

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/17-917_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique n°3/13-752

*Mur de façade de types
panneaux sandwich
Sandwich panel facade wall*

BARDAL+ à isolation continue

BARDAL à isolation continue

Relevant de la norme

NF EN 14992

Titulaire : GROUPE EUROBETON France
Le Rival
38870 Saint Simeon de Bressieux
Tél : 04.74.20.41.42.
Fax : 04.74.20.42.43

Vu pour enregistrement :

30 NOV. 2017


Charles BALOCHE

Groupe Spécialisé n°3.2

Murs et accessoires de mur

Publié le



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Le Groupe Spécialisé n°3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 11 mai 2017 les procédés de panneaux sandwich « BARDAL+ à isolation continue et BARDAL à isolation continue » présentés par la Société EUROBETON. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique n°3/13-752. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédés de mur de façade mettant en œuvre des panneaux de façade en béton armé (nervurés ou pleins), de type sandwich constitué de deux voiles dont la voile extérieure est librement dilatable, avec interposition d'un isolant. Ces éléments de façade, constituent l'enveloppe extérieure et peuvent avoir des fonctions d'éléments de façade porteurs (paroi intérieure uniquement pleine) ou non porteurs.

L'épaisseur du panneau sandwich courant varie entre 24,5 et 45 cm :

- épaisseur de la peau extérieure:
 - 6 cm pour les panneaux BARDAL+ à isolation continue, qui ont une classe de tolérance A selon la NF EN 14992 (dénommé aussi BARDAL+ dans la suite du texte)
 - 6,5 cm pour les panneaux BARDAL à isolation continue, qui ont une classe de tolérance B selon la NF EN 14992 (dénommé aussi BARDAL dans la suite du texte)
- couche continue d'isolant d'épaisseur de 3 à 15 cm,
- paroi intérieure nervurée ou pleine de 15 à 30 cm.

Ces panneaux, de dimension maximale 14 m de longueur par 4 m de largeur (sans excéder une surface maximum de 40 m²), peuvent être disposés soit en position verticale (côte à côte) soit en position horizontale (superposition).

La liaison des deux voiles est assurée par le système KONNEKTOR de la société RUREDIL qui fait l'objet d'un Avis Technique en cours de validité.

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

Les menuiseries extérieures, équipées ou non d'appuis de baie métalliques, sont rapportées en œuvre.

L'étanchéité des joints horizontaux est assurée par système à recouvrement.

L'étanchéité des joints verticaux est assurée par dispositif à chambre de décompression, joint néoprène ou joint mécanique à gouttière (glissières et languettes) ménagé dans la voile extérieure.

Pour les bâtiments à usage industriel, l'étanchéité des joints verticaux et horizontaux est assurée par un système à garniture extérieure de mastic sur fond de joint sans chambre de décompression et avec emboîtement par tenon-mortaise.

Étanchéité à l'air des joints verticaux et horizontaux, au niveau du voile intérieur.

Revêtements

- Extérieur : parements extérieurs en béton de parement
- Intérieur : finitions classiques sur béton

1.2 Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, les produits « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL à isolation continue » font l'objet d'une déclaration des performances établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 14992. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Mur destiné à des bâtiments tertiaires, ERP, industriels, de commerce et de logement.

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

L'utilisation des panneaux est limitée à la classe d'exposition XC4.

En situation enterrée et lorsque l'utilisation ne rend pas obligatoire l'étanchéité de la paroi au sens du DTU 20.1, chapitre 6 (sous-sol de deuxième catégorie), les panneaux BARDAL+ et BARDAL pourront comporter une partie enterrée de 1 m.

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

Le système de fixation KONNEKTOR est utilisé conformément aux prescriptions de l'Avis Technique KONNEKTOR de la société RUREDIL en cours de validité.

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

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

Les panneaux non porteurs ne participent pas à la stabilité du bâtiment (contreventement, fonction porteuse,...). La stabilité propre du voile de béton extérieur librement dilatable des panneaux sandwichs peut être normalement assurée moyennant l'application des prescriptions techniques visant les dispositifs de liaison associés à ces panneaux.

L'utilisation des panneaux comme éléments porteurs est acceptée moyennant le respect des prescriptions données au paragraphe 2.32. Prescriptions Techniques.

Construction en zone sismique

L'utilisation en zone sismique des panneaux porteurs est limitée aux zones 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant le respect des dispositions prévues au paragraphe 2.33 des Prescriptions Techniques.

L'utilisation des panneaux non porteurs est acceptée, moyennant le respect des dispositions prévues au paragraphe 2.33 des Prescriptions Techniques.

Sécurité au feu

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

En cas d'exigences de résistance au feu, la peau intérieure des panneaux (porteurs et non porteurs) sera obligatoirement pleine.

Du fait de la présence de l'isolant dans les panneaux, les règles simplifiées de la NF EN 1992-1-2 de détermination de la distribution de la température dans le béton ne peuvent pas s'appliquer. Une étude selon les règles générales de calcul de la NF EN 1992-1-2 est alors nécessaire, sauf à utiliser les tableaux de températures donnés en annexe J du Dossier Technique (pour des durées de stabilité au feu de 30, 60, 90, 120, 180 et 240 minutes) qui ont fait l'objet d'une Note de calcul du CERIB (n°12 DPM 418).

Une appréciation de laboratoire référencée n° 2013 CERIB 2474 a été réalisée sur l'étude du maintien au feu de la peau extérieure du procédé de mur de façade de type panneau sandwich préfabriqué en béton armé.

Celle-ci prescrit les dispositions permettant de justifier la stabilité au feu du voile extérieur librement dilatable en tenant compte de la présence de l'isolant à l'intérieur des murs et de l'utilisation du système KONNEKTOR pour suspendre la peau extérieure à la paroi intérieure. Ces dispositions permettent au détenteur du procédé de définir les dimensions maximales des panneaux en fonction de la durée de stabilité au feu requise (voir articles K3, K4 et K5 de l'Annexe K du Dossier Technique). Pour une durée d'exposition au feu allant jusqu'à 240 min, ces dispositions s'appliquent pour les conditions suivantes :

- soutien fixe à mi-hauteur H/2 du panneau et deux soutiens mobiles à 0.1H des extrémités du panneau (implantation des soutiens illustrée aux figures 1, 3, 4, 5 et 6 de l'Annexe K du Dossier Technique).
- panneaux verticaux d'une largeur inférieure ou égale à 2,5 m
- panneaux horizontaux non porteurs d'une hauteur inférieure ou égale à 3 m
- conditions aux limites en pied de panneau et en partie supérieure du panneau conformes aux prescriptions du paragraphe K2 de l'Annexe K du Dossier Technique
- panneaux porteurs avec une distance entre appuis inférieure ou égale à 4m (recoupement par les planchers)
- flèche de la paroi porteuse des panneaux verticaux porteurs, dont la distance entre appuis est supérieure à 4m et supportant un seul plancher à son extrémité, inférieure aux limites admissibles indiquées au tableau 2 de l'Annexe K du Dossier Technique

- Les points de soutiens KONNEKTOR devront être disposés à une distance au-dessus des ouvertures égale à la valeur C+D requise pour un panneau incombustible et déterminée selon la destination du bâtiment.

Pour des conditions différentes de celles citées ci-dessus ou pour des exigences de stabilité au feu supérieures à 240 min, la stabilité au feu du procédé devra être justifiée au cas par cas dans le cadre d'Avis de chantier délivrés par un laboratoire agréé.

Les dispositions permettant le respect de l'IT249, notamment au pourtour des baies, sont décrites dans l'appréciation de laboratoire 2013 CERIB 2474.

Au regard de l'article AM 8, pour que les parois intérieures assurent le rôle de protection de l'isolant, elles doivent justifier d'un degré coupe-feu d'une demi-heure et être jointoyées par des joints incombustibles à défaut de clavetage en béton ou d'emboîtement par tenon-mortaise en béton.

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

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

Résistance au choc

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

Isolation thermique

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

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

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

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

Isolation acoustique

Etant donné les épaisseurs de béton minimales mises en jeu, et moyennant les dispositions de traitement des joints décrites au paragraphe 2.3, le procédé ne devrait pas poser de problèmes d'isolement au bruit aérien, jusqu'aux exigences de $D_{n,T,A,Tr} \leq 35$ dB. Au-delà, une étude au cas par cas est nécessaire.

Étanchéité des murs extérieurs

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

Quant à la solution d'étanchéité des joints à simple garniture extérieure de mastic, utilisée pour les bâtiments à usage industriel, elle repose essentiellement sur l'efficacité de la garniture extérieure ; elle confère aux façades des bâtiments autres que courants tels que définis dans le DTU 20.1 une étanchéité équivalente à celle admise dans ce cas pour les façades traditionnelles, dans les mêmes situations de la construction (situations a, b, c et d sauf front de mer).

Données environnementales

Les procédés « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL_ à isolation continue » ne disposent d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

2.22 Durabilité – Entretien

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

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

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

Elle requiert :

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

2.23 Fabrication

Effectuée en usine, par le titulaire de l'Avis, elle nécessite, outre les précautions usuelles propres à la fabrication des panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable, la réalisation d'un autocontrôle régulier.

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications, décrit dans le dossier technique établi par le demandeur, sont effectifs.

2.24 Mise en œuvre

Effectuée par l'entreprise de pose titulaire du marché, elle nécessite :

- la prise en compte, à tous les stades de l'exécution et par l'ensemble des intervenants, des conséquences de la libre dilatation du voile extérieur des panneaux ;
- une précision particulière pour l'interposition des cales en polyéthylène de manière sensiblement centrée par rapport à l'axe du voile porteur, afin de ménager, du côté de l'isolant, un espace suffisant pour faire filer en continuité le cordon d'étanchéité. Des précautions pour la manutention des panneaux de grande dimension. En particulier, le redressement des panneaux verticaux nécessite un équipement spécial (grue à double treuil) et doit être réalisé avec précautions.

La livraison des panneaux étant sans pose par EUROBETON, il est prévu une assistance technique du titulaire de l'Avis à l'entreprise de pose au montage.

2.3 Prescriptions Techniques

2.3.1 Prescriptions techniques communes aux procédés comportant des façades en panneaux sandwichs à voile extérieur librement dilatable

(cf. Cahier du C.S.T.B. n° 2159, livraison 279, références 0 et 2).

2.3.2 Prescriptions techniques particulières aux procédés « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL à isolation continue »

CONDITIONS DE CONCEPTION

- Le BET Structure détermine les épaisseurs de la paroi structurale et le ferrailage de celle-ci.
- Le calepinage est réalisé par le titulaire ou le BET désigné par celui-ci.
- Le dimensionnement des panneaux (jonctions entre panneaux, paroi extérieure, fixation des panneaux non porteurs) doit être réalisé par le bureau d'étude désigné par le titulaire.
- Les murs de façade réalisés avec les panneaux non porteurs ne doivent pas être pris en compte dans les vérifications de calculs de stabilité et de contreventement des structures qu'ils enveloppent. En particulier, dans le cas où les panneaux habillent une ossature, celle-ci doit être dûment contreventée.
- D'une façon systématique, les panneaux intérieurs et extérieurs non percés d'ouvertures doivent disposer d'une section minimale d'armatures dans les deux directions égales à 0,2 % de la section de béton pour les panneaux de longueur maximum de 6 mètres, et 0,25 % au-delà de 6 mètres.
- Les enrobages des armatures de la paroi extérieure doivent respecter les prescriptions de la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale en fonction des conditions d'environnement.

- Sur les faces en contact avec l'isolant des deux parois, il convient de considérer un enrobage minimal des armatures correspondant à celui de la classe d'exposition du parement exposé - 5 mm, sans descendre en dessous de celui de la classe d'exposition XC3.
- Le calcul des armatures des deux voiles pleins constituant les panneaux non porteurs doit s'effectuer de la façon suivante :
 - le voile intérieur est soumis à une flexion composée sous l'action simultanée des charges permanentes et de l'action du vent,
 - l'action du vent est décomposée au prorata des inerties des voiles.
- Pour les panneaux percés d'ouvertures, les conditions suivantes doivent être respectées en plus de celles précitées pour les panneaux pleins :
 - les dimensions maximales (largeur par hauteur) des ouvertures par panneau sont :
 - soit de deux ouvertures de 1,20 m x 1,20 m,
 - soit d'une ouverture de 2,40 m x 2,10 m

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

- les armatures de renforts à disposer autour de la trémie doivent correspondre en section à celle des armatures sectionnées,
- la longueur minimale d'ancrage des armatures de renforts doit être égale à $50 \varnothing$,

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

- Le dispositif d'accrochage KONNEKTOR assurant la liaison entre les deux voiles doit être dimensionné, pour chaque type de panneau, conformément aux prescriptions de l'Avis Technique en cours de validité dont il relève.
- Afin de respecter les conditions d'ancrage des ancrés définies dans l'Avis Technique en cours de validité KONNEKTOR, les épaisseurs nominales des parois extérieures des panneaux sont les suivantes :
- Panneaux ne faisant pas l'objet d'une certification par un organisme extérieur : épaisseurs minimales préconisées dans l'Avis Technique en cours de validité KONNEKTOR majorées de 5 mm, soit 65 mm.
- Panneaux faisant l'objet d'une certification par un organisme extérieur : épaisseurs minimales préconisées dans l'Avis Technique en cours de validité KONNEKTOR, soit 60 mm.

L'organisation des panneaux doit être conçue de telle sorte que chacun des voiles extérieurs en béton soit librement dilatable grâce notamment à l'absence de tout contact rigide avec un autre voile, une façade perpendiculaire ou un autre corps de bâtiment.

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

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

- Dans le calcul des largeurs de joints, il sera pris en compte une tolérance d'exécution minimale de 5 mm pour les joints verticaux et horizontaux, et une tolérance de fabrication telle que définie dans la norme NF EN 14992.
- Les boîtes d'attente doivent faire l'objet d'une certification et respecter les exigences des recommandations Professionnelles concernant les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes (novembre 2009).
- Les inserts métalliques (rails) destinés à assurer l'ancrage des boulons galvanisés ou des plaques crantées doivent suivre exactement les préconisations des fournisseurs.
- Les boulons insérés dans les rails doivent avoir un diamètre minimal de 12 mm.
- D'une façon systématique, les fixations des panneaux non porteurs à l'ossature doivent être dimensionnées en déduisant la charge de calcul de la charge de rupture moyenne par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 3.

Dans le cas des corbeaux Girella et Tirella de RUREDIL, les charges admissibles indiquées dans le paragraphe 4.1 du Dossier Technique sont déduites de la charge de rupture moyenne par application d'un coefficient de sécurité de 3.

Dans le cas particulier du système Ercole de BS ITALIA de consoles de support des panneaux horizontaux suspendus, en appliquant le coefficient 3 à la charge de rupture obtenue lors des essais dont il est rendu compte dans le Dossier Technique (n°REL-DIS-1157/92), on obtient

une charge admissible de 90 kN pour le tube inséré de 100 x 80 x 10 mm et de 45 kN pour le tube inséré de 80 x 50 x 8 mm.

Dans le cas particulier des rails HALFEN, le dimensionnement doit être effectué sur la base des caractéristiques mécaniques résistantes indiquées dans l'ETE en cours de validité dont ils relèvent.

- Dans le cas de panneaux porteurs, le voile intérieur doit être dimensionné selon les Eurocodes, et en tenant compte des spécificités des panneaux préfabriqués décrites dans le DTU 22.1 (renvoi aux règles contenues dans les Directives UEAtc et aux recommandations CEB-CIB-UEAtc : « Recommandations internationales pour les structures en panneaux »).
- Les liaisons horizontales avec broches entre panneaux superposés devront respecter les conditions suivantes :
 - Broches de diamètre minimal 16 mm
 - Espacement maximal entre broches de 2 mètres
 - Au moins 2 broches par panneau
- Les caractéristiques minimales des isolants sont I2-S1-O2-L3-E2 en référence au guide du référentiel ACERMI.

Utilisation en zone sismique

- les dispositifs d'accrochage KONNEKTOR doivent être dimensionnés conformément aux prescriptions de l'Avis technique en cours de validité dont ils relèvent, de manière à reprendre les efforts dus à l'action sismique dans les conditions prévues au chapitre 4.3.5 de la norme NF EN 1998-1 avec un coefficient q_a pris égal à 2. A défaut de justification particulière, la composante horizontale de l'effort dû à l'action sismique doit être reprise par les soutiens seuls dont la charge admissible en situation sismique est indiquée dans l'Avis Technique en cours de validité du procédé KONNEKTOR. Les soutiens coulissants participent à la reprise de la composante de l'effort perpendiculaire à leur direction de mouvement. De plus, les soutiens doivent se situer dans une zone de béton fretté.
- Les panneaux intérieurs non porteurs ou ne participant pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment doivent être dimensionnés conformément à l'article 4.3.5 de la norme NF EN 1998-1, avec $R_{Rd} = R_{Rk} / \gamma_m$, et R_{Rk} valeur de résistance caractéristique issue des essais de caractérisation des connecteurs sous sollicitations dynamiques. Les fixations à la structure doivent être dimensionnées pour une utilisation en béton fissuré. Enfin, les systèmes de fixations des panneaux à la structure doivent être conçus de telle sorte que le panneau ne soit pas mis en charge par la déformation de la structure.
- Dans le cas particulier des rails et douilles HALFEN, à défaut d'essais dynamiques sur les systèmes de fixation, le dimensionnement doit être effectué en déduisant la charge résistante de calcul de la charge de calcul statique déterminée selon l'ETE en cours de validité dont ils relèvent par application d'un coefficient de sécurité de 2,5.
- La structure comportant des panneaux non porteurs doit être dimensionnée à l'état de limitation des dommages suivant le § 4.4.3.2 de la norme NF EN 1998-1.
- Les panneaux intérieurs porteurs doivent être conçus conformément à l'article 5.11 « Structures préfabriquées en béton » de la norme NF EN 1998-1.
- Les murs participant au contreventement de l'ouvrage doivent comporter au droit des jonctions verticales, des poteaux dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité avec les armatures en attente des panneaux ; dans ce cas les poteaux doivent comporter au moins une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage ; les prédalles de plancher doivent être calepiniées en conséquence et comporter une échancrure pour le passage des aciers de continuité.
- La vérification du cisaillement à la jonction des panneaux-plancher (joint horizontal entre deux panneaux superposés) doit être réalisée en prenant en compte les aciers d'un tirant vertical sur deux (celui comprimé) conformément aux prescriptions du § 6.2.5 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale et du § 5.4.3.5.2 (4) de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale. Afin d'assurer la résistance au cisaillement des surfaces de reprises des joints horizontaux, des armatures complémentaires ancrées dans les zones de clavetage sont mises en place conformément aux prescriptions du Dossier Technique.
- Les largeurs des joints entre panneaux sont déterminées par le titulaire en fonction de l'accélération sismique et du nombre de connecteurs à partir des raideurs moyennes en cisaillement des soutiens indiquées dans l'Avis Technique en cours de validité dont ils relèvent. Ces largeurs, indiquées sur les plans, doivent être respectées.

Isolation acoustique intérieure :

- En cas d'exigence acoustique, les joints verticaux doivent être remplis du côté intérieur et extérieur par un mastic souple.
- Par ailleurs, les dormants des menuiseries doivent être au moins partiellement en applique sur la paroi intérieure.

- A défaut de justification particulière, l'isolement entre deux pièces contiguës d'un même niveau ne peut être atteint qu'avec des parois intérieures de panneaux non porteurs d'épaisseur d'au moins 18 cm.
- A défaut de justification particulière, l'isolement entre deux pièces superposées ne peut être atteint avec des panneaux non porteurs que par interposition de bandes anti-vibratiles au droit des joints horizontaux (au niveau des nez de plancher), le remplissage des joints par un mortier de matage étant proscrit pour éviter une configuration de jonction acoustique « filante » entre deux niveaux.
- Dans tous les cas où les murs de façade sont réalisés avec les panneaux non porteurs, leurs jonctions avec les nez de refends et de planchers doivent être traités avec des joints souples.
- Dans le cas de panneaux porteurs, les indices acoustiques K_{ij} sont assimilables à ceux d'une jonction en T en béton homogène. Les performances acoustiques de l'ouvrage peuvent alors être calculés à l'aide des normes européennes de calcul EN 12354-1 à 4. De plus, les épaisseurs des murs de refends et de planchers vis-à-vis de l'isolement acoustique peuvent être surdimensionnées pour tenir compte de la faible épaisseur éventuelle des parois intérieures des panneaux porteurs.
- Le relevé d'étanchéité des planchers haut extérieur (par exemple toitures-terrasses) n'est pas admis sur la peau extérieure des murs.
- Les documents fournir par le titulaire et/ou le BET Structure sont :
 - Les plans de calepinage,
 - les plans de coffrage et de ferrailage ;
- L'aptitude au levage n'est pas visée dans le présent Avis.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine proposé est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 mai 2022.

CONDITIONS DE FABRICATION

- Afin de respecter les conditions d'ancrage du système de liaison entre voiles, la résistance caractéristique à la compression du béton des panneaux doit être au minimum de classe C 35/45.
- La tolérance Δc_{dev} sur l'enrobage du ferrailage et des inserts dans la paroi extérieure doit être prise égal à 15 mm en l'absence de calage et à 5 mm si réalisation d'un calage suivant les règles de l'art.
- La résistance caractéristique sur cylindre du béton des panneaux au démoulage (à 1 jour) doit être au moins égale à 15 MPa.
- Les armatures constituant les panneaux doivent faire l'objet d'une certification telle que décrite dans le Dossier Technique du demandeur.
- Le processus de fabrication des panneaux doit comporter un contrôle sur:
 - la bonne orientation des dispositifs principaux de liaison entre voiles de béton avant bétonnage,
 - la bonne implantation vis à vis des bords du panneau des inserts métalliques et des connecteurs,
 - le respect des conditions d'enrobage des armatures non protégées contre la corrosion,
 - les résistances caractéristiques à la compression du béton constituant les deux voiles (cf. ci-avant),
 - les dimensions du panneau.

CONDITIONS DE STOCKAGE ET DE TRANSPORT

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

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

- Les menuiseries doivent être fixées sur la paroi intérieure et être conçues pour permettre la mise en place, dans le joint entre dormant et panneaux en béton, d'une garniture extérieure d'étanchéité à l'eau (mastic sur fond de joint) et d'une garniture intérieure d'étanchéité à l'air.
- Pour constituer la garniture extérieure des joints de panneaux, on doit choisir un mastic élastomère à bas module.
- Les garnitures de mastic des joints entre panneaux doivent être mises en place entre des lèvres de joints dépoussiérées, non mouillées et traitées, si nécessaire, avec un primaire prescrit par le fournisseur de mastic.
- Dans le cas des panneaux porteurs, le joint en pied de panneau doit être entièrement rempli avec un mortier sans retrait, sur une hauteur minimale de 1 cm toute tolérance épuisée.
- Au droit des ouvertures et sur leur périphérie, il convient de respecter les prescriptions de l'IT 249 pour empêcher la propagation du feu au travers de l'isolant. Les pourtours des ouvertures devront être protégés par une bande de laine minérale de 100 mm minimum. Elle pourra être réduite à 50 mm lorsqu'elle est protégée par une brette en acier.
- Au droit de la jonction façade-plancher, les prescriptions du paragraphe 2.2 de l'IT 249 doivent être respectées afin d'assurer l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds et d'éviter la propagation du feu aux niveaux supérieurs.
- Dans le cas de parement en gravillons lavés, le fournisseur des panneaux doit mettre à la disposition de l'entreprise de montage, sur sa demande, un produit de ragréage ayant une granulométrie, un aspect et une coloration identiques à ceux des panneaux livrés.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2
Le président

Roseline LARA VETOUX


3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

A l'occasion de cette révision, le procédé a fait l'objet des modifications suivantes :

- Distinction des gammes de panneaux BARDAL + et BARDAL selon la classe de tolérance de fabrication au sens de la NF EN 14992 (A et B respectivement).

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

Par ailleurs, il est rappelé que le dimensionnement des panneaux doit être réalisé par le bureau d'étude désigné par le titulaire, sur la base d'une étude de transmission des efforts et de descente des charges de l'ensemble de l'ouvrage réalisé par un bureau d'étude extérieur.

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°3.2

David HENRIQUES


Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi

1.1 Principe

Procédés de mur de façade « BARDAL+ à isolation continue et BARDAL à isolation continue » mettant en œuvre des panneaux en béton armé de type sandwich, porteurs ou non porteurs, constitués de deux voiles dont le voile extérieur est librement dilatable, avec interposition d'un isolant (épaisseur de 3 à 15 cm).

Les panneaux sont posés verticalement (côte à côte) ou horizontalement (empilés). Ils ont une épaisseur variant de 24 à 45 cm, une largeur de trame variable jusqu'à 4 m et une longueur pouvant atteindre 14 m quelle que soit leur position en œuvre.

Les deux voiles béton sont reliés entre eux par des connecteurs permettant la libre dilatation de la peau extérieure.

Le voile intérieur de 15 à 30 cm d'épaisseur peut être plein ou nervuré (uniquement pour une fonction non porteuse).

- épaisseur de la peau extérieure:
 - 6 cm pour les panneaux BARDAL+ à isolation continue, qui ont une classe de tolérance A selon la NF EN 14992 (dénommé aussi BARDAL+ dans la suite du texte)
 - 6,5 cm pour les panneaux BARDAL à isolation continue, qui ont une classe de tolérance B selon la NF EN 14992 (dénommé aussi BARDAL dans la suite du texte)

Ces éléments de façade constituent l'enveloppe extérieure de bâtiments et peuvent avoir deux fonctions :

- Eléments de façade non porteurs : ils sont fixés mécaniquement à la structure du bâtiment en fin de réalisation du gros œuvre. Ils sont autoporteurs ou suspendus et ne participent pas au contreventement de la structure.
- Eléments de façade porteurs : ils sont posés à l'avancement du chantier et clavetés sur les planchers coulés en œuvre ou en partie préfabriqués dont ils reprennent les charges permanentes et d'exploitations. Dans ce cas, le voile intérieur participe à la reprise des charges verticales sollicitant l'ouvrage. Ils peuvent également être utilisés comme éléments de contreventement.

Les panneaux verticaux posés en drapeau ou horizontaux formant linteaux ménagent diverses possibilités d'ouvertures.

La face extérieure des éléments est soit lisse, soit constituée d'un parement type désactivé, poli, sablé, matricé ou autre.

1.2 Domaine d'emploi

Etablissement Recevant du Public (ERP), bâtiments tertiaires, de commerces et de logement.

Posés côte à côte ou empilés, ils constituent les murs de façades de bâtiments à ossature en béton ou à ossature métallique (panneau non porteur uniquement).

2. Matériaux

2.1 Béton

Résistance à 28 jours : $f_{ck} = 35$ MPa minimum (classe de résistance C35/45), de consistance et de classification conforme à la norme NF EN 206/CN.

Chaque chantier fait l'objet de la part de l'usine de production du GROUPE EUROBETON FRANCE d'une étude de composition du béton au niveau du dosage en agrégats, pigments, etc., en