raidi par des nervures creuses ou pleines. Ils présentent une face lisse qui constitue le parement extérieur de la façade et une face brute.

Le procédé MATIV®, est un procédé complémentaire breveté, consistant en la réalisation par injection sous vide d'éléments eux aussi en mortier renforcé de fibre de verre et pour lesquels toutes les faces présentent la même cristallisation de surface.

Les configurations d'éléments décrites dans le présent Dossier Technique pourront être réalisées dans les 3 procédés de mise en œuvre et selon les limites géométriques définies.

Chaque élément est porté par la structure au moyen de liaisons ponctuelles permettant sa libre dilatation.

Les supports visés sont les supports en béton armés ou les maçonneries conformes au NF DTU 20.1.

La pose sur ossature métallique est visée lorsque celle-ci est elle-même rapportée sur un ouvrage béton ou maçonnerie.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Matériaux

2.2.2.1.1. Composites Ciment Verre (CCV)

Les éléments d'habillage sont réalisés en Composites Ciment Verre.

Il s'agit d'un mortier renforcé de fibres de verre « Alkali Résistantes » pouvant être mise en œuvre selon trois procédés de fabrication :

- La projection simultanée
- Le coulé
- L'injection sous vide

Les caractéristiques du CCV et les compositions sont données dans les tableaux 1 et 2 figurants au § 2.10 du présent Dossier Technique.

2.2.2.1.2. Dispositifs de manutention

Les dispositifs de manutention sont généralement intégrés aux éléments d'habillage lors de leur fabrication.

Ils peuvent être de type Câblettes métalliques en acier galvanisé ou Inox A2, Inserts ou douilles en acier Inoxydable A2.

Selon les contraintes du chantier, il est également possible d'employer des outils de manutention tels que des sangles, palonniers ou ventouses de levage.

Pour chaque insert de levage intégré au panneau, la vérification devra être réalisée selon la relation indiquée au § 2.2.2.5 du Dossier Technique.

La résistance caractéristique à l'arrachement des inserts de levage est déterminée conformément à l'annexe D de l'Eurocode 0. Lors de la vérification, on considérera un coefficient de sécurité égal à 3, et d'un coefficient de sécurité de 1,15 pour tenir compte de l'effet dynamique dû à la manutention.

Les dispositifs de levage caractérisés figurent dans le tableau 5 du présent Dossier Technique

2.2.2.1.3. Dispositifs de fixation

Le dispositif de fixation des éléments d'habillage à la structure du bâtiment se décompose en trois parties de la manière suivante :

Dispositifs ancrés à l'élément d'habillage

Ils peuvent être de type :

- Douilles à œillet renforcée
- Douilles coudées ou à tête plate
- Inserts métalliques (ex : ISA / ISB / ISD)
- Profils CCV réalisés lors de fabrication

L'ensemble des pièces de fixation en acier, ancrés ou en contact avec le CCV, seront au minimum en qualité d'acier inoxydable de nuance 304L.

Pour chaque dispositif de fixation ancré dans l'élément d'habillage, celui-ci fera l'objet d'une caractérisation à l'arrachement selon les conditions de sollicitations en traction et/ou en cisaillement, et selon les compositions et procédés de fabrication mis en œuvre.

Les résistances de calcul prises en compte pour les vérifications d'ELU seront calculées conformément à l'annexe D de l'Eurocode 0 et en considérant un coefficient d'incertitude lié aux essais de 0,75.

Les dispositifs de fixations ancrés caractérisés figurent dans le tableau 04 du Dossier Technique.

Dispositif de fixation permettant la liaison du panneau à la structure

- Chevilles métalliques à expansion ou chevilles à scellement chimique faisant l'objet d'une Evaluation Technique ou d'un d'Agrément Technique Européen.
- Vis, boulons, écrous, rondelles, tiges filetées.
- Ossatures, consoles, platines, omégas, équerres métalliques.

Les tôles d'acier découpées, pliées sont dimensionnées en interne et sont fabriquées par un sous-traitant qualifié conformément aux prescriptions techniques fournis par le Bureau d'étude SOCAP BETSINOR (nuance d'acier, dimensions, localisation des soudures ...)

Suivant le degré de protection anticorrosion nécessaire, les pièces métalliques sont soit revêtues d'une galvanisation à chaud de 40 µm minimum (ou électrozinguée pour la visserie), soit en acier inoxydable de nuance 304L et 316L (ou classe 70 et 80 pour la visserie).

La galvanisation à chaud ne pourra être employée que dans le cas où les joints sont organisés pour assurer une fonction pare-pluie conformément aux dispositions du DTU 22.1, et en dehors de toute atmosphère corrosive (proximité du bord de mer par exemple), et uniquement pour une durée d'exploitation de 25 ans.

Le tableau 06 du Dossier Technique précise les degrés de protection nécessaires en fonction des zones d'exposition de l'ouvrage.

Appareils d'appui et accessoires

- Plaquettes, entretoises en acier inoxydable de nuance 304L (exemple figure 18)
- Plaquettes inox, feuilles minces ou profilés EPDM dureté shore 70. (exemple figure 20)
- Cales provisoires de réglage lors de la pose, plastique en U 70x70 mm et d'épaisseur variable de 1 à 25 mm.

2.2.2.1.4. Jointement entre éléments

La largeur des joints entre panneaux devra tenir compte des tolérances de fabrication, des tolérances de pose et des effets liés à la dilatation thermique du panneau lors de l'établissement du calepinage de la façade. Elle fera l'objet d'une vérification systématique sur chantier et devra être conforme aux valeurs minimales indiquées dans le tableau ci-dessous.

Longueur de panneau (m) :	0,5	1	2	3	4	5	6	6,5
Dilatation thermique maximale / longueur (en mm)	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	3,9
Tolérance maximale de longueur (en mm)	3	5	5	5	6	6	6	6
Total dilatation et tolérance panneau (en mm)	3,3	5,6	6,2	6,8	8,4	9,0	9,6	9,9
Joint mini retenu lors de la pose en config. standard (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10
Joint mini retenu lors de la pose en config. sismique (mm)	21	21	22	22	23	23	24	24

Parmi les principaux jointements on distingue :

Traitement des joints horizontaux

- Profilés en PVC
- Mastic élastomère
- Cordons et mastic coupe-feu
- Recouvrement en tête de panneau (retombé sur rejingot désigné principe « talon-batée »)
- Fond de joint cylindrique en mousse polyéthylène à cellules fermés de type TRAMICORD.
- Joint mousse à cellules ouvertes de type COMPRIBAND TRS ou ILLMOD.

Traitement des joints verticaux

- Profilés en PVC
- Mastic élastomère
- Cordons et mastic coupe-feu
- Profilés spéciaux en caoutchouc EPDM
- Recouvrement en rives de panneau (désigné principe « talon-batée »)
- Fond de joint cylindrique en mousse polyéthylène à cellules fermés de type TRAMICORD
- Joint mousse à cellules ouvertes de type COMPRIBAND TRS ou ILLMOD

Les détails des principes de joint sont représentés sur les figures 1 à 6 du Dossier Technique.

2.2.2.1.5. Isolants

Selon les besoins d'isolation, différents types d'isolants peuvent être utilisés. On retrouve principalement les laines minérales (laine de roche et laine de verre), les mousses rigides et le polystyrène expansé ou extrudé.

Les isolants peuvent être mis en place soit :

- Lors de la fabrication pour former les nervures du CCV mise en œuvre par projection.
- Lors de la pose sur chantier, ils sont rapportés sur le support béton.

Mais aussi en atelier après démoulage, des isolants acoustiques pourront être disposés dans la coque des éléments CCV pour la réalisation de panneaux acoustiques. Les isolants sont maintenus au travers de prespin intégrés dans la coque du panneau.

Les isolants seront hydrophobes et éventuellement revêtu.

2.2.2.1.6. Revêtements

Différents aspects de revêtement peuvent être réalisées sur le parement de surface :

- Minéral lisse, blanc ou coloré avec des tons pastel par l'introduction de pigments naturels
- Matricé obtenu au moyen d'un support à relief en élastomère ou en silicone.
- Gravillons lavés avec la mise en œuvre en fond de moule d'un mortier d'agrégats d'épaisseur allant jusqu'à 10 mm.
- Béton retailable (type Pierre de la POSSONNIERE) constitué de calcaire concassé additionnée de silice. L'application s'effectue frais sur frais, c'est-à-dire mise en œuvre du CCV sur l'enduit frais.
- Éléments spécifiques de petites dimensions disposés en fond de moule ou rapportés sur le panneau.

En finition lors du démoulage, possibilité d'appliquer un traitement de finition sur le parement : gommé, sablé, poli, désactivé.

En protection de parement, possibilité d'appliquer en usine ou sur chantier les traitements de surface à pouvoir : hydrofuge, oléofuge, antitaches, photo catalytique et anti-graffiti (permanent ou sacrificiel).

L'application de finitions sur les éléments ne doit être entreprise qu'avec l'accord préalable du fabricant des produits correspondants.

2.2.2.2. Éléments

2.2.2.2.1. Panneaux de façade

Les panneaux de façades sont constitués d'une plaque mince en CCV, épousant la forme d'un moule et pouvant être raidie par des nervures également en CCV.

Cette plaque peut être réalisée selon le procédé de projection (épaisseur minimale de 10 mm hors gel coat) ou selon les procédés de coulé et d'injection (épaisseur minimale de 20 mm).

Les nervures font office de raidisseurs et permettent d'augmenter la portée en reprenant les charges appliquées à la plaque et en les transmettant aux points d'appuis. Elles peuvent être pleines ou creuses :

- Pleines : elles peuvent consister en un épaissement local de la plaque, un plissement, un retour de plaque le long des rives ou en une lame intérieure projetée sur une jouée mobile ou préfabriquée.
- Les nervures étant toujours pleines au droit des dispositifs de fixation.
- Creuses : elles sont obtenues par projection de mortier de fibres de verre sur un prisme préformé servant de coffrage perdu. Celui-ci peut être en métal déployé (type nergalto), en polystyrène, en fibre de verre ou en polypropylène. La nervuration peut aussi résulter de la forme même du panneau.

Ces différentes formes de nervures peuvent coexister sur un même panneau. Leur répartition et leur géométrie sont déterminées par le calcul en fonction des efforts à reprendre (poids propre du panneau, efforts de vent ...)

2.2.2.2.2. Dimensions

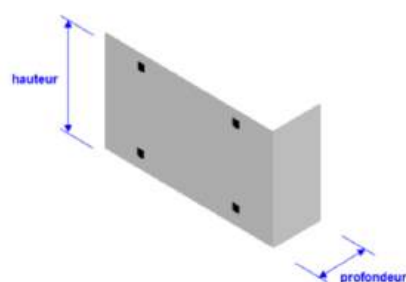
Les panneaux dans le plan vertical peuvent être pleins ou ajourés, plans ou courbes et peuvent épouser les angles des bâtiments de façon monolithique.

On considère les limites géométriques ci-dessous en fonction du procédé de fabrication mise en œuvre :

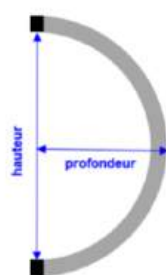
PROCEDE DE FABRICATION	CCV PROJETE	CCV COULE	CCV INJECTE
Epaisseur minimale en partie courante et hors gel coat (mm)	10	20	20
Surface maximale (m ²)	18	7	7
Longueur maximale (m)	6,5	5	5
Elancement maximal selon surface développée (L / l)	6	6	6

De plus, il conviendra de respecter :

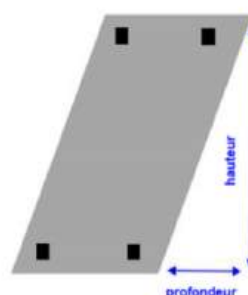
- un rapport Profondeur / Hauteur maximum de 0,75 et applicable aux différentes configurations, comme illustré ci-dessous avec le principe d'implantation des fixations :



Panneau avec retour



Panneau courbe

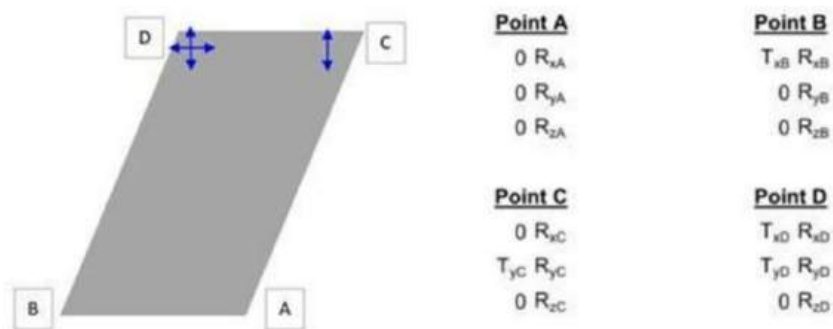


Panneau incliné dans le plan

- Un alignement des fixations sur un même plan et basé sur le pôle de dilatation.
- Dans le cas de panneaux avec retours, une surépaisseur de 2 cm sera systématiquement prévue au droit de l'angle.
- Dans le cas des panneaux avec retour, il conviendra de respecter une pression de vent maximale de 2000 N/m².
- Une profondeur ou porte à faux maximal de 1 m pour les panneaux courbe et panneaux inclinés. Une profondeur de 50 cm pour les panneaux avec retour.
- La réalisation des retours en tête de panneau n'est pas visée par le présent Avis Technique (seuls les retours en sous face ou en angle sont visés).

Lorsque le centre de gravité ne se situe pas entre les deux points d'appuis, et afin d'éviter les effets de basculement, il conviendra d'adapter les degrés de libertés des attaches comme une configuration sismique. Dans ce cas il conviendra de limiter la profondeur maximale à 50 cm.

Exemple pour un panneau incliné :



Pour les panneaux ajourés, les sections et les épaisseurs des différentes branches doivent être identiques afin d'éviter les risques de dilatation bloquée. De plus, il conviendra de tenir compte d'une section minimale de 30x30 mm² pour les branches et d'un élancement maximal de 5 sur la dimension en plan. Les panneaux ajourés courbes ou avec retours ne sont pas visés dans ce document.

Le poids moyen d'un élément est compris entre 50 et 80 kg/m²

Les tolérances géométriques sont celles définies au § 2.8.2.1 du Dossier Technique.

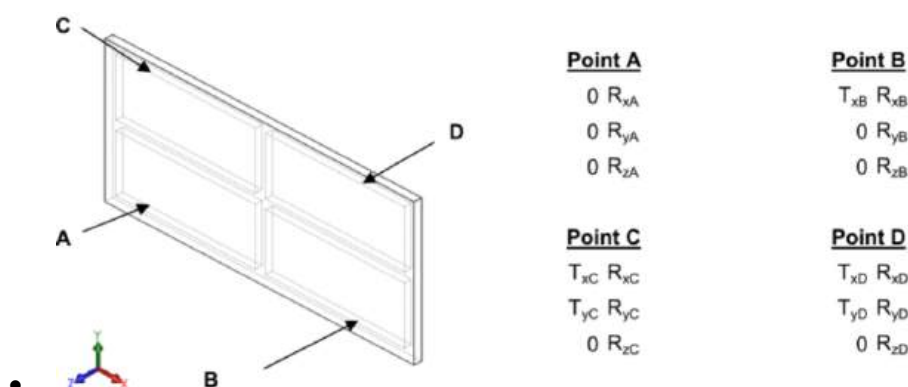
Lors de la réalisation d'un encadrement de menuiserie, celle-ci reste dans tous les cas indépendants des panneaux et l'étanchéité n'est pas visé par ce procédé d'habillage.

Les détails de traitement des angles de bâtiment par les panneaux sont représentés sur la figure 6 du Dossier Technique. Les détails de jonction à la menuiserie sont représentés sur la figure 7.

2.2.2.2.3. Principe de conception du système de fixation

Chaque panneau dispose de 4 attaches disposées dans le même plan dont 2 en partie supérieure et 2 en partie inférieure.

Le schéma statique du panneau est représenté ci-dessous :



Les 2 attaches supérieures reprenant les efforts horizontaux (vents, poussées ...)

Les 2 attaches inférieures recevant à la fois les efforts horizontaux et verticaux (poids propre de l'élément)

On parle dans ce cas d'une configuration « portée ».

Quelles que soit les configurations d'éléments d'habillage, les attaches sont conçues pour permettre, sans créer de contraintes excessives dans l'élément :

- La transmission des efforts du panneau à la structure porteuse,
- Les variations angulaires et linéaires du panneau sous les changements de température et d'humidité
- Les légers mouvements normaux de la structure, le cas échéant
- L'acceptation des tolérances d'exécution du panneau, de sa mise en œuvre et de la structure.

Les mouvements, après blocage des articulations de réglage, sont rendus possibles dans le plan du panneau par des trous ovalisés, des plaquettes métalliques avec entretoise si nécessaire ou système d'écrou - contre-écrous afin de permettre la mise en place de jeu suffisant.

Les mouvements perpendiculaires au plan du panneau ne sont pas permis.

Pour éviter tout desserrement en œuvre, sous l'effet des vibrations par exemple, les vis et les écrous des dispositifs de liaison sont arrêtés par des systèmes de freins (rondelles, écrous frein, frein filet ...).

La fixation des attaches se fait à l'aide des chevilles à scellement chimique ou mécanique selon la nature du support béton. Pour les ossatures intermédiaires rattachée au support béton, l'ensemble des liaisons se font uniquement par liaison mécanique.

Les dispositifs de fixations d'attaches sont dimensionnés en fonction du dispositif de fixation choisi et des charges appliquées à celles-ci en prenant en considération leur environnement et leur implantation.

Les contraintes admissibles du CCV prises en compte lors du dimensionnement sont indiquées au tableau 3.

Les résistances des attaches prises en compte pour le calcul sont indiquées au tableau 4 du Dossier Technique.

Les principes de conception et de dimensionnement des panneaux et des dispositifs de fixations figurent au § 2.3 du Dossier Technique.

2.2.2.2.4. Organisation de la façade

La largeur minimale des joints est de 10 mm et plusieurs solutions peuvent être adoptées :

- Les panneaux sont placés bord à bord sans recouvrement et sans dispositif d'étanchéité en réservant la largeur de joint minimum compatible avec les variations linéaires et les tolérances,
- Les rives latérales des panneaux sont munies d'une languette pare-pluie en caoutchouc incorporée à la fabrication. Le joint horizontal est à recouvrement classique. Au croisement des joints, le rejingot reçoit une bande de caoutchouc autocollante.

On peut également utiliser sur les panneaux les profilés classiques de préfabrication pour réaliser la fonction pare-pluie avec soit :

- Les rives latérales des panneaux comportent un dispositif de glissière et languette noyé à la fabrication et une clef est introduite lors de la pose entre les 2 panneaux. Le joint horizontal est à recouvrement classique. Si les glissières peuvent être décalées (positionnement en tuile), il n'est pas nécessaire de coller une bavette d'étanchéité à cheval sur joint.
- Les rives des panneaux comportent une cannelure et le traitement des joints verticaux est réalisée par mastic élastomère 1^{ère} catégorie, sur fond de joint mousse, le joint horizontal est à recouvrement classique de rejingot et retombée. Au croisement des joints, on colle une feuille de caoutchouc sur le rejingot, à cheval sur le joint.

Dans tous les cas, horizontalement le recouvrement de la lame d'air est réalisé au niveau de la rive de plancher au moyen d'une tôle galvanisée d'épaisseur 15/10 et de laine de roche comprimée entre le plancher et la partie supérieure du panneau.

2.2.2.3. Panneaux de façade en zone sismiques

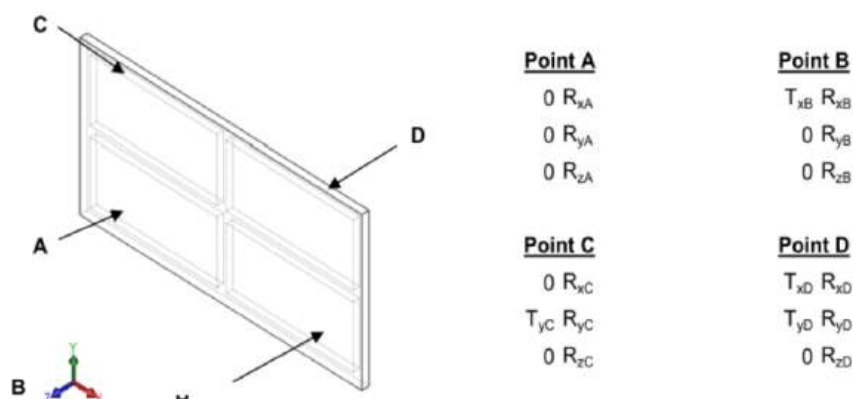
Dans le cadre de panneaux de façade soumis aux exigences parasismiques, des prescriptions complémentaires s'appliquent :

2.2.2.3.1. Dimensions en zone sismique

- Panneaux d'épaisseur minimale de 10 mm (hors gel coat)
- Panneaux plans verticaux et pleins
- Poids maximal : 700 kg
- Surface maximale : 12 m²
- Elancement maximal selon surface développée : ≤ 3

2.2.2.3.2. Principe de conception du système de fixation

Le panneau dispose de 4 points de fixations avec 2 points fixes et 2 points coulissants permettant la reprise des efforts horizontaux parallèles au plan du panneau. Les efforts horizontaux perpendiculaires au plan du panneau sont repris au même titre que les efforts de vents par les quatre points de fixation.



Le principe de fixation et le système d'attache visé en zones sismique sont décrits sur les figures 25-26 du Dossier Technique. Les chevilles utilisées pour la fixation doivent faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne établie selon le guide 001 de l'EOTA, et être qualifiées en performances sismiques C2.

2.2.2.3.3. Organisation de la façade

Particularités des joints en zone sismique :

- Le système de calfeutrement des joints devra permettre le libre déplacement des panneaux.
- La largeur minimale des joints entre panneau est de 21 mm.

2.2.2.4. Panneaux courbes

Afin de pouvoir habiller les courbures de façade, ou par choix architectural, des panneaux courbes peuvent également être réalisés en tenant compte des prescriptions complémentaires ci-dessous :

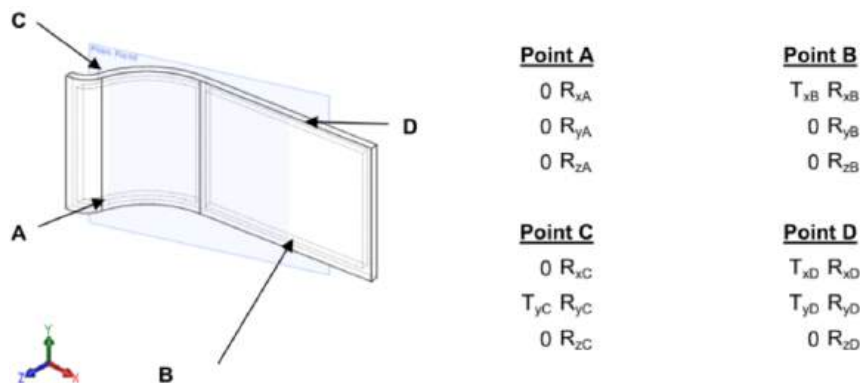
2.2.2.4.1. Dimensions

- La surface maximale des panneaux courbes est de 15,5 m².
- La plus grande longueur est de 5,5 m
- L'élanement développé maximale est de 6
- Les panneaux doivent nécessairement être pleins

2.2.2.4.2. Principe de conception du système de fixation

Ces panneaux sont conçus de manière que les fixations se trouvent toutes dans le même plan.

Un « plan fictif » est alors pris en compte pour le dimensionnement (cf. figure 24 du Dossier Technique)



Ainsi selon ce plan fictif et contrairement aux panneaux de façade plans, la translation selon x n'est autorisée que pour les points B et D. Les points B, C et D sont donc coulissants, contrairement au point A.

Seule la dilatation suivant z n'est pas assurée sachant que le panneau doit assurer une reprise des efforts dans cette direction. Les panneaux courbes sont dimensionnés selon un plan d'alignement fictif.

Cette conception permet de tenir compte des efforts liés à la dilatation thermique.

Une attention particulière devra être portée sur l'évolution de la géométrie du panneau sur une plage de température définie conformément aux Eurocodes (plage de variation thermique requise suivant les Eurocodes 1991-1-5). Il faudra s'assurer qu'un jeu acceptable de l'ordre du millimètre soit mis en œuvre pour ne pas engendrer de contraintes dues à une dilatation gênée et tout en assurant la reprise des efforts.

Cette vérification aura pour but de valider la dilatation thermique du panneau sur son plan fictif en fonction des fixations et démontrer ainsi que les variations thermiques sont gérées de la même manière que sur les panneaux plans.

2.2.2.4.3. Organisation de la façade

Le traitement des joints est réalisé de la même façon que pour les panneaux plans.

2.2.2.5. Dispositif de levage

Les dispositifs de manutention sont généralement intégrés aux éléments d'habillage lors de leur fabrication.

Ils peuvent être de type câblettes, sangle nylon, insert ou douille métallique en acier Inoxydable A2.

Pour les éléments réalisés par projection simultanée, les câblettes mises en œuvre sont formées en boucle, épanouies aux extrémités et noyées dans le CCV épaissi à 3 cm minimum sur au moins une longueur d'ancrage totale de 75 cm de longueur.

Pour les éléments réalisés en coulé ou par injection sous vide, les inserts, douilles ou sangles de levage sont intégrés lors de la fabrication.

La résistance de calcul R_d, insert (en kN) des inserts de levage (câblette de levage et sangle de manutention) sont calculées à partir des résistances caractéristiques à l'arrachement indiquées en Annexe du Dossier Technique, par application d'un coefficient de sécurité égale à 3.

L'angle de levage entre l'élingue et l'horizontal est de 90°.

La vérification des inserts de levage est donnée par la relation suivante :

$$\frac{R_{k,insert}}{3} \geq \frac{P \gamma_{ed} \gamma_{pp}}{n_b}$$

R_{k,insert} = résistance caractéristique à l'arrachement des inserts de levage (en kN)

P = poids propre du panneau [kN]

n_b = nombre de points de levage effectifs

γ_{ed} = coefficient d'effet dynamique dû au levage = 1,15

γ_{pp} = coefficient d'incertitude sur poids propre = 1,05

Afin de garantir l'angle déglissement ainsi que la répartition des charges, un palonnier équilibreur pourra éventuellement être utilisé lors la manutention.

La justification du nombre d'insert nécessaire à la manutention est établie par le Bureau d'étude de SOCAP BETSINOR.

Les résistances à l'arrachement obtenues et les valeurs caractéristiques des inserts de levage sont données dans le tableau 05 du Dossier Technique.

Le levage à plat des panneaux est exclu du présent Avis Technique.

La manutention en usine n'est pas visée dans le dossier d'Avis Technique.

2.3. Dispositions de conception

Il conviendra de respecter les Prescriptions Techniques communes aux procédés de murs de façade (Cf. cahier du CSTB n°2159, livraison 279, référence 0).

Le dimensionnement des panneaux et l'organisation de leurs liaisons à la structure doivent être effectués par un bureau d'études, conformément aux hypothèses et prescriptions définies dans le présent Dossier Technique.

Les efforts verticaux sont repris exclusivement par les inserts de type « rainure », « cols de cygne », « ISA » ou plot CCV.

L'organisation des liaisons des coques en C.C.V. sur la structure support doit respecter le principe de libre dilatation des coques à partir d'un pôle de dilatation.

2.3.1. Hypothèses de calcul

Le dimensionnement des éléments et la vérification de la tenue des fixations sont conduits par le bureau d'étude SOCAP BETSINOR selon les hypothèses ci-dessous :

Les efforts pris en compte dans le calcul :

- Les efforts liés aux contraintes particulières du cahier des charges du chantier.
- Les contraintes engendrées par le démoulage, la manutention ou le transport.
- Le poids propre du panneau, en considérant une masse volumique théorique moyenne, pondéré à 2000 kg/m³ dans le cadre du procédé de projection afin de tenir compte des variations d'épaisseurs.
- Les charges de vent et le poids de la neige calculés conformément à l'Eurocode 1 « Actions sur les structures » et selon les hypothèses de calculs fournies dans le cadre du chantier.
- Les éventuelles charges accidentelles représentées par l'application d'une charge ponctuelle.
- (par exemple : on tient compte généralement d'une charge accidentelle de 150 daN pour les cas d'éléments situés au RDC ou susceptibles d'être utilisés comme appuis)

Les flèches de calcul admissibles :

Elles sont limitées au 1/360e de la portée entre appuis et doivent être évaluées avec un module d'élasticité obtenu en considérant une valeur moyenne entre le court terme et le long terme soit :

- 20750 MPa pour le procédé de projection
- 28750 MPa pour le procédé de Coulé et l'injecté
- Pour les charges de longue durée (porte-à-faux et surcharges permanentes), on retiendra un module d'élasticité de 5000 MPa quel que soit le procédé employé.

Cette valeur de module intègre les effets de fluage du matériau. C'est notamment le cas des panneaux inclinés, en dévers ou positionnés en sous face.

Dans le cas d'une application sur ossature métallique intermédiaire rapportée sur un support béton, la déformée entre les appuis sera limitée à une flèche de L/500 et afin de ne pas engendrer de contraintes supplémentaires dans le panneau. Cette limitation de flèche permet d'assurer la rigidité du support.

Joints entre panneaux et liberté de jeu des attaches :

Les variations dimensionnelles extrêmes dues à la composition la plus défavorable de la fraction de retrait irréversible et des variations de température et d'humidité par rapport à la situation au moment de la pose, sont prises égales à + 1,5 mm/m et - 2,0 mm/m pour le calcul de la largeur des joints entre panneaux et la liberté de jeu des attaches.

Bases de calcul Eurocode pris en compte pour le dimensionnement du procédé d'habillage :

- L'Eurocode 0 pour l'établissement des résistances caractéristiques et ultimes (ELU-ELS)
- L'Eurocode 1 pour l'établissement des actions appliquées aux éléments d'habillage.
- L'Eurocode 3 pour le dimensionnement des fixations et ossatures métalliques.
- L'Eurocode 8 pour le dimensionnement en zone sismique.

2.3.2. Dimensionnement de l'élément d'habillage

Le dimensionnement des éléments de façade est réalisé sous combinaison d'action à l'ELS, en tenant compte d'une contrainte admissible du matériau égale à la valeur moyenne de la LDP à long terme et sur laquelle est appliqué un coefficient de sécurité de 2 (cf. tableau 3 en annexe du Dossier Technique).

Les calculs des éléments sont conduits suivant les règles et hypothèse de la résistance des matériaux pour un matériau élastique homogène. Les éléments CCV de ce procédé ne sont pas pris en compte dans les vérifications de calcul de stabilité et de contreventement des structures qu'ils habillent.

Les éléments d'habillage, selon leur configuration, sont dimensionnés conformément à leurs schémas statiques, présentés pour chaque configuration au § 2.2.2 du Dossier Technique et selon les hypothèses de calculs définies précédemment.

L'application d'une charge ponctuelle de 150 daN sur les parties susceptibles de pouvoir être utilisées comme appui doit être vérifiée. La contrainte de traction par flexion maximale admise dans ce cas est la LDP Long terme /2, indiquée dans le Tableau 1, en annexe du Dossier Technique, suivant la formulation et la technique employées.

Le dimensionnement des parties de panneaux réalisées en prémélange "coulé-vibré" doit prendre en compte le fait que la résistance de ce type de mélange est inférieure à celle des parties réalisées en mélange projeté : le raccordement entre surfaces constituées de mélanges de chacun des deux types doit être dimensionné en conséquence.

2.3.3. Dimensionnement du système d'attache

Les dispositifs de liaison des panneaux doivent trouver un ancrage par leur forme dans une zone renforcée des parois en mortier de fibres. Les distances aux bords et les épaisseurs de CCV au droit des fixations doivent être conformes aux prescriptions du tableau 04 du Dossier Technique.

La protection contre la corrosion de l'ensemble des pièces des dispositifs de liaison doit être déterminée par le Bureau d'Etudes chargé de l'étude de dimensionnement des produits et des dispositifs de liaisons, sur la base des critères suivants :

- Dans le cas où les joints sont organisés pour assurer une fonction pare-pluie conformément aux dispositions du DTU 22.1 et sauf en cas d'atmosphère corrosive (bord de mer par exemple), et pour une durée d'exploitation de l'ouvrage de 25 ans, la protection des pièces peut se limiter à une galvanisation à chaud de 40 micromètres selon la norme NF EN 1461.
- Dans tous les autres cas et notamment lorsque les joints sont ouverts, les pièces de liaison doivent être en acier inoxydable de nuance 304L et 316L. (aciers austénitiques résistants à la corrosion conformément à la norme NF EN 10088-1).

La vérification de la tenue des fixations ancrées dans l'élément CCV est déterminée à l'ELU en tenant compte de la résistance ultime, calculée conformément à l'annexe D de la NF EN 1990 (Eurocode 0), avec un coefficient $\eta_d = 0,75$ permettant de tenir compte des incertitudes liées aux essais.

Les parties métalliques sont vérifiées selon la NF EN 1993-1 (Eurocode 3) et permettent de s'assurer de la capacité de maintien des dispositifs de fixation et d'attache de l'élément d'habillage CCV.

La vérification de la tenue des fixations est également déterminée en considérant :

- 1 fixation sur 2 dans le cas général.
- 4 fixations dans le cas d'un assemblage après réglage du panneau, permettant un défaut d'alignement des fixations de 1 mm.
- En prenant également en compte un diagramme linéaire traction/cisaillement pour les inserts ponctuels reprenant également les efforts verticaux de poids propre.

Les caractéristiques des fixations déjà caractérisées sont indiquées dans le tableau 04 du Dossier Technique.

2.3.4. Prescriptions parasismiques

Dans le cas d'ouvrages soumis à exigences parasismiques, les prescriptions complémentaires suivantes s'appliquent :

- Les fixations des panneaux doivent être conçues suivant les schémas de principe donnés aux figures 25 et 26 du Dossier Technique :
- Fixations basses fixes FF ou glissantes FG : vis TH12 + rondelles autobloquantes + écrou M12
- Fixations hautes glissantes FH01 ou fixes FH02 : tiges M12 avec plaquettes U serrées par système d'écrou, entretoise et rondelle autobloquantes
- Fixations assemblées sont fixées au bâti à un couple serrage de 85 N/m
 - Le coefficient de comportement q_a des panneaux est pris égal à 2, (conformément au § 4.3.5 de la NF EN 1998-1).
 - La largeur des joints entre panneaux devra tenir compte des tolérances de fabrication, des tolérances de pose et des effets liés à la dilatation thermique du panneau lors de l'établissement du calepinage de la façade. Elle fera l'objet d'une vérification systématique sur chantier et devra être conforme aux valeurs minimales indiquées dans le tableau du paragraphe 2.2.2.1.4 du Dossier Technique.
 - La largeur de vide entre le panneau et le support doit être de 17 cm
 - Les géométries de panneaux doivent être :
 - Soit des panneaux pleins et plans d'épaisseur minimale 12 mm (dont gel-coat), de surface maximale de 3 m², d'un élanement maximal de 3, d'une masse <300 kg : si le coefficient d'accélération maximal de référence au niveau du sol est de 16,17 m/s² (i.e. : zones de sismicité de 1 à 4, catégorie d'importance de I à IV) (Résultats obtenus d'après les essais FR20DELMAA-00056 : essai réalisé sur des panneaux de dimensions 980x3000x120 mm, 980x1980x120 mm, 2000x1980x120 mm, 3000x1000x120 mm, avec une lame d'air de 17 cm et un joint de 20 mm)
 - Soit des panneaux pleins et plans d'épaisseur minimale 12 mm (dont gel-coat), de surface maximale de 12 m², d'un élanement maximal de 3, d'une masse <700 kg : si le coefficient d'accélération maximal de référence au niveau du sol est de 2,299 m/s² (Résultats obtenus via l'étude d'extrapolation du rapport CSTB-DSSF/EA2R/26083813)
 - D'autres dimensions de panneaux pleins et plans peuvent être autorisées si une étude d'extrapolation sur la base des résultats d'essais du rapport FR20DELMAA-00056 est réalisée conformément à la méthodologie présentée dans le rapport CSTB-DSSF/EA2R/26083813 (Evaluation des sollicitations agissant sur les fixations / Vérification de la stabilité des fixations des panneaux visés / Vérification de la stabilité des panneaux en CCV)

Les chevilles utilisées pour la fixation dans les ouvrages support en béton doivent avoir fait l'objet d'une Evaluation Technique européenne établie selon le document d'évaluation européen visant l'usage dans le béton armé, et être qualifiées en catégorie de performances sismiques C2 dans le cadre d'ouvrage soumis à exigence parasismique.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

La mise en œuvre est effectuée par le titulaire de l'Avis Technique, par le client, ou par une entreprise spécialisée sachant justifier de plusieurs références de pose dans le domaine des habillages de façade.

Le calage des panneaux lors du stockage et du transport doit être organisé de façon à éliminer les risques de déformation par fluage (de flexion notamment). Par ailleurs les zones de calage et les dimensions des cales doivent être déterminées pour exclure tout risque de poinçonnement des parois en mortier de fibres.

Le fabricant des panneaux doit fournir, avec ces derniers, les accessoires de liaison à la structure et éventuellement de traitement des joints.

Les vis ou écrous des dispositifs de liaison des panneaux doivent être arrêtés par un système de frein adapté au type de liaison prévu.

Le titulaire doit fournir à l'entreprise de pose l'indication des couples de serrage minimaux des boulons permettant de garantir le non-glissement des dispositifs de fixation sous l'effet des efforts de cisaillement horizontaux.

Dans le cas où la fixation comporte un trou oblong, après réglage de la fixation, son centrage doit être vérifié et un système de blocage doit être prévu.

La mise en place des panneaux à la grue doit s'effectuer en tenant compte de la sensibilité des panneaux au vent (due à leur légèreté).

L'introduction de levier sous un panneau pour le déplacer ne doit être effectuée qu'au droit des zones prévues pour l'appui du panneau.

Le mortier de calfeutrement des engravures dans lesquelles sont disposés les dispositifs de fixation des panneaux doit être exempt d'agent agressif vis-à-vis de l'acier, et notamment de chlorure.

Le fournisseur des panneaux doit être en mesure de faire procéder sur chantier, à la demande de l'entreprise de montage, aux ragréages légers nécessités par le traitement d'épaufrures éventuelles (fourniture de mortier de ragréage, du type prémélangé).

Les chevilles métalliques de fixation des panneaux dans les ouvrages support en béton doivent faire l'objet d'une Evaluation Technique Européenne et être mises en œuvre conformément aux dispositions décrites ou prescrites dans ce document.

2.4.1. Déroulement de la pose

Le déchargement sur le lieu de mise en œuvre est assuré par le poseur, ainsi que toutes les opérations de mise en œuvre décrites ci-après. Si la mise en œuvre n'est pas immédiate, le stockage des panneaux est assuré, sur chantier, dans les mêmes conditions que sur l'aire de stockage de l'entreprise (Le panneau est conservé au sein de sa palette. Il est généralement stocké sur son chant, sur cales plastiques ou sur mousses afin d'éviter les marques sur le parement).

Les recommandations de stockage sont rappelées sur chaque palette contenant les panneaux.

Suivant les moyens du chantier et les dimensions des panneaux, le montage peut se faire à l'aide de la grue de chantier, d'une grue mobile légère, d'un treuil sur terrasse, d'un chariot élévateur ou tout autre moyen de levage permettant le respect des règles de sécurité et de mise en œuvre.

Le personnel de pose travaille de l'extérieur et suivant les dimensions des panneaux, soit sur un échafaudage de pied, soit sur un échafaudage volant, soit sur une nacelle mobile, en respectant les règles de sécurité inhérentes à ces types d'échafaudage.

Chronologie de mise en œuvre :

Avant le démarrage de la pose, le support, constitué par la structure porteuse en béton, ou par une ossature métallique intermédiaire fixée sur le béton, doit être réceptionné au moyen de tout système adéquat pour s'assurer de sa conformité aux tolérances validées pendant la phase d'études.

La réception est réalisée en utilisant les documents fournis par le bureau d'étude SOCAP BETSINOR à l'équipe travaux et si possible les relevés d'autocontrôle du fournisseur du support. Le support devra respecter les tolérances, on se réfère aux DTU en vigueur pour connaître les tolérances d'exécution admissibles.

A partir du NGF, traçage sur la façade suivant plan de calepinage des panneaux et plan d'implantation des fixations pour percement du support.

Pose des équerres supports basses (2 par panneau) sur la structure porteuse au moyen de chevilles mécaniques, chevilles chimiques ou boulons, et réglés en alignement, écartement en altitude au moyen des trous oblongs et de cales (jeu de + ou - 20 mm).

Ils peuvent translater latéralement librement sur l'équerre de façon à bien aligner le panneau.

Les tolérances de pose sont verticalement de +/- 5 mm et horizontalement de +/- 5 mm.

Les panneaux sont alors amenés au-dessus des équerres et descendus à leur emplacement définitif.

Selon les contraintes du chantier, il est possible d'employer des outils de levage tels que des sangles, palonniers ou ventouses. Dans ce cas, un cahier des charges spécifique pourra être établi et transmis aux équipes de pose. Les panneaux peuvent être maintenus en tête provisoirement par les câbles de levage prévues à cet effet.

Concernant les fixations en tête de panneau, le panneau étant déjà réglé en alignement et en altitude, il est important de bien distinguer la fonction de l'équerre de fixation supérieure qui permet de réaliser un réglage fin de l'aplomb du panneau et, celui du plat de fixation qui liaisonne l'équerre fixée au support avec le panneau. Ce plat devra être bien placé dans l'axe de ces trous oblongs de façon à permettre une libre dilatation des panneaux de part et d'autre de celui-ci. Une fois le panneau fixé en tête sur les douilles de fixation, décrochage des moyens de manutention.

Il est fourni à l'entreprise de pose une série des plans de montage et plans de détails avec spécification des accessoires nécessaires, en même temps qu'une notice de pose précisant notamment :

- Les conditions de transport
- Les précautions à prendre au déchargement et au stockage
- Les tolérances admissibles du gros-œuvre, conforme aux DTU en vigueur
- Le mode de fixation des attaches

- La procédure de montage et de réglage
- Les joints d'étanchéité éventuels
- Les barrières coupe-feu éventuelles
- Les conditions particulières à chaque cas.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Selon les besoins et les degrés d'exposition, un nettoyage de la façade pourra être réalisé conformément aux prescriptions de l'entreprise et selon la finition et protection de parement mise en œuvre. Une réfection des garnitures de joint peut être envisagée à une périodicité de 10 à 15 ans.

Dans le cas de désordres nécessitant le remplacement d'un panneau durant la vie de l'ouvrage, l'entreprise devra être tenue informée afin d'appliquer la procédure la plus adaptée pour le changement et le montage de l'élément.

2.6. Traitement en fin de vie

Aucune information apportée au Dossier.

2.7. Assistante technique et fourniture

Les panneaux sont fabriqués par le titulaire de l'Avis.

La vérification du calcul thermique selon les Règles Th-Bât est effectuée par un bureau d'étude thermique.

La mise en œuvre est effectuée soit par le titulaire de l'Avis, soit par des entreprises agréées par le titulaire de l'Avis qui leur fournit un cahier des charges de montage et met à leur disposition, sur leur demande, des possibilités d'accompagnement du personnel.

Le dimensionnement des panneaux ainsi que l'organisation de la liaison avec la structure sont conduits par le bureau d'étude intégré au titulaire, ou par un autre bureau d'étude conformément au présent Dossier Technique.

Dans le cas où la société n'assure pas la pose de ses éléments, il est fourni au client l'ensemble des plans de pose et détails nécessaires à la bonne exécution de la mise en œuvre. SOCAP BETSINOR peut toutefois à la demande de l'utilisateur, lui apporter son assistance technique lors de la pose ou proposer des solutions d'accompagnement.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

2.8.1.1. Site de fabrication

La fabrication des éléments est réalisée par la société SOCAP BETSINOR dans son atelier situé au 57 rue du Lieutenant Giard à COURRIERES (62). Ce local est couvert, fermé, chauffé (T° comprise entre 15 et 35°C) et comprend l'ensemble des espaces et matériels nécessaires à la fabrication des éléments d'habillage en Composites Ciment Verre.

2.8.1.2. Moyens de fabrication

Les principaux équipements et moyens de fabrication sont les suivants :

Aires de stockage matières premières :

- Stockage des ciments et sables en silo ou en sacs en local fermé
- Stockage des autres constituants en locaux fermés et chauffés pour les polymères.

Centrale à mortier :

- Dosage des constituants sur bascules automatiques programmables avec distribution par vis sans fin.
- Dosage en eau et polymère par pesage ou compteur
- Balance de précision et récipients gradués
- 2 malaxeurs planétaires à trains valseurs, rotation 15 à 50 tr/min, capacité 375L
- Trémies de transfert pour l'acheminement et la distribution des mélanges dans l'atelier de fabrication.

Atelier de production :

- 6 ponts roulants de 2 à 3,2 tonnes pour la préparation des coffrages, le démoulage et la manutention des panneaux vers les aires de séchages, de finition et de conditionnement.
- Atelier de menuiserie permettant la réception et la fabrication des éléments de coffrages
- Tables de production fixes et adaptées pour la fabrication des éléments d'habillage.
- Pompes électriques réglables, conçues pour la projection du mortier et de la fibre de verre.
- Pistolet de projection soit à double tête ou à tête concentrique spécialement conçu pour la projection du mortier et de la fibre de verre.
- Rouleaux ébulseurs en plastique cranté ou rouleau hélicoïdaux métallique pour roulage et compactage du mortier fibré.

- Murissement en atelier au moyen d'aérothermes électriques ou à fuel avec l'utilisation de bâches isolantes positionnées par-dessus l'élément durant les premières heures, jusqu'au démoulage, permettant ainsi de maintenir une atmosphère humide et ainsi éviter la dessiccation du mortier lors de la phase de durcissement.

Aire de finition et de stockage :

- Chevalets pour finition et manutention avant palettisation.
- Cabines de traitement dédiées spécifiquement à la finition de surface des parements.
- Stockage à plat ou à chant, sur palettes bois ou sur racks métalliques suivant la forme des éléments.
- Chariot élévateur pour manutention sur parc et chargement sur camion.

Laboratoire avec équipement pour :

- Matériel d'essais pour contrôle sur produits frais, produits finis et éprouvettes.
- Cônes de mesure de consistance pour le contrôle du mortier frais.
- Balance de précision, bain thermorégulé et étuve thermorégulée.
- Appareils de métrologie et extractomètre.

S'ajoutent les équipements suivants pour le procédé MATIV® :

- Une centrale de vide
- Une dégazeuse
- Un aéromètre destiné à la mesure de la teneur en air occlus du mortier fibré.
- Un dispositif de remplissage des moules garantissant une parfaite étanchéité.

2.8.1.3. Coffrages

- Les moules sont de types plans ou courbes (cintres 2D ou 3D). Ils peuvent être basculants et vibrants si nécessaire. Suivant l'emploi, ils peuvent être entièrement en métal, en bois, en polyester, en élastomère en silicone ou mixtes. Les jouées peuvent être fixes, articulées ou démontables.
- La face coffrante est toujours étanche, très soignée et peut être en acier, en contreplaqué bakélinisé, en polyester, en formica ou en peaux synthétiques diverses.
- Les tolérances dimensionnelles de coffrage sont celles indiquées au § 2.8.2.1 du présent Dossier Technique.

2.8.1.4. Description des procédés de fabrication

La fabrication d'un panneau doit être réalisée en processus continu, sans interruption.

Le « soudage » des surfaces en mélanges de natures différentes et/ou réalisées avec un faible décalage de temps doit faire l'objet d'un soin particulier visant à assurer l'interpénétration des fibres de l'une et de l'autre surface.

Le durcissement des panneaux à parement en gravillons lavés doit s'effectuer en empêchant leur déformation par bombement.

Préparation au préalable du moule (coffrage)

Le montage du moule est effectué conformément aux plans de coffrage et plans de fabrication réalisés par le bureau d'étude SOCAP BETSINOR.

Production par projection :

Le procédé de projection s'effectue au moyen du pistolet par passes croisées successives de 2 à 3 mm d'épaisseur sur le fond de moule et sur les jouées :

- Projection d'une première passe sans fibre (gel coat) puis projection du mélange mortier + fibres en plusieurs passes croisées, suivant l'épaisseur à réaliser avec roulage après chaque passe d'abord sur le fond, puis sur les rives. Le roulage a pour but d'éliminer les bulles d'air, d'enrober parfaitement les fibres de mortier et de comprimer le mélange. Le contrôle des épaisseurs se fait par pige calibrée après chaque passe roulée.
- A l'emplacement des nervures creuses, mise en place des prismes, puis projection et roulage de la nervure comme indiqué ci-dessus en insistant sur les liaisons plaque-nervure.
- Mise en place des inserts, des éléments de fixation et de manutention aux emplacements prévus dans le moule et enrobage soit par mélange projeté et roulé, soit par un mélange premix coulé et comprimé. Lorsqu'il n'est pas possible de remplir parfaitement certaines petites moulures ou cavités par projection, celles-ci sont remplies manuellement de prémélange appelé premix comprimé à la main. Il s'agit du même mortier que celui utilisé pour la projection. Seul le type et la quantité de fibre de verre incorporé varie afin d'obtenir une cohésion du mortier lors du moulage à la main.
- En fin de projection, ont lieu les opérations de finitions, de lissage de rives, de contrôles, d'identification... Mise sous bâche en polyane pour conservation de l'humidité jusqu'au démoulage et si besoin traitement thermique par aérothermes durant 8 à 14 h à une température de 35°C maximum.
- Démoulage le lendemain, après durcissement, au moyen du pont roulant et des câbles de levage avec palonnier répartiteur si nécessaire, et mise en observation pendant 48 heures minimum à l'intérieur de l'atelier en atmosphère humide en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter les déformations par fluage ou par séchage différentiel. Pendant ce temps, ont lieu le marquage, les vérifications d'aspect, l'ébavurage, le dégagement des inserts, les rectifications éventuelles des arêtes. Puis transport vers la zone de conditionnement en passant éventuellement par les postes de finition.
- Conditionnement de l'élément en favorisant au mieux une ventilation naturelle égale sur toutes les faces. Toutes les précautions sont prises au stockage et au chargement sur camion pour éviter les chocs, les déformations, les frottements d'une pièce sur l'autre, les taches dues aux supports et espaceurs. La livraison sur le lieu de mise en œuvre se fait par camion à plat et sur palettes si les dimensions des panneaux le permettent sinon verticalement sur chevalets. Un délai de 2 semaines au moins est à observer entre la date de fabrication et la date de transport.

Mise en œuvre du parement en mortier de gravillon :

- Application au rouleau d'un retardateur de prise dans le cas de parement désactivé. Il est toutefois possible de réaliser en alternative à un sablage du parement après démoulage.
- Coulage du béton (constitution : ciment, sable, eau, gravillon) sur 30mm maximum ou 10 mm maximum dans le cadre de la projection puis projection du mortier de fibre de verre frais sur frais selon le processus habituel de projection décrit ci-dessus.

Production coulé et injecté :

Ces 2 procédés de production consistent en un remplissage de moule à partir d'un mortier déjà fibré. Leur formulation se distingue de la projection de part un taux de fibre et une longueur de fibre moins importante. A noter également qu'aucun gel coat n'est appliqué contrairement à la projection. Une fois mise en œuvre dans le moule, les étapes de démoulage, de finition, de conditionnement et de cure restent identiques au procédé de projection cité précédemment. Pour le procédé de coulé, on pourra éventuellement procéder à une vibration du coffrage lors de la mise en place de la matière pour faciliter le remplissage.

Points spécifiques aux finitions de parement :

- Dans le cas de revêtement disposé en fond de moule, la mise en œuvre exige que l'application sur les retours forme un ensemble monolithique.
- Dans le cas de teinte de masse soutenue ou d'utilisation de pigment organique, l'application d'une protection de surface est vivement conseillée.

2.8.2. Contrôle de fabrication

Les contrôles sur les mélanges et les contrôles sur les éprouvettes durcies doivent être consignés sur un cahier de contrôle.

Les contrôles sur panneaux en cours de fabrication doivent être consignés sur des fiches de contrôle établies pour chaque panneau suivant le modèle fourni par le titulaire de l'Avis Technique.

Les différents contrôles exercés sur les panneaux s'effectuent selon le plan de contrôle présent dans le document 1 du § 2.10 du Dossier Technique et conformément au PAQ du fabricant avec :

Contrôles Bureau d'Etude :

Contrôle et suivi des approbations sur les plans de fabrication avant le lancement en production

Contrôles à la réception :

Contrôle de chaque livraison en fonction des bons de commandes, des procédures de réception et/ou cahiers des charges spécifiques établis.

Contrôles sur produits finis :

Les contrôles sur panneaux interviennent tout au long du procédé de fabrication et sont consignés sur des fiches de contrôle établies pour chaque panneau.

En parallèle, une pastille de couleur propre à une étape de contrôle (esthétique ou dimensionnel) est apposée sur l'élément est a pour but de faciliter l'inspection visuel des autocontrôles. Pour les petits éléments produits en série qui ne nécessitent pas de changement dans le coffrage, seul le marquage par pastilles formalisera l'auto-contrôle.

A noter également :

- Contrôle de l'épaisseur nominale de CCV à l'aide d'une pige calibrée lors de la projection et avec au moins 6 mesures par panneau (Moyenne des résultats par panneau ≥ 10 mm). Les tolérances de fabrication sur les épaisseurs sont de ± 3 mm. L'épaisseur nominale minimale des panneaux ne pourra être inférieure à 10 mm (hors gel-Coat)
- Contrôle de la résistance en traction par flexion :
 - Essais à 7 jours : 1 fois par semaine par formulation ou 10 tonnes de CCV (cf. NF EN 1170-4). La résistance moyenne doit être au moins égale à la valeur indiquée en Annexe du Dossier Technique ;
 - Essais à 7 jours puis 28 jours : 2 fois par an minimum ou lors de la mise au point d'une nouvelle formulation (cf. NF EN 1170-5). La résistance moyenne doit être au moins égale à la valeur indiquée en Annexe du Dossier Technique.
 - Valeur moyenne minimum obtenues après vieillissement 56 jours en eau chaude : 1 fois par mois minimum (En projection : LDP > 9 MPa / En coulé ou Mativ : LDP > 7,6 MPa).
- Contrôle, sur un panneau sur trente, pris au hasard, en trois points choisis arbitrairement ainsi qu'au droit des dièdres (angles et changements de nus), de la résistance au poinçonnement des parois en mortier de fibres (le poinçon cylindrique de 4 mm de diamètre du Perfotest ne doit pas provoquer la perforation de la peau). Si tel est le cas, un contrôle renforcé devra être réalisé en production lors des phases de compactage.
- Essais de flèche sur panneaux âgés de 3 semaines au moins : Contrôle sur au moins un panneau sur cent, de la flèche prise, après 1 h de chargement, par le panneau fixé en position verticale ou horizontale avec les mêmes liaisons qu'en œuvre et soumis à une charge répartie égale à la charge de calcul puis au double de cette charge : la flèche dans le second cas ne doit pas excéder 2,2 fois la flèche dans le premier cas. Si le résultat n'est pas satisfaisant, on effectue les mêmes mesures sur un autre panneau de la série. Si le résultat n'est toujours pas satisfaisant, il est fait un tri sur l'ensemble de la série. L'ensemble des résultats ainsi que les dispositions prises en cas de résultat non satisfaisant sont consignés sur un cahier ou sur des fiches de contrôle.

Contrôles sur matière :

Le contrôle matière est réalisé selon la NF EN 1169 « règles générales de contrôle de production des composites ciment verre ». L'ensemble des résultats sont consignés sur un tableau de synthèse avec :

Norme : NF EN 1170-1 / Essai d'étalement du mortier (slump test) :

1 fois par jour minimum et par composition

- Tolérance comprise entre 60 et 130 mm pour la projection.
- Tolérance comprise entre 160 et 220 mm pour le coulé et l'injection sous vide.

Norme : NF EN 1170-2 / Mesure de la teneur en fibre sur CCV frais :

1 fois par semaine pour chaque opérateur (projeté) ou équipement de pesage (coulé – injecté-premix)

- Dispersion < 1.5 % pour le projeté.
- Dispersion < 1 % pour le coulé ou injecté.
- Taux de fibre > 2 % pour le premix.

Norme : NF EN 1170-3 / Calibration des appareils de projection (débit de mortier et fibre) :

1 fois par jour, et à chaque arrêt de machine ou panne susceptible de dérégler les appareils de projection.

- Pourcentage de fibre obtenu 5,5 % +/- 0,5 %
- Inspection visuelle de la longueur de fibre 32 mm +/- 5 mm.

Norme : NF EN 1170-6 / Absorption d'eau par immersion et masse volumique sèche :

1 fois par semaine et toutes les 10 tonnes de CCV.

- Tolérance absorption d'eau +/-3 et tolérance de la masse volumique +300/-200 kg/m³

En Projection : Abs eau 24h = 9,4 Abs eau 7 jours = 9,9 Mv. = 1830 kg/m³

En coulé ou Mativ : Abs eau 24h = 7,38 Abs eau 7 jours = 7,95 Mv. = 2103 kg/m³

Norme : NF EN 1170-7 / Variations dimensionnelles extrêmes en fonction de la teneur en eau :

Lors de la mise au point d'une nouvelle formulation.

Contrôle à la pose :

Le contrôle de la mise en œuvre est établi soit par les équipes de pose de SOCAP BETSINOR soit par le sous-traitant et conformément au cahier des charges de pose, plans de pose et fiches de suivi de mise œuvre du panneau tout au long du chantier.

Contrôles spécifiques :

Pour les besoins spécifiques d'une opération, ou dans le cadre d'une évaluation complémentaire demandée par le bureau d'étude, des essais spécifiques peuvent être réalisés. C'est notamment le cas pour les essais de chocs sur panneaux ou d'arrachement sur les dispositifs fixations et de levage ancrés dans la matière.

Une fois ces essais réalisés, les résultats sont consignés sur un rapport de contrôle puis archivés afin d'assurer leur traçabilité.

Traitement des non-conformités :

On distingue le traitement de la non-conformité à 2 niveaux :

- Les non-conformités dimensionnelles et/ou esthétiques constatées en usine :

Celles-ci font l'objet d'un traitement interne. La traçabilité de la non-conformité est réalisée au travers de la fiche de suivi du panneau. Le produit non conforme est ainsi mis à l'écart et un marquage provisoire est apposé sur l'élément en vue de la levée de la non-conformité ou de la mise au rebut.

- Les non-conformités issues des contrôles sur le Composite Ciment Verre :

Celles-ci font l'objet d'ouverture d'une fiche de non-conformité. Si les essais ne sont pas effectués quotidiennement, les éventuels panneaux d'échantillonnage conservés peuvent être testés pour déterminer l'étendue de la non-conformité. Afin d'appréhender toute réduction de propriétés sur la résistance et sur la durabilité du CCV, 3 points doivent être considérés :

- Les facteurs de sécurité adoptés dans la conception (marge de sécurité après dimensionnement)
- Les contraintes du matériau exigés pour le calcul du panneau (analyse des pics de contraintes)
- La géométrie de l'élément CCV concerné par rapport à la géométrie la plus défavorable prise en compte dans le calcul.

Le bureau d'étude SOCAP BETSINOR, après vérification au calcul au cas par cas, pourra être amené à lever toutes non-conformités.

2.8.2.1. Tolérances dimensionnelles et états de surfaces

Les tolérances dimensionnelles de coffrage sont définies en fonction des tolérances sur produits finis.

Les tolérances relatives aux dimensions des éléments sont définies dans la norme NF EN 14992 – classe A.

PLANEITE	Ponctuelle	2 à 3m	3m ou +
CALIBRES	règle de 20cm	règle de 2m	règle de 3m
TOLERANCES SUR COFFRAGE	≤ 1mm	≤ 2mm	≤ 3 mm
TOLERANCES SUR PANNEAUX	≤ 2mm	≤ 5mm	≤ 5mm

LONGUEURS, LARGEURS	0 à 0,5m	0,5 à 3m	3 à 6m
TOLERANCES SUR COFFRAGE	± 1mm	± 2mm	± 3mm
TOLERANCES SUR PANNEAUX	± 3mm	± 5mm	± 6mm

AUTRES	DIAGONALES	RECTITUDE	FIXATIONS
TOLERANCES SUR COFFRAGE	≤ 1mm/m	≤ 3mm	≤ 3mm
TOLERANCES SUR PANNEAUX	≤ 1,5mm/m	≤ 4mm	≤ 5mm

Pour les réservations (baies ou autres ouvertures) : Sauf précisions particulières indiquées sur les plans de fabrication, la tolérance relative à la position des ouvertures et de ± 5 mm par rapport à la cote théorique.

Le contrôle des épaisseurs est réalisé en cours de fabrication, à l'aide d'une pige calibrée et jusqu'à obtention de l'épaisseur nécessaire. Les tolérances de fabrication sur les épaisseurs sont de ± 3 mm. L'épaisseur nominale minimale des panneaux ne pourra être inférieure à 10 mm (hors gel-Coat)

Concernant l'état de surface des panneaux au moment de la livraison, l'appréciation de la conformité est réalisée conformément aux :

- § 8.3 du Cahier des charges de la FIB – Eléments architecturaux en béton fabriqués.
- § 4.2 du fascicule FD CEN/TR 15739 – Surfaces et parements de béton.
- § 7 du NF DTU 59.1 pour les traitements de surfaces.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

La propriété des résultats expérimentaux, ainsi que l'accord d'exploitation et de validité est cédé par l'ancien titulaire au nouveau titulaire du présent Avis Technique.

- Rapport d'essais MRF 15 26062964/A – CSTB – 11 août 2016 – CCV mis en œuvre par projection simultanée.
- Rapport MRF 1826074398 – CSTB – 18 septembre 2018 – CCV mis en œuvre par coulé.
- Rapport d'essais CSTB n° EEM 08.26011634A, concernant le composite ciment-verre mis en œuvre par injection sous vide associé à la fibre Cemfil 5340, 8 décembre 2008.
- Essais réaction au feu n° RA 99-650 B attestant un classement M1 pour le composite BETSINOR CCV revêtu d'une résine en méthacrylate.
- Rapport d'essais n° SM/98-0022 sur la résistance au gel du composite BETSINOR CCV revêtu du béton retailable « la Pierre de la POSSONIERE ».
- Rapport d'essais n° GM/970072 sur la durabilité d'un traitement de surface du CCV par pulvérisation de méthacrylate.
- Rapport d'essais CSTB n°EEM 08.26017320, concernant les essais sismiques sur une façade composée de panneaux en CCV, 30 janvier 2009 : Configurations testées : panneaux de dimensions 3,2 x 0,9 m.
- Rapport étude de comportement au séisme des panneaux en CCV - CSTB - 08 avril 2015 : CSTB-DSSF/EA2R N° 26054941.
- Rapport d'essais CSTB n° FR20DELMAA-00056, concernant une campagne d'essais sismiques sur panneaux CCV, 19/10/2020 : configurations testées : assemblage panneaux verticaux, horizontaux
- Rapport étude de comportement au séisme des panneaux en CCV - CSTB – 13 janvier 2020 : CSTB-DSSF/EA2R N° 26083813 :

Configurations étudiées : panneaux de surface 12 m²

- PV de classement de réaction au feu RA12-0093 du 26 mars 2012 : classement M0.
- PV de classement réaction au feu RA17-0327 : classement A1.
- Appréciation de laboratoire n° EFR-19-000340 : relative au comportement au feu des éléments de façade CCV.
- Rapport d'essai CSTB n° MRF 1726067038, concernant des essais de recouplement de tenue d'inserts ancrés dans le CCV.
- Rapport d'essai de résistance à l'arrachement des fixations dans le CCV projeté pour les fixations :
 - Douille Ø12 + câbles Ø 6mm (rapport BETSINOR n°2017091 du 21 septembre 2017)
 - Plot CCV (rapport 2017091 du 21 septembre 2017)
 - Douille Ø10 + câbles Ø 4mm (rapport BETSINOR n° 20190926 du 26 septembre 2019)
 - Insert ISD (rapport BETSINOR n° R20160818.2 du 18 août 2016) ;
 - Chapelle (rapport BETSINOR n° 20161010.2 du 10 octobre 2016) ;

- Rainure (rapport BETSINOR n° R20190924 du 24 septembre 2019)
 - Rapport d'essai de résistance à l'arrachement des fixations dans le CCV coulé pour les fixations :
- insert ISA (rapport BETSINOR n°R20201027 du 27 octobre 2020) ;
- insert ISB (rapport BETSINOR n° R20201027.2 du 27 octobre 2020) ;
- Vis M10 + feuille inox (rapport BETSINOR n° R20201027.3 du 27 octobre 2020) ;
- Vis M12 + feuille inox (rapport BETSINOR n° R20201027.4 du 27 octobre 2020) ;
- Douille Ø12 + barre Ø 5 mm de longueur 5 cm (rapport BETSINOR n°R20201027.5 du 27 octobre 2020) ;
- Douille Ø10 + barre Ø 5 mm de longueur 5 cm (rapport BETSINOR n°R20201027.6 du 27 octobre 2020) ;

2.9.2. Références chantiers

Depuis la formulation de l'Avis Technique GIREC V, la société SOCAP BETSINOR a produit plus de 500 références d'ouvrages avec le procédé d'habillage CCV. Parmi les exemples de chantier :

Les parements en béton retailable :

- Saint Maure de Touraine - Collège : 250 m²
- La Madeleine - Hôtel : 150 m²

Pour les éléments CCV projetés ou coulés :

- Lille - station - 2500 m² de panneaux ;
- Paris - Station de métro de la Gare de Lyon 3000 m²
- Paris 8e - Siège social de LVMH Avenue Montaigne Rue Jean Goujon – 2800 m² de panneaux
- Plessis Belleville - Centre commercial Leclerc – 4600 m² de panneaux sur ossature métallique intermédiaire
- Chilly Mazarin - Sanofi - 6500 m²
- Monaco - Le Larvotto - 3000 m²
- Marseille - Habillages de trémies d'accès de tunnel - 4500 m² de résilles acoustiques
- Boulogne Billancourt - EHPAD - 770 m² de panneaux avec incorporation de tôle en aluminium
- Asnières - Collège A. Renoir - 4400 m² de panneaux dont 770 m² sur ossature bois
- Nancy - Le CHU - 970 m² de panneaux en pose verticale et horizontale
- Lomme - Restaurant Salad & Co - 420 m² de panneaux teinte soutenue
- Paris - Rue Alexandre Dumas - panneaux de grandes dimensions.
- Châtellerauld - Groupe Scolaire (2013) – 950 m² de lames verticales coulées.
- Anzin - Serre Numérique (2014) - 3551 m²
- Aurillac - Complexe cinématographique (2014) – 2800 m²
- Pierrefitte - Médiathèque (2014) – 1200 m²
- Zurich - Centre de maintenance de la CFF (2014) – 5700 m²
- Montmorency - EPHAD Simone Veil (2015) – 1855 m²
- Bruxelles - Toison d'or (2015) – 5500 m² d'éléments plans et 3D.
- SACLAY – IPVF (2016) – 1000 m² d'éléments verticaux ajourés.
- PARIS – Tour Paris Lyon (2018) – 2250 m² de panneaux courbes sur bâtiment IGH.
- PARIS – Rénovation du stade Roland Garros (2019) – 1300 m² de CCV sur béton.
- Valence – Cité Scolaire Camille Vernet (2019) – 2200 m² de CCV
- PARIS – UGC Gobelin (2018) – 300 m² de CCV projeté
- LYON – Ilot M3 Nord (2017) – 450 m² de CCV projeté

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

METHODE DE FABRICATION			PROJECTION	COULE VIBRE - MATIV®
Essai de traction par flexion* selon NF-EN 1170-5	A 7 jours	LDP	8,1	8,2
		MDR	18,0	8,4
	A 28 jours	LDP	9	7,6
		MDR	19,4	8,3
	A long terme : Après 56 jours d'immersion dans l'eau à 60 °C	LDP	9	7,6
		MDR	9,3	8,1
	Valeur à prendre en compte pour le dimensionnement	LDP long terme /2	4,45	3,8
	Allongement à la rupture [‰]	A 28 jours	10,6	0.60
		A long terme	0,9	0.37
	Module d'élasticité [MPa]	A 28 jours	19 000	26 500
A long terme : Après 56 jours d'immersion dans l'eau à 60 °C		22 500	31 000	
Variation dimensionnelle [mm/m]		De retrait après démoulage	1,22	0,99
		Entre états conventionnels extrêmes	1	0,85
Dilatation thermique [(m/m)/°C]		10 à 15 x 10 ⁻⁶	10 à 15 x 10 ⁻⁶	10 à 15 x 10 ⁻⁶
Absorption d'eau [%]		Après 24h	9,4	7,38
		Après 7 jours	9,9	7,95
Masse volumique [kg/m³]			1830	2103

* Valeurs moyennes déterminées sur les essais de flexion à 7 jours, 28 jours et long terme.

Tableau 1 – Caractéristiques prises en considération sur les formules Composites Ciment-Verre.

	FORMULATION CCV PROJETÉ		FORMULATION CCV COULÉ - MATIV®	
Ciment	CEM II/A-LL 42,5 N PM CP2	150 kg	CEM II/A-LL 42,5 N PM CP2	150 kg
Sable siliceux	BLANSIL 24 t (Sibelco)	150 kg	BLANSIL 24 t (Sibelco)	150 kg
Addition minérale (métakaolin)	Grace	21 kg	-	-
Fibre	Cem-FIL® (Owen's Corning) Projection : 61- 30 mm Premix : 62- 12 mm	Proj. : 19 kg (5%) Premix : 7,6 kg (2%)	ACS 13 PH -950X (NEG) - 13 mm	11,4 kg (3,2 %)
Polymère	Primal CM 330 (Brenntag)	15 kg (soit 7,5 kg en extrait sec)	-	-
Adjuvant	*	*	*	*
Eau Totale	-	42 kg	-	40.6 kg
Indicateurs	E/C	0,33	E/C	0,27
	S/C	1	S/C	1

* Données confidentielles

Tableau 2 – Formulations Composites Ciment-Verre

Valeurs en MPa	Eléments CCV projetés	Eléments CCV coulés - MATIV®
Contrainte admissible en flexion * (LDP long terme/2)	4,45	3,8
Traction simple (Contrainte admissible en flexion /2)	2,25	1,9
Cisaillement (Valeur sécuritaire définie par défaut)	1	1
Compression simple (Valeur sécuritaire définie par défaut)	12	12
Module élasticité en traction par flexion (Valeur moyenne entre les résultats à 28jrs et à long terme)	20750	28750

* Contrainte admissible calculée selon la valeur moyenne de la LDP long terme /2

Tableau 3 – Contraintes admissibles du CCV prises en comptes lors du dimensionnement

Support	PANNEAU CCV PROJÉTÉ								
Fixations	Douille Ø12 + câblette Ø 6 mm longueur 75 cm		Douille Ø10 + câblette Ø 4 mm longueur 75 cm		Insert ISD	Chapelle CCV	Rainure CCV		Plot CCV
Figure du Dossier Technique	14		14		17	18-19	16		15
Age du CCV	14 jours								
Enrobage Minimal	500 x 500 mm longueur de câblette 75 cm mini Epaisseur du panneau de 30 mm au niveau de la câblette et dont 20 mm minimum d'enrobage de câblette				27 mm mini d'enrobage	Profil selon figures du Dossier Technique			
Surépaisseur minimale	Plot de 100 mm d'épaisseur sur 120x120 mm	Plot de 100mm d'épaisseur sur 120x120 mm	Plot de 100mm d'épaisseur sur 120x120 mm	Plot de 100mm d'épaisseur sur 120x120 mm	40 mm d'épaisseur sur 280x326 mm				
Distance de bord minimum	60 mm	60 mm	60 mm	60 mm	250 mm	100 mm	250 mm	250 mm	50 mm
Contrainte exercée	Traction pur	Cisaillement pur	Traction pur	Cisaillement pur	Traction pur	Traction pur	Traction pur	Cisaillement pur	Cisaillement pur
Résistance Moyenne R_m (kN)	26,24	27,24	14,51	14,77	16,04	29,92	7,03	6,39	32,78
Ecart type	3,06	3,47	1,49	1,85	1,72	2,66	0,9	0,87	2,2
Résistance Ultime R_d (kN)*	9,33	8,72	5,83	4,8	7,59	13,45	2,22	1,85	17,12

Support	PANNEAU CCV COULE – INJECTE								
Fixations	Insert ISA		Insert ISB	Vis M10 + Plaquette inox 60x60 ep 4 mm	Vis M12 + Plaquette inox 60x60 ep 4 mm	Douille Ø10 + tige de renfort de longueur 50 mm		Douille Ø12 + tige de renfort de longueur 50 mm	
Figure du Dossier Technique	22		23	21	21	20		20	
Age du CCV	14 jours								
Enrobage minimal	27 mm minimum d'enrobage		Enrobage de 20 mm	Enrobage de 16 mm	Enrobage de 20 mm	Enrobage : Sans Objet			
Surépaisseur minimale	50 mm d'épaisseur sur 200x100 mm	50 mm d'épaisseur sur 200x200 mm	50 mm d'épaisseur sur 200x200 mm	50 mm d'épaisseur sur 200x200 mm	50 mm d'épaisseur sur 200x200 mm	50 mm d'épaisseur sur 160x160 mm	50 mm d'épaisseur sur 160x160 mm	50 mm d'épaisseur sur 160x16 0mm	50 mm d'épaisseur sur 160x160 mm
Distance au bord minimum	100 mm		100 mm	100 mm	100 mm	80 mm		80 mm	
Contrainte exercée	Traction pur	Cisaillement pur	Traction pur	Traction pur	Traction pur	Traction pur	Cisaillement pur	Traction pur	Cisaillement pur
Résistance Moyenne R_m (kN)	40,71	44,56	16,56	17,07	17,89	18	18,17	20,59	18,16
Ecart type	1,49	2,36	0,99	1,48	1,21	1,1	1,52	1,43	1,52
Résistance Ultime R_d (kN)*	25,48	25,42	9,08	7,79	9,33	9,75	8,49	10,61	8,47

* la résistance ultime de calcul est déterminée conformément à l'annexe D de l'Eurocode 0 en considérant $\eta_d=0,75$

Tableau 4 – résistances ultimes à l'arrachement des fixations dans les panneaux CCV

Support	PANNEAU CCV PROJÉTÉ			
Fixations	Câblette de manutention Ø 6 mm		Câblette de manutention Ø 4 mm	
Age du CCV	16 heures			
Enrobage minimal	500 x 500 mm longueur de câblette 75 cm minimum Epaisseur 30 mm et dont 20 mm minimum d'enrobage de câblette			
Distance de bord minimum	125 mm			
Contrainte exercée	Traction pur	Cisaillement pur	Traction pur	Cisaillement pur
Résistance Moyenne R_m (kN)	14,67	15,64	12,3	12,82
Ecart type	1,12	1,3	1,7	1,76
Résistance caractéristique R_k (kN)	12,53	13,14	9,02	9,44

Support	PANNEAU CCV COULE - INJECTE	
Fixations	Douille Ø10 renforcée	
Age du CCV	16 heures	
Surépaisseur minimale	50mm d'épaisseur sur 160x160 mm	
Distance de bord minimum	80 mm	
Contrainte exercée	Traction pur	Cisaillement pur
Résistance Moyenne R_m (kN)	12,45	12,26
Ecart type	1,025	1,306
Résistance caractéristique R_k (kN)	10,49	9,76

* la résistance de calcul est déterminée par application d'un coefficient de sécurité égal à 3 pour le levage, et d'un coefficient de sécurité de 1,15 pour tenir compte de l'effet dynamique dû au levage

Tableau 5 – résistances caractéristiques à l'arrachement des inserts de levage

ENVIRONNEMENT MATIERE	Rurale non polluée	Urbaine ou Industrielle*		Marine		
		Normale	Sévère	10 à 20km	3 à 10km	Bord de Mer <3km
Galvanisation à chaud 40µm (et visserie zinguée)	✓	✓	⊘	✓	⊘	⊘
Acier inoxydable A2 (nuance 304L ou 1.4301)	✓	✓	✓	✓	✓	⊘
Acier inoxydable A4 (nuance 316L ou 1.4401)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Zone urbaine ou industrielle :

- Normal : Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations et/ou dans un environnement industriel comportant une ou plusieurs usines produisant des gaz et des fumées créant un accroissement sensible de la pollution atmosphérique sans être source de corrosion due à la forte teneur en composés
- Sévère : Milieu correspondant à l'extérieure des constructions situées dans des agglomérations et/ou dans un environnement industriel avec une forte teneur en composés chimiques, source de corrosion (raffineries, usines d'incinération, distilleries, engrais, cimenteries, papeteries, etc. ...), d'une façon continue ou intermittente.

NB : La galvanisation à chaud ne pourra être employée que dans le cas où les joints sont organisés pour assurer une fonction pare-pluie conformément aux dispositions du DTU 22.1, et en dehors de toute atmosphère corrosive (proximité du bord de mer par exemple), et uniquement pour une durée de vie de l'ouvrage de 25 ans.

Tableau 6 – choix de la protection anti-corrosion selon degré d'exposition

	PLAN D'ASSURANCE QUALITE PLAN DE CONTROLE	P.A.Q - BETSINOR PLAN DE CONTROLE V06.23022023
---	--	--

	OPERATION	PROCEDURE	FREQUENCE	RESPONSABLE	ENREGISTREMENT	LIEU
Cde	PRESCRIPTION FOURNISSEURS	CDC	Chaque opération	Responsable production	Signature CDC	Production
BE	LIVRABLES ET VISAS BET	PRO E01	Pour chaque plan	Dessinateur	FC E01	Bureau d'étude
RECEPTION	MATIERE PREMIERE	PRO R01	Pour chaque livraison	Magasinier / Centraliste	Bon de Livraison	Magasin / bureaux
	MOULE	PRO R02	Pour chaque livraison	Menuiserie	FC R01 + BL	Menuiserie
	ACCESSOIRES	PRO R03	Pour chaque livraison	Magasinier	Bon de Livraison	Magasin
	ACCESSOIRES SPECIFIQUES	PRO R04	Pour chaque livraison	Magasinier	FC R02 + BL	Magasin
FABRICATION	CENTRALE	PRO F01	Pour chaque mélange	Centraliste	ERQ 02 – Fiche conso	Centraliste
	COFFRAGE	PRO F02	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	FABRICATION PAR PROJECTION	PRO F03	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 01 – ERQ 03	Centrale
	FABRICATION PAR COULAGE	PRO F04	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 01 – ERQ 03	Atelier
	FABRICATION PAR INJECTION	PRO F05	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 01 – ERQ 03	Atelier
	DEMOULAGE	PRO F06	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	SABLAGE	PRO F07	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	RAGREAGES ET REPRISES	PRO F08	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	TRAITEMENT	PRO F09	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	PALETTISATION	PRO F10	Pour chaque panneau	Chef d'équipe	ERQ 03	Atelier
	STOCKAGE ET CHARGEMENT	PRO F11	Pour chaque panneau	Cariste	Bon de livraison	Parc
MATIERE	TAUX DE FIBRE ET MORTIER	PRO M01	Avant chaque démarrage	Chef d'équipe	ERQ 01	Atelier
	CONSISTANCE DE LA MATRICE	PRO M02	1 fois par jour minimum	Centraliste	FC M01	Centrale
	PLAQUE D'ESSAIS	PRO M03	1 fois / semaine / formule	Chef d'équipe	ERQ 01	Atelier
	% DE FIBRE DANS CCV FRAIS	PRO M04	1 fois par semaine	Laboratoire	FC M02	Laboratoire
	FLEXION (SIMPLIFIEE)	PRO M05	1 fois par semaine	Laboratoire	FC M03	Laboratoire
	FLEXION (COMPLETE)	PRO M05	Mini 2 fois par an / formule	Laboratoire	FC M04	Laboratoire
	TENEUR EN EAU	PRO M06	1 fois par semaine	Laboratoire	FC M05	Laboratoire
	ABSORPTION D'EAU	PRO M07	1 fois par semaine	Laboratoire	FC M06	Laboratoire
	MASSE VOLUMIQUE	PRO M07	1 fois par semaine	Laboratoire	FC M06	Laboratoire
PRODUIT	FLEXION (VEILLISSEMENT)	PRO M08	1 fois par mois	Laboratoire	FC M07	Laboratoire
	ESSAIS DE POINÇONNEMENT	PRO PR01	1 / 30 panneaux	Laboratoire	FC PR01	Atelier
	ESSAIS DE FLECHE	PRO PR02	1 / 100 panneaux	Laboratoire	FC PR02	Atelier
	ESSAIS DE CHOC	PRO PR03	Sur demande	Laboratoire	FC PR03	Atelier
POSE	ESSAIS D'ARRACHEMENT	PRO PR04	Sur demande	Laboratoire	FC PR04	Atelier
	PRESCRIPTIONS DE POSE	CDC	Chaque opération	Responsable de pose	Signature CDC	Pose
SUIVI	MISE EN ŒUVRE	PRO P01	Chaque panneau	Chef de pose	FC P001	Pose
	SYNTHESE ESSAIS MATIERE	-	1 fois par semaine	Laboratoire	Tableau de synthèse	Laboratoire
	FICHE NON CONFORMITE	PRO NCR	A chaque non-conformité	Responsable Qualité	NCR	Service fabrication

Document 1 : Plan de contrôle BETSINOR

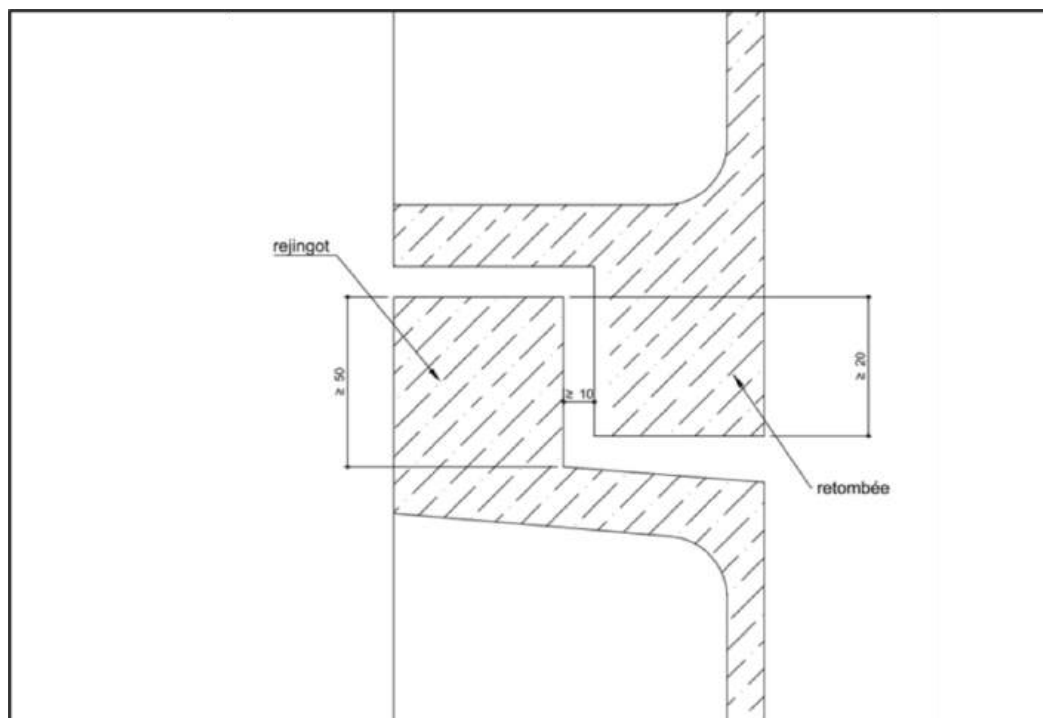


Figure 1 : Traitement joint horizontal - principe « talon batée »

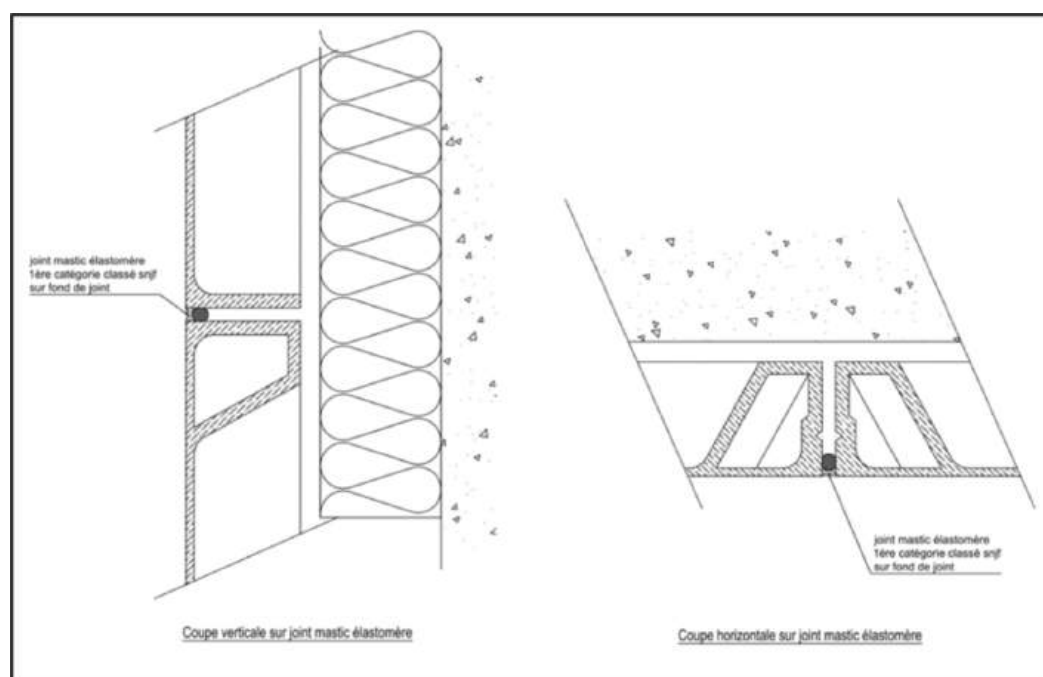


Figure 2 : Traitement joints - principe « Mastic élastomère »

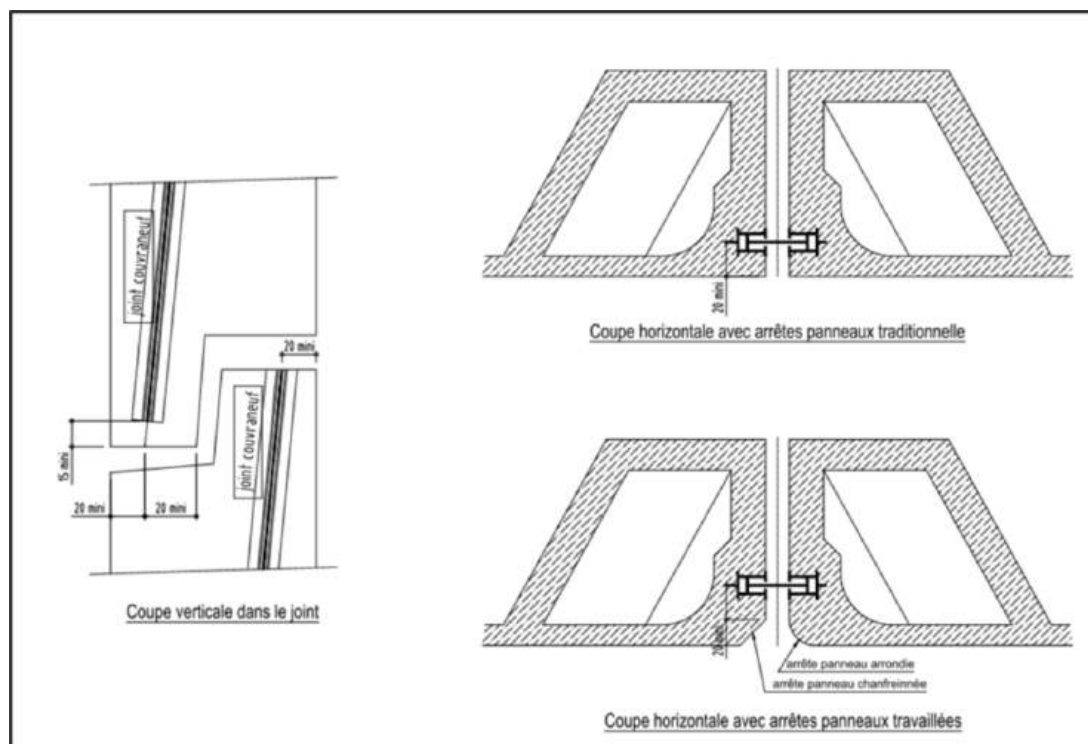


Figure 3 : Traitement joints - principe « profil PVC couvraneuf »

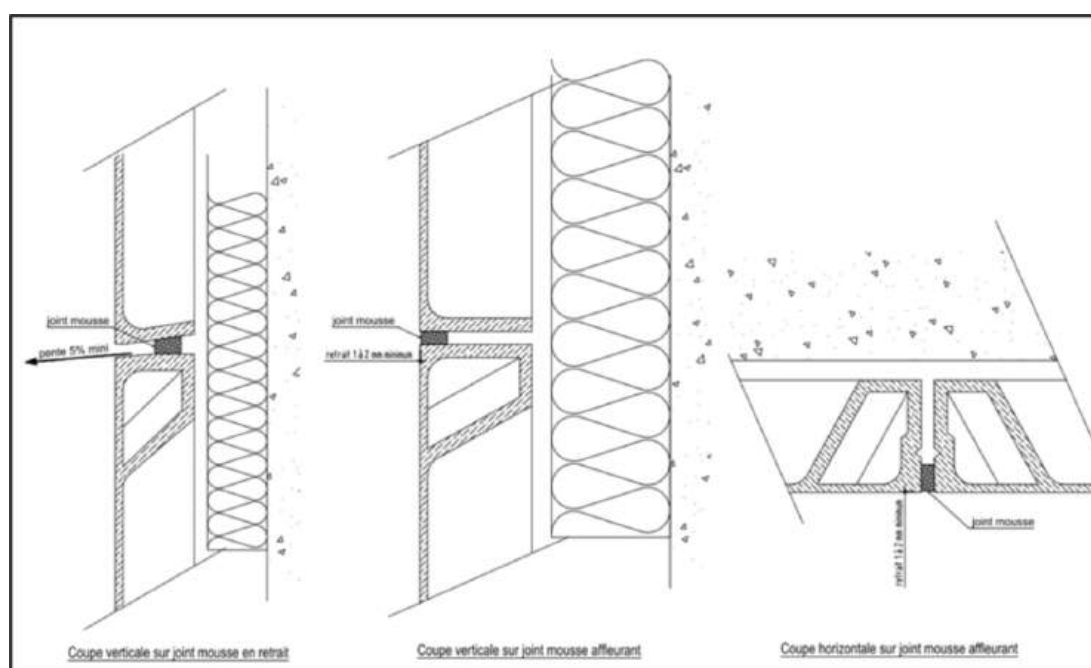


Figure 4 : Traitements joints – principe « joint mousse »

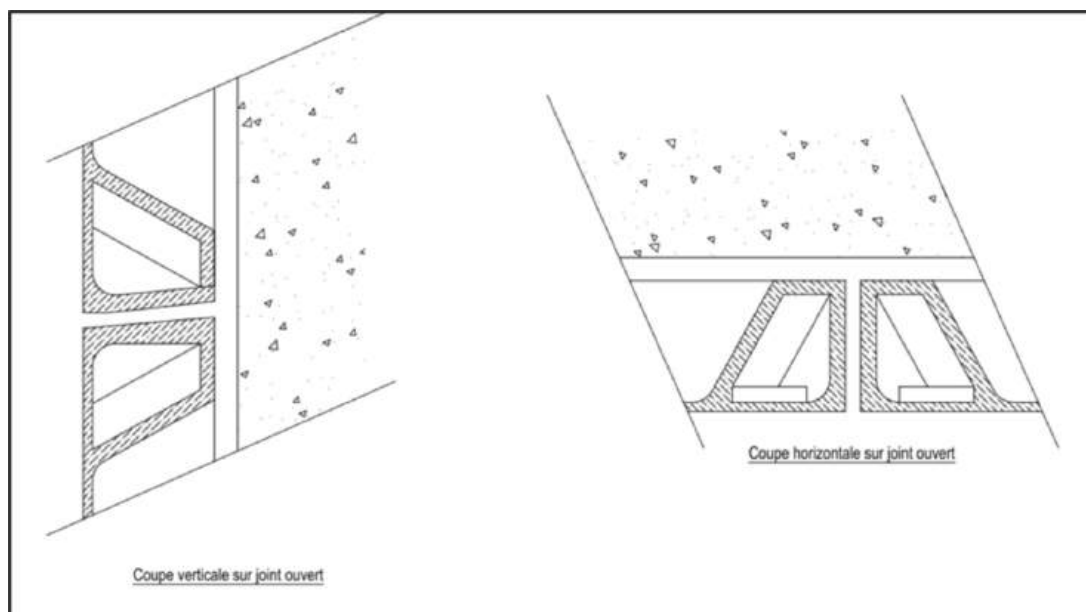


Figure 5 : Traitements joints – principe « joint ouvert »

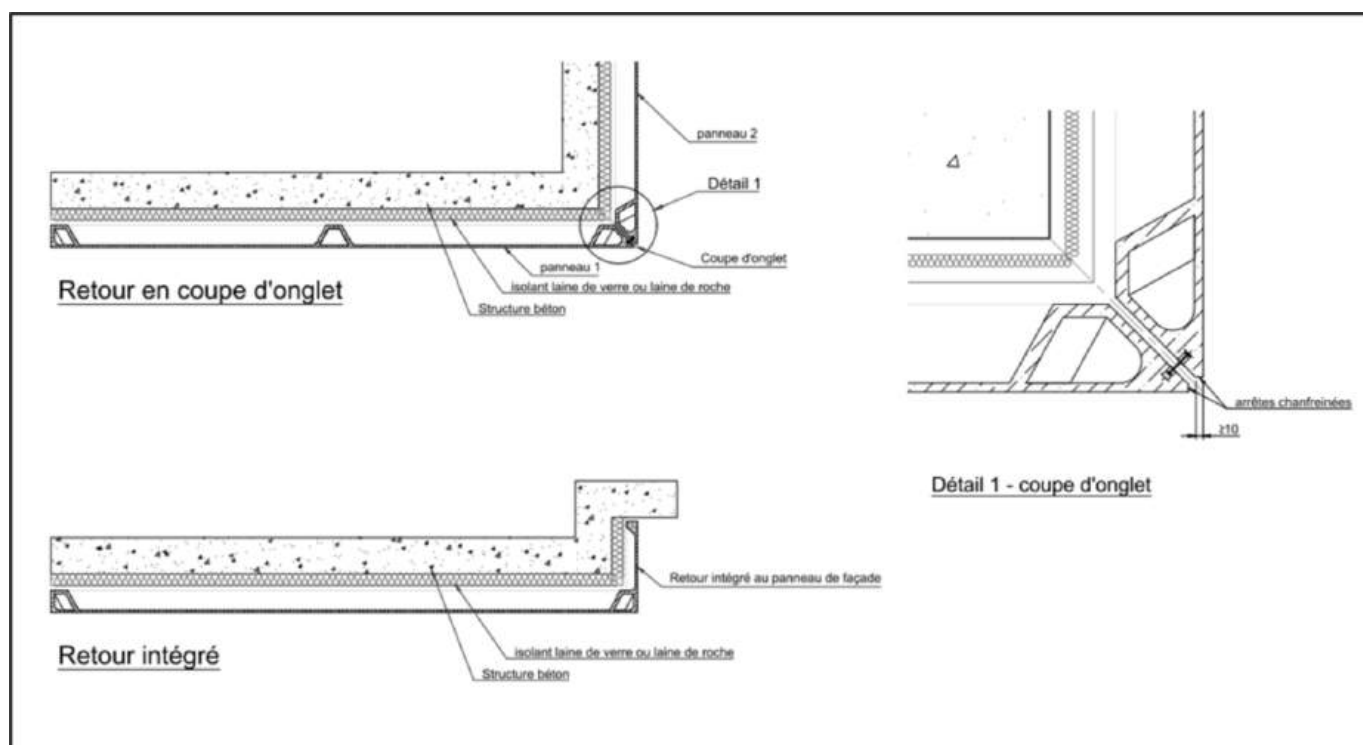


Figure 6 : Traitement des retours d'angles

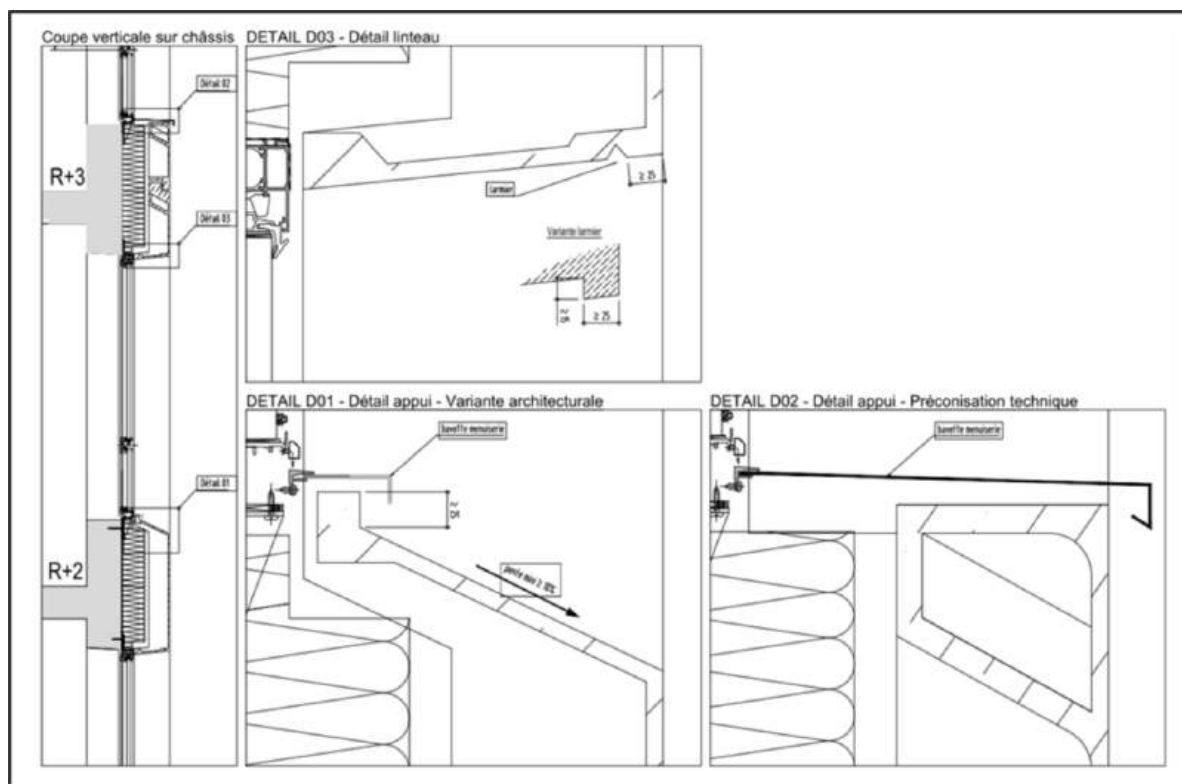


Figure 7 : Traitement des jonctions sur CCV / Menuiserie

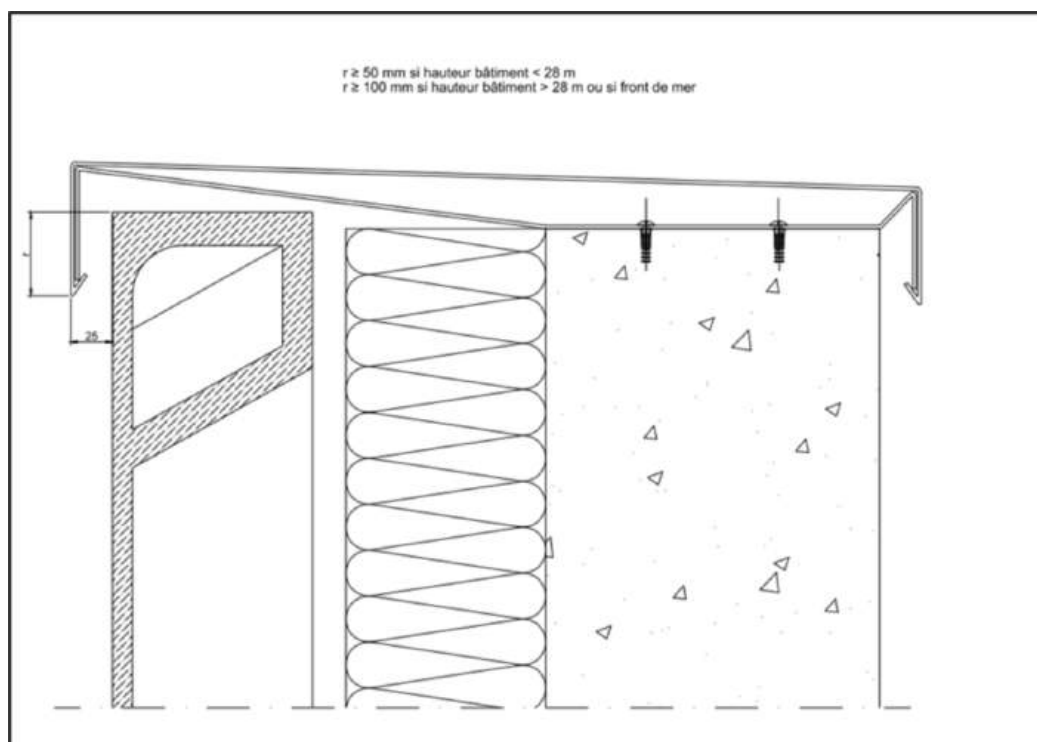


Figure 8 : Traitement acrotère sur structure béton

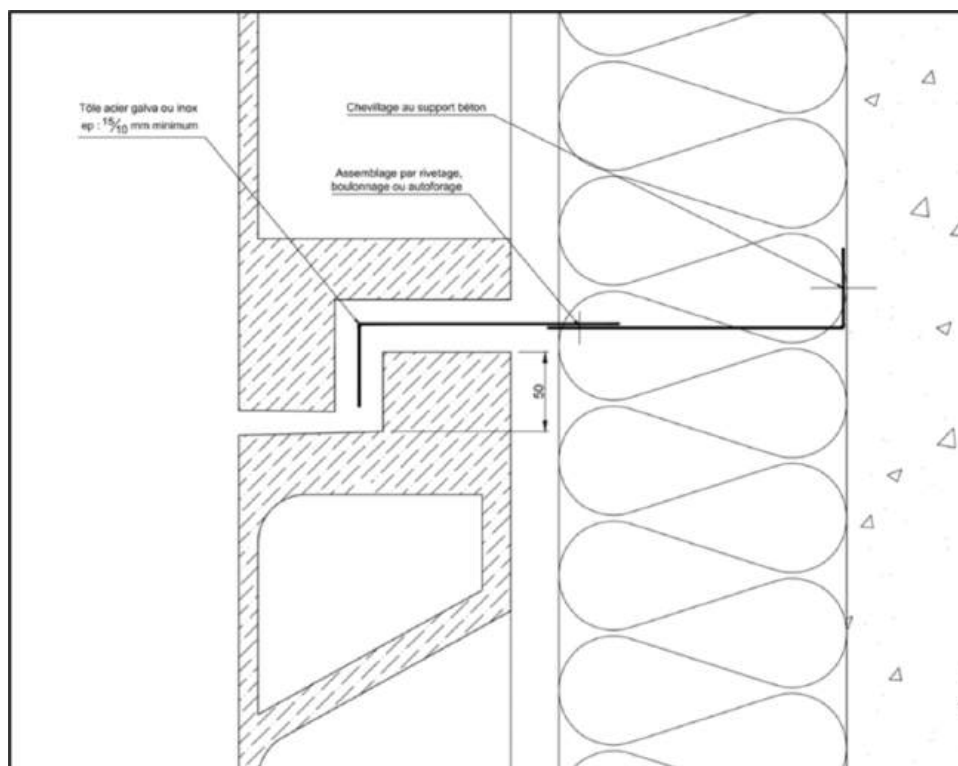


Figure 9 : Traitement coupe-feu selon IT 249

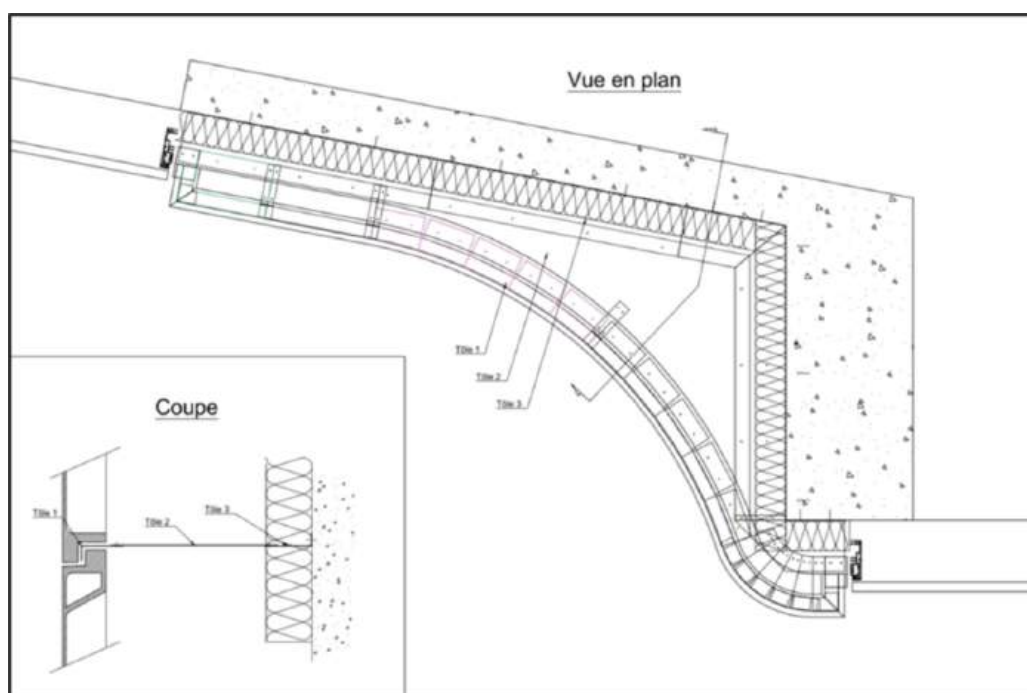


Figure 10 : Principe de traitement coupe-feu sur panneau courbe

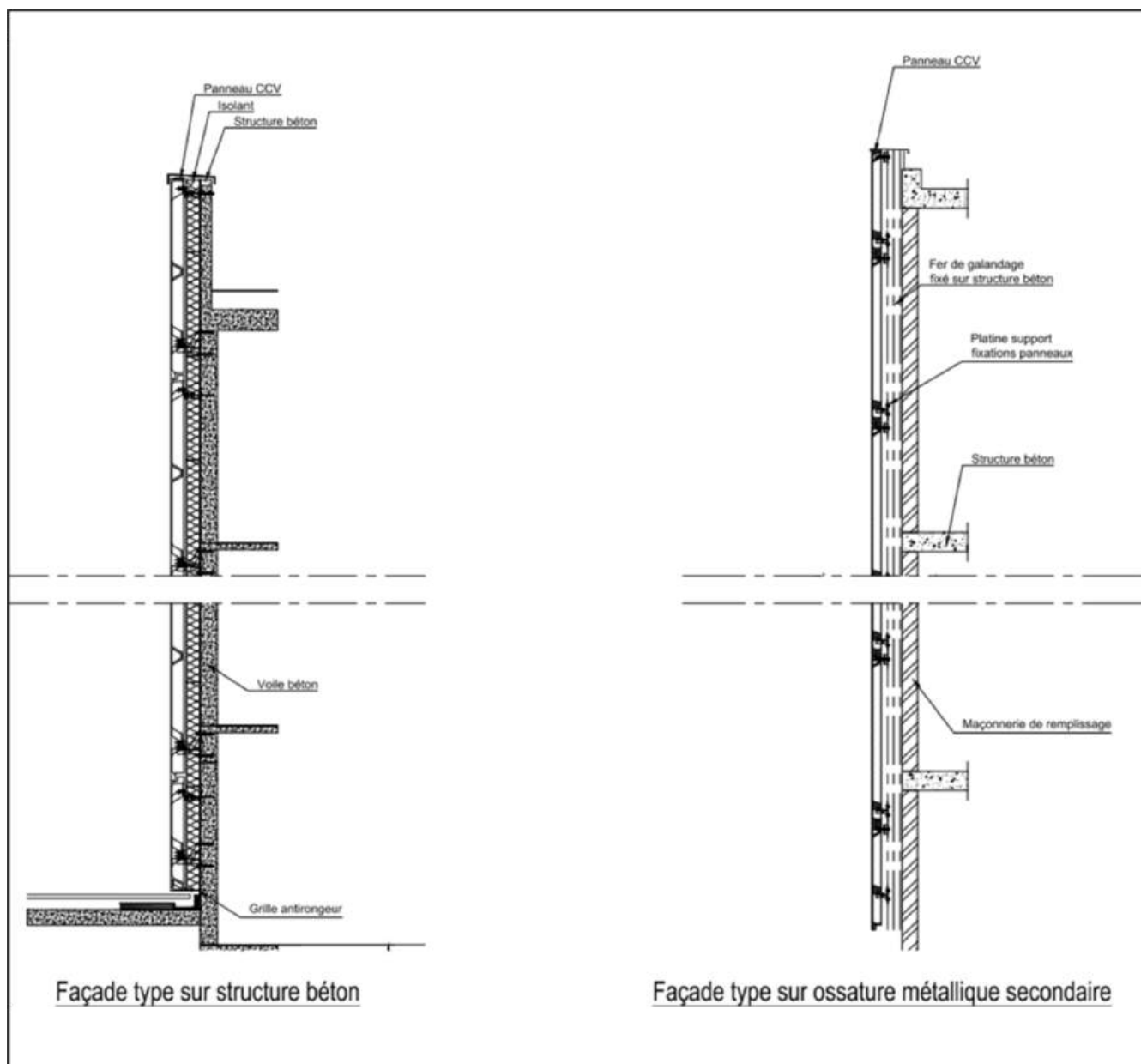


Figure 11 : Principes de liaison des éléments d'habillage à la structure béton

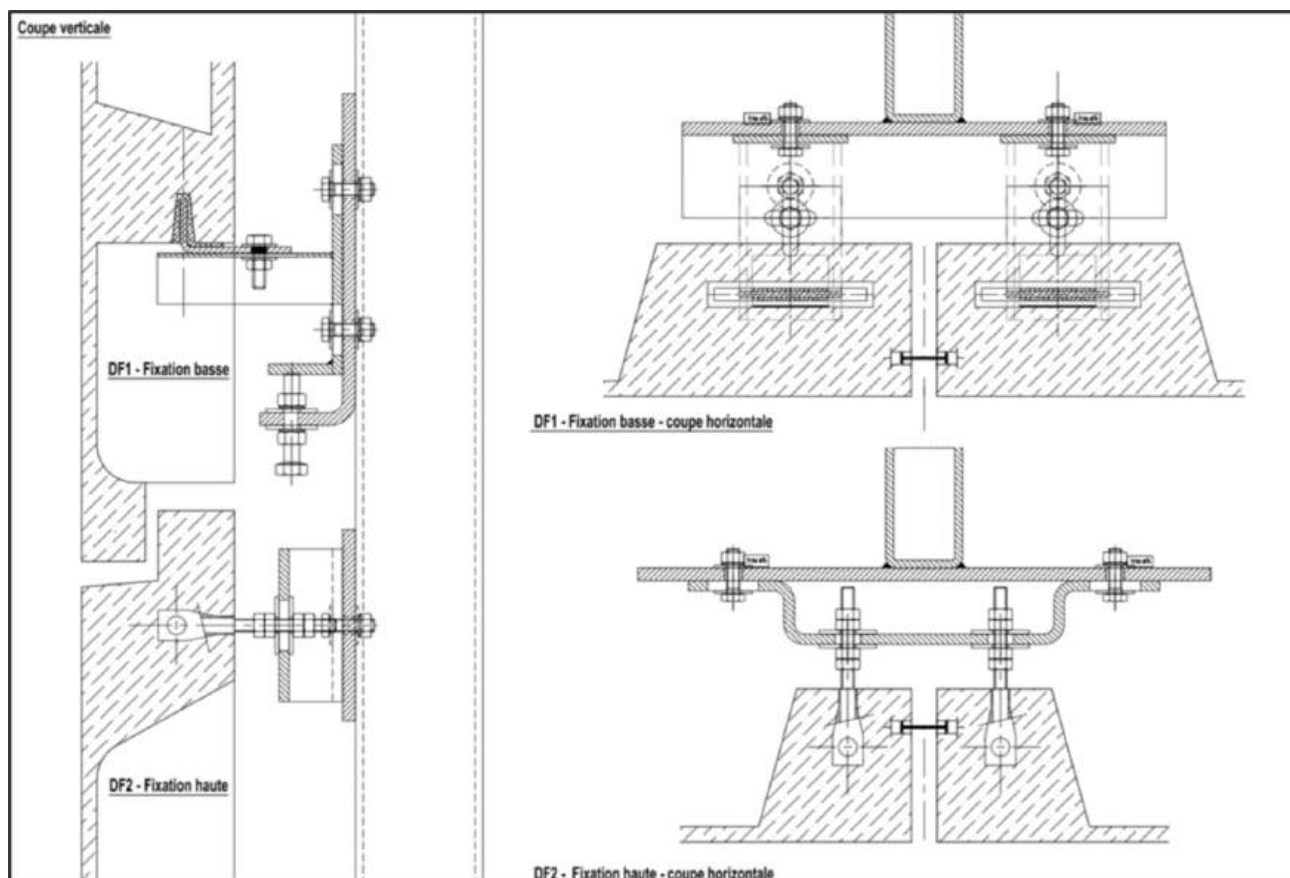


Figure 12 : Ossature secondaire métallique sur support béton
Fixation haute et basse

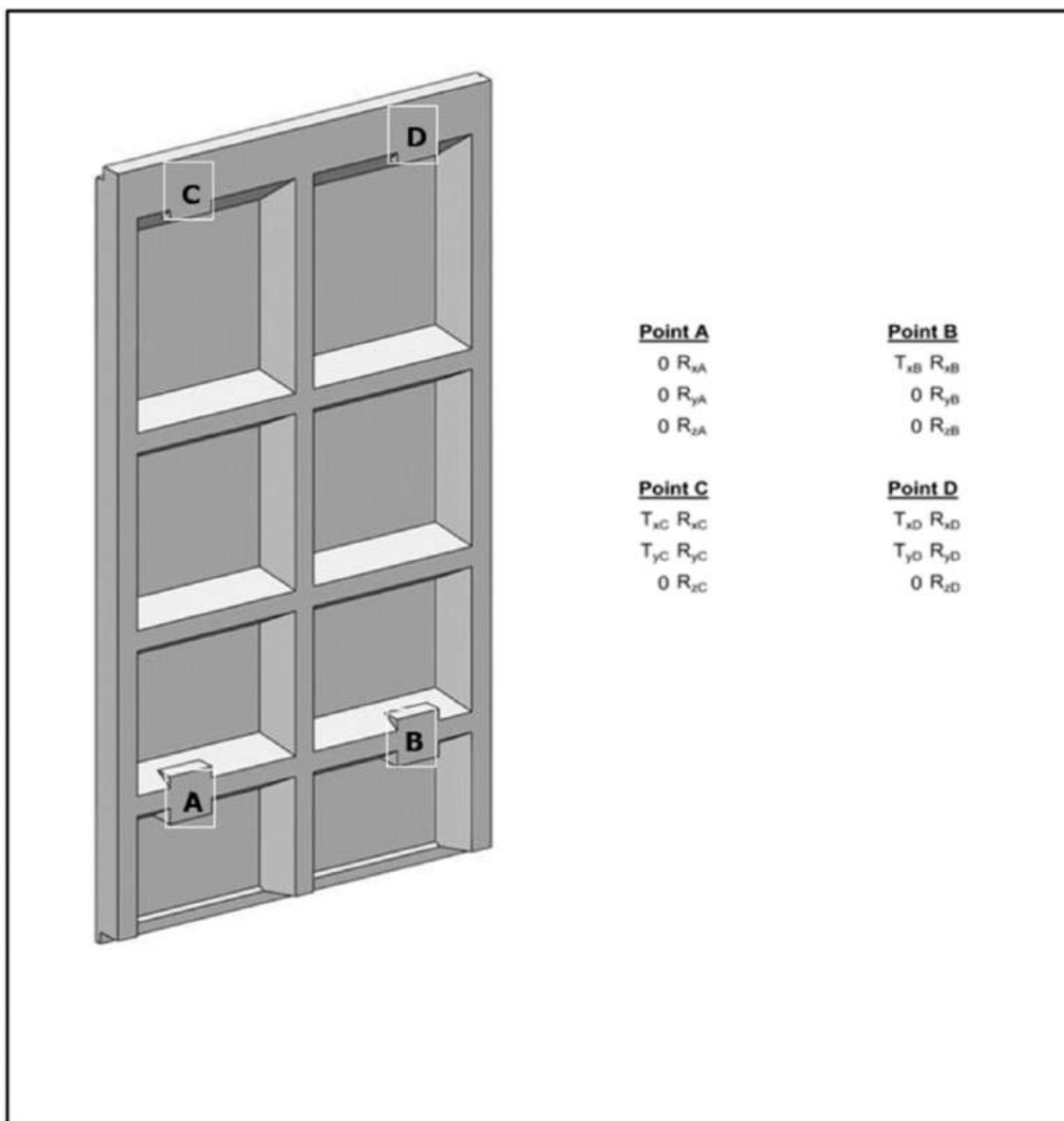


Figure 13 : Schéma statique standard d'un panneau CCV (hors dispositions parasismiques)

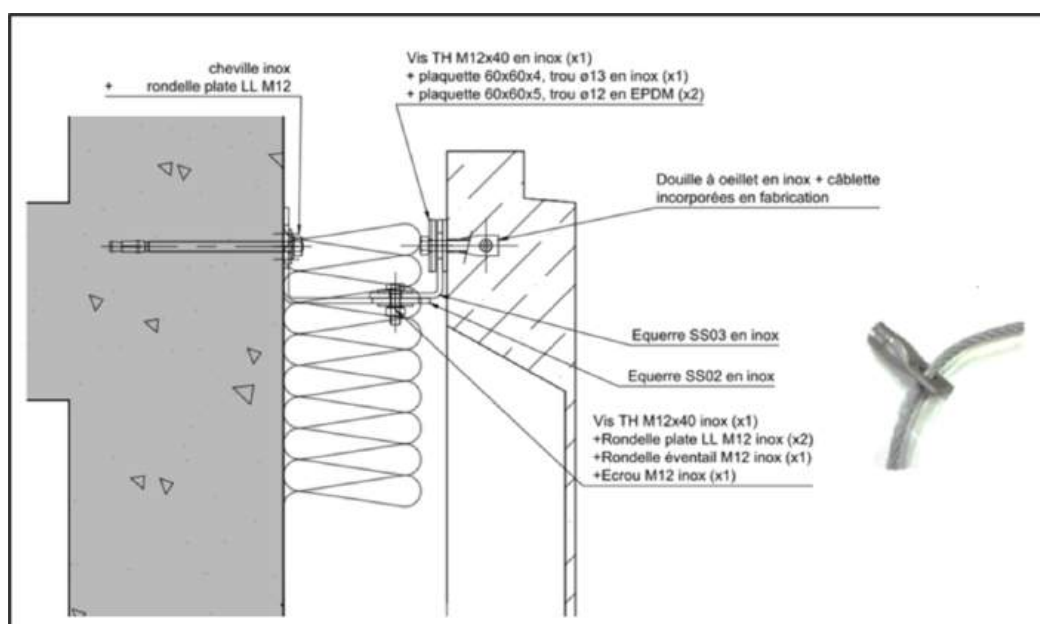


Figure 14 : Principe de fixation – douilles avec câbllette

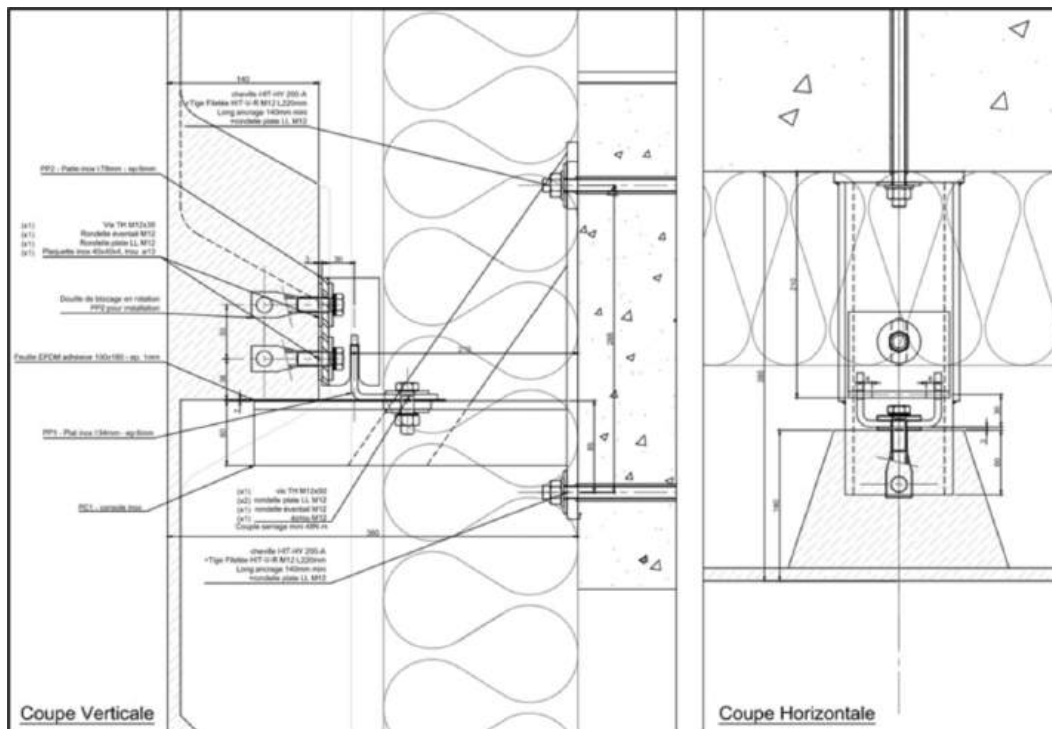


Figure 15 : Principe de fixation – cas plot CCV + douilles avec câblette

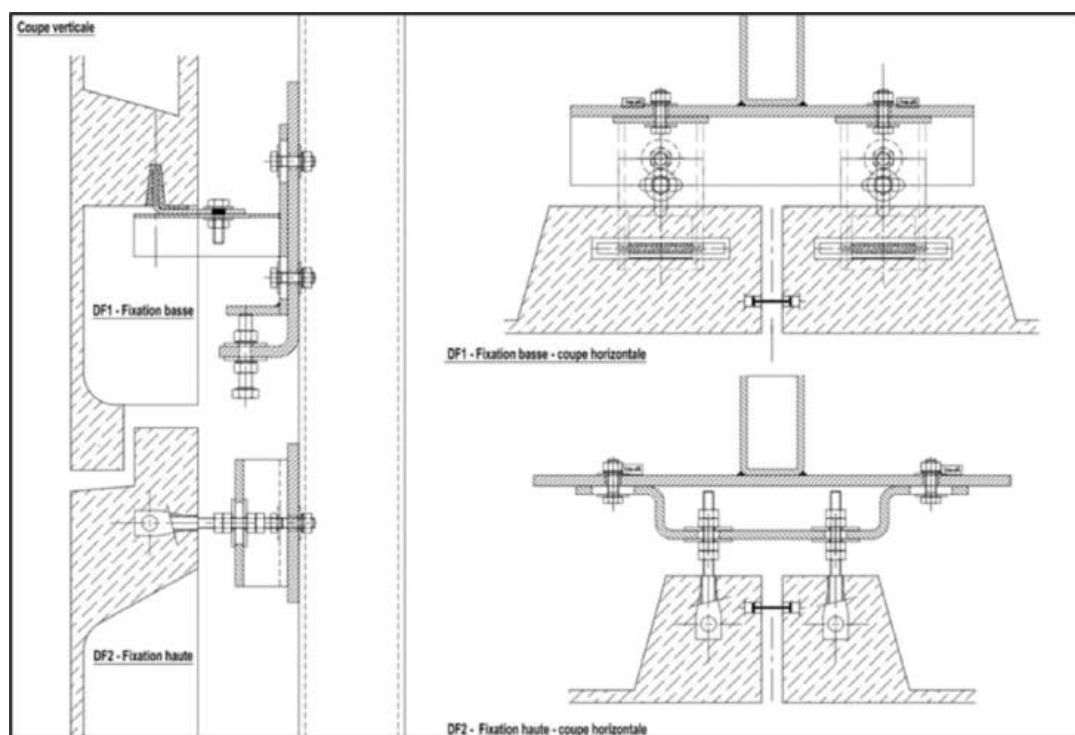


Figure 16 : Principe de fixation – cas rainures CCV

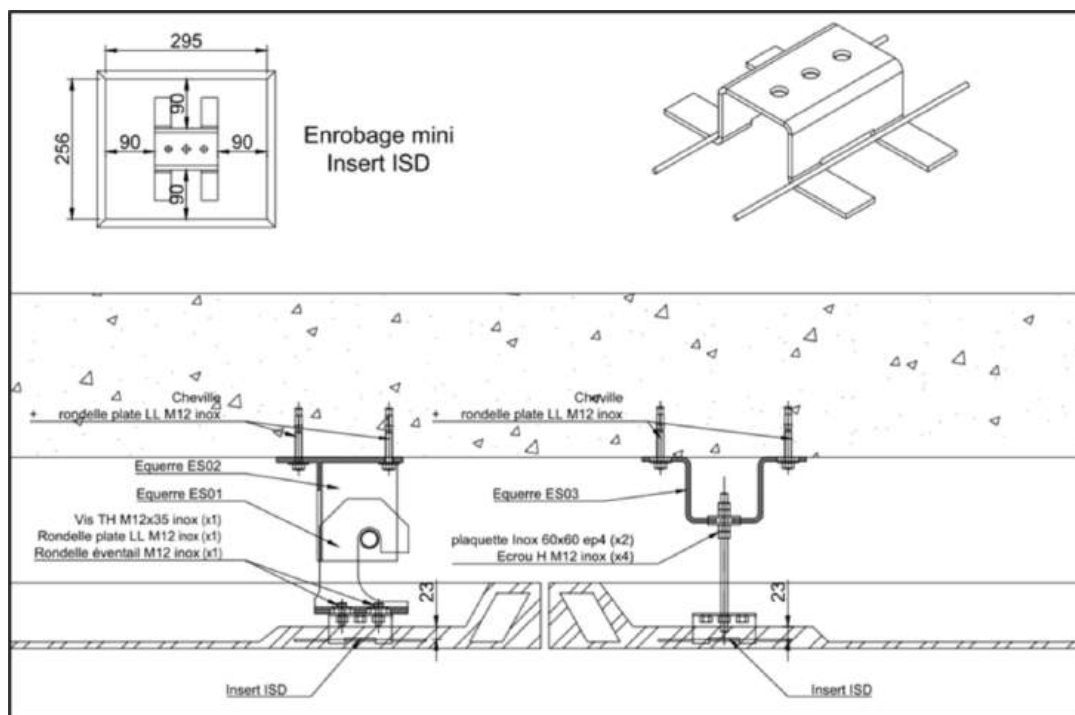


Figure 17 : Principe de fixation – cas insert ISD

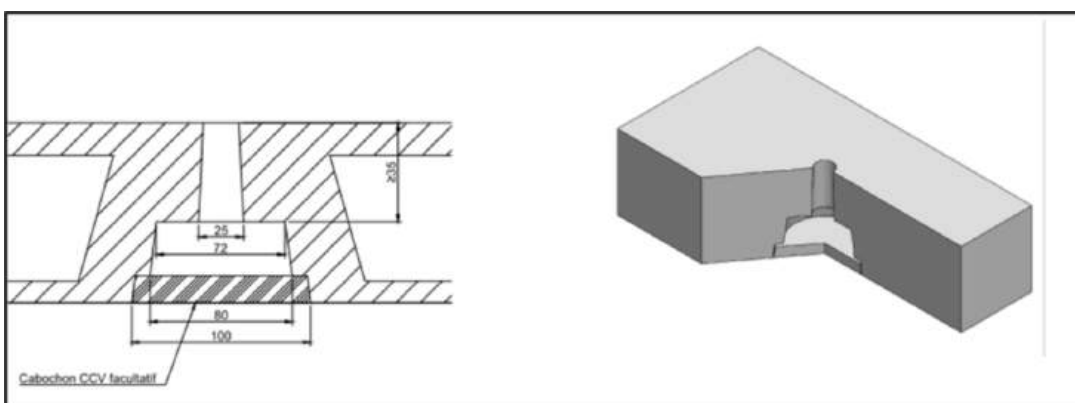
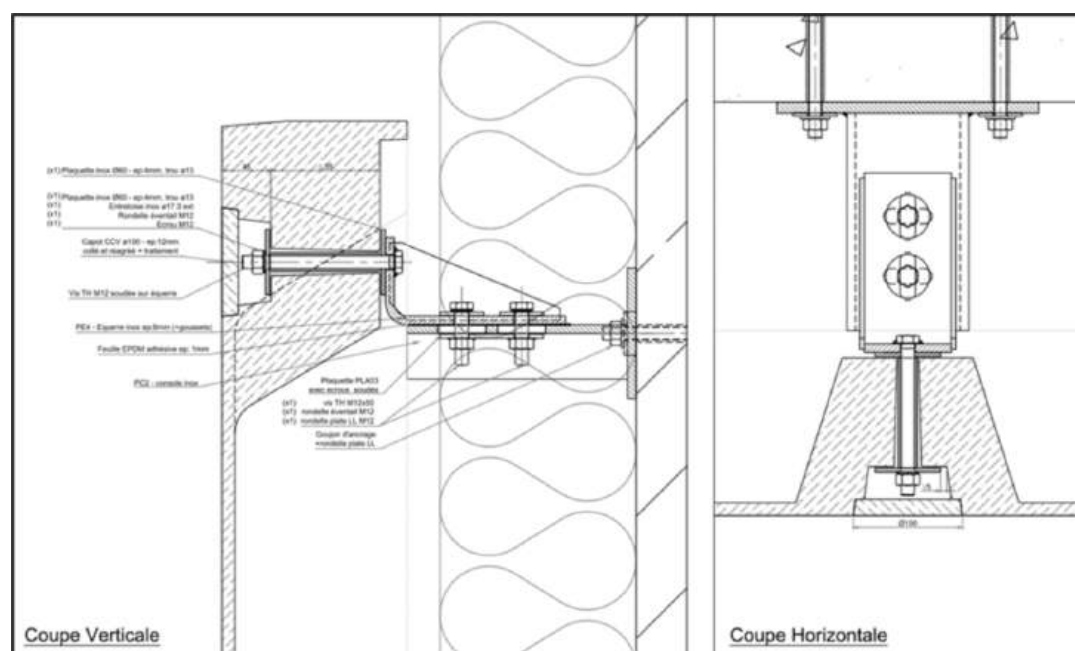


Figure 18 - 19 : Principe de fixation – cas chapelles

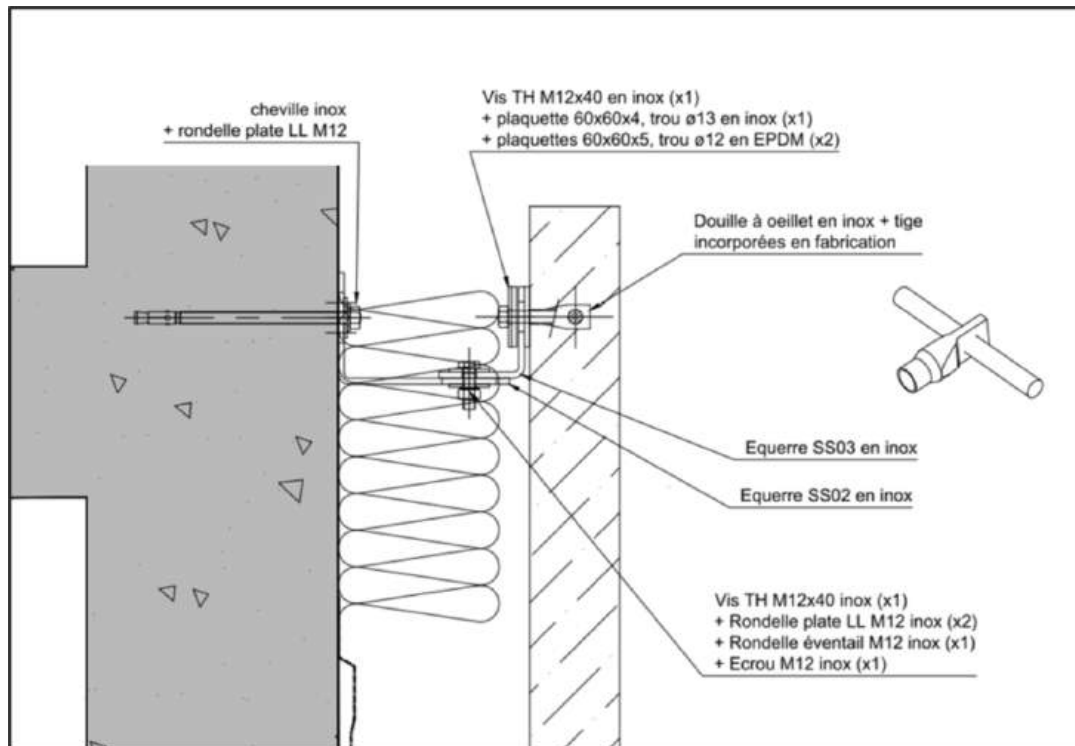


Figure 20 : Principe de fixation – douille à œillet renforcée

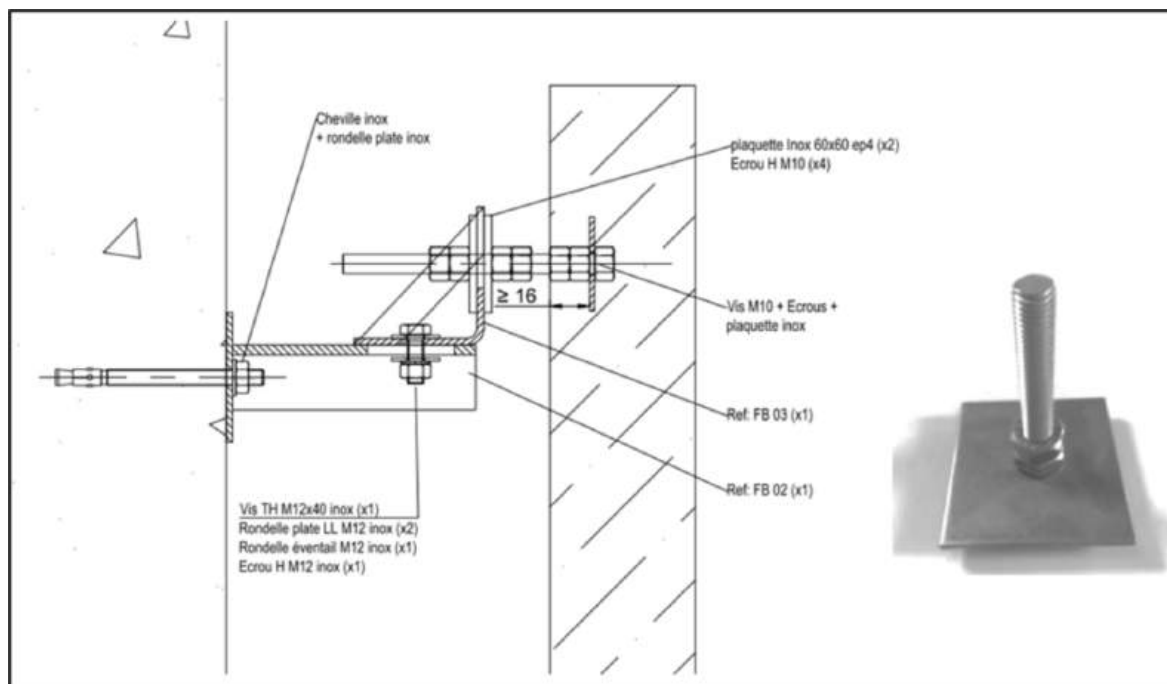


Figure 21 : Principe de fixation – Vis + plaquette inox

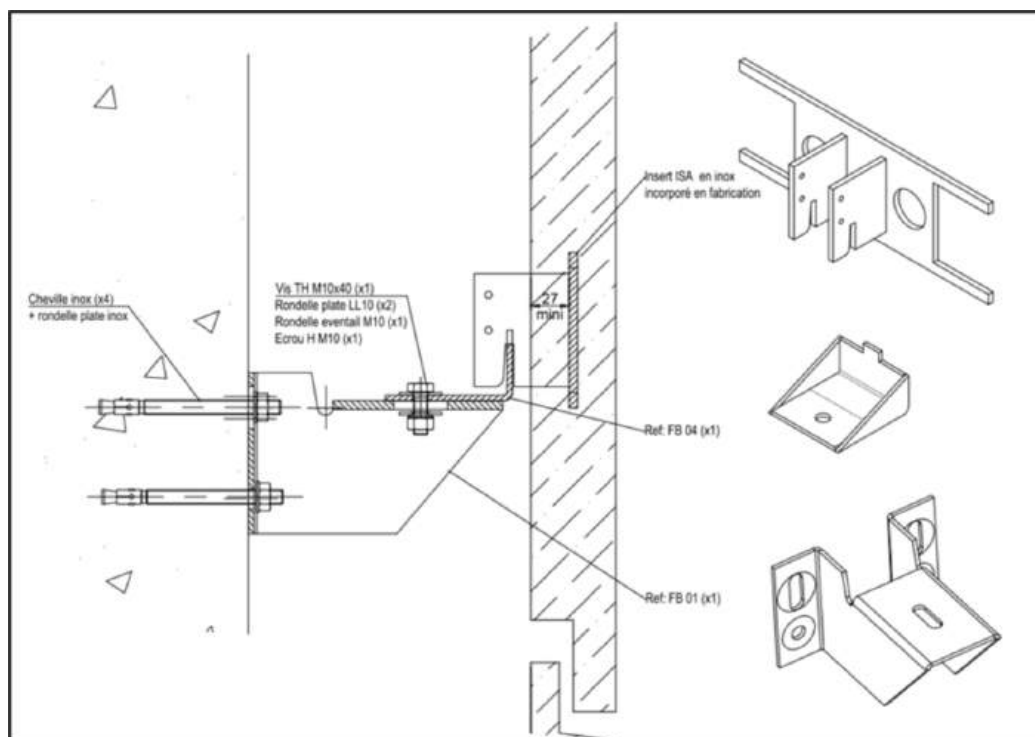


Figure 22 : Principe de fixation – cas insert ISA

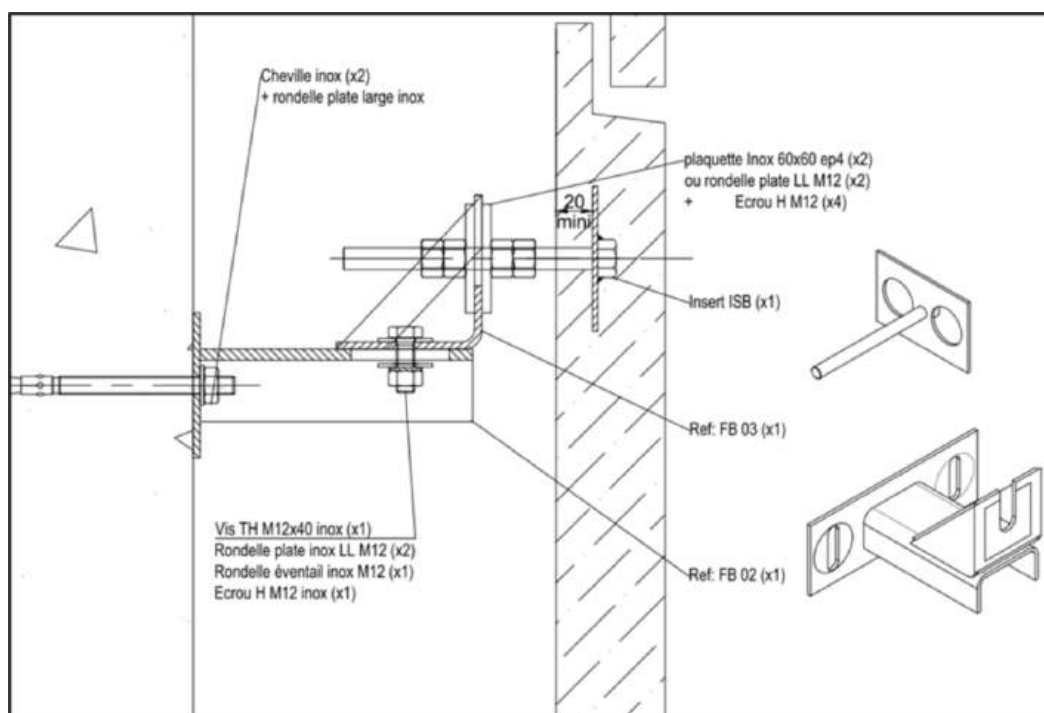


Figure 23 : Principe de fixation – cas insert ISB

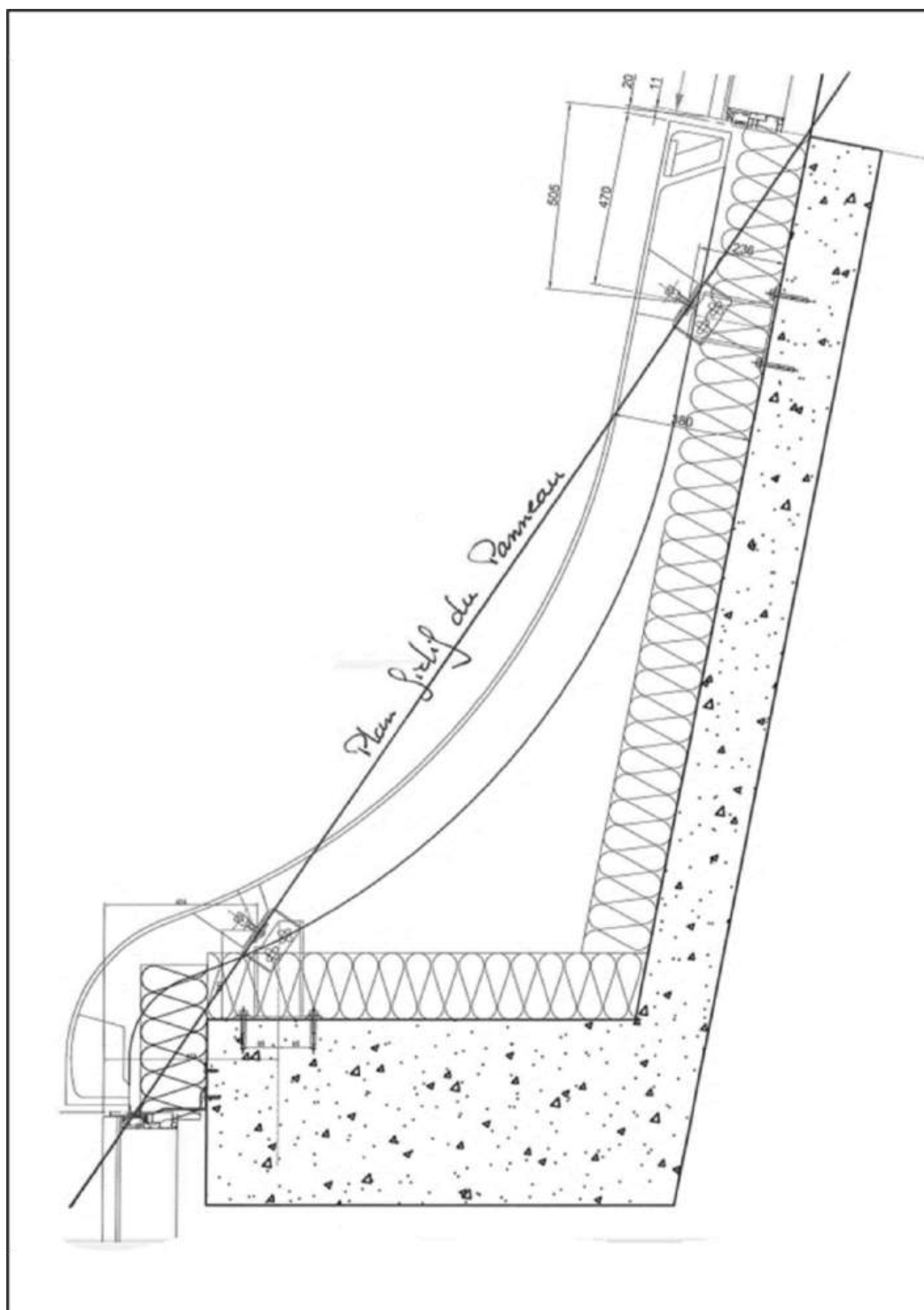


Figure 24 : Détails sur fixations – repérage du plan fictif du panneau pour configurations spécifiques

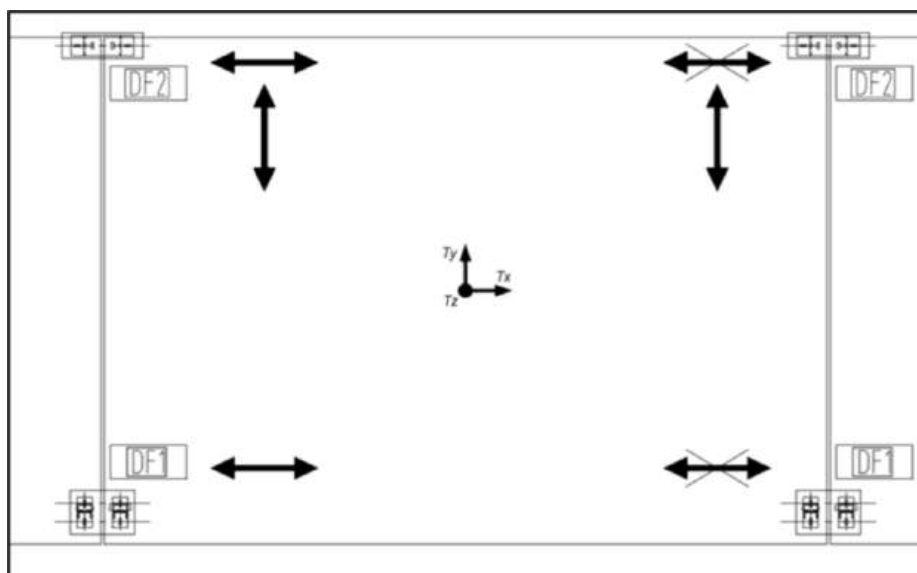


Figure 25 : Principe de fixation – ouvrages soumis aux exigences parasismiques

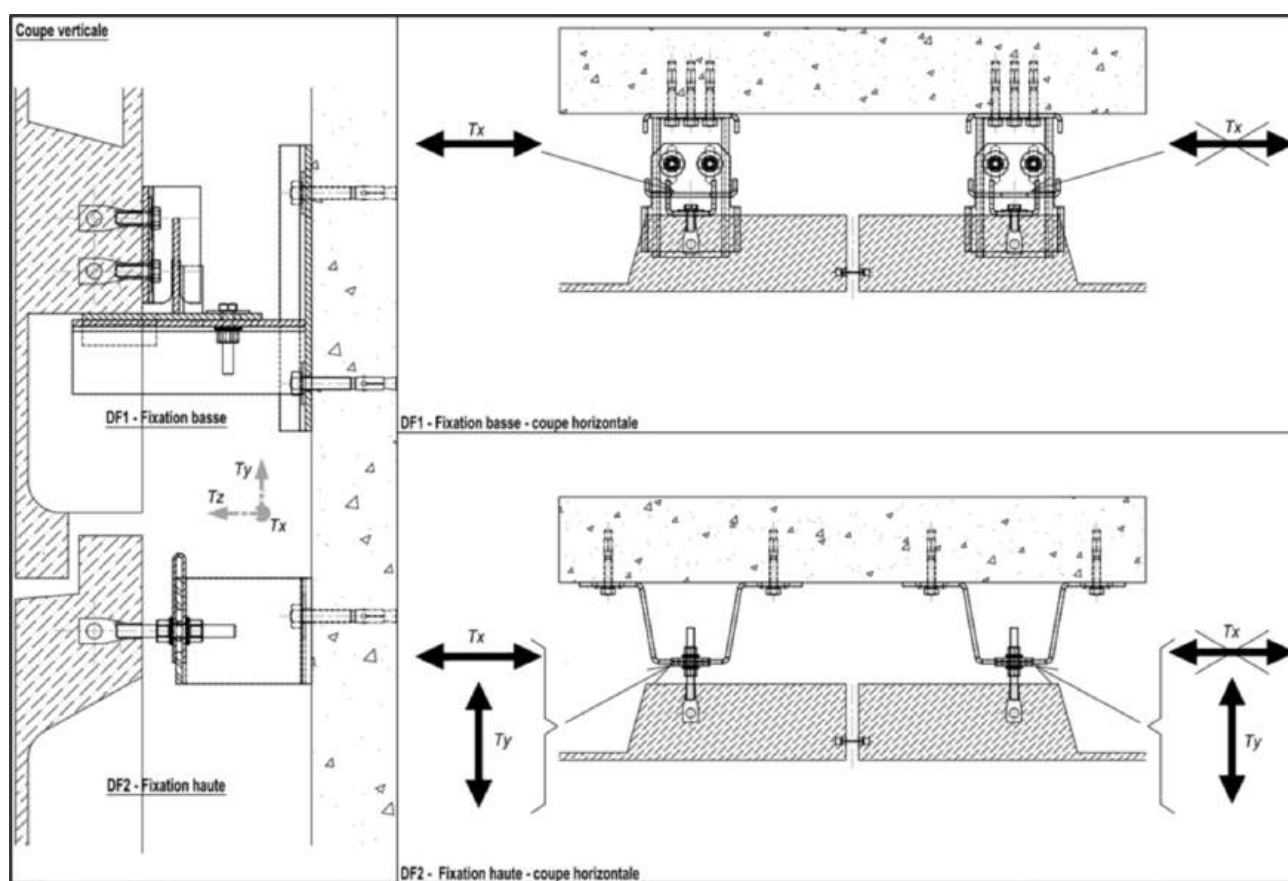


Figure 26 : Détails sur fixations – ouvrages soumis aux exigences parasismiques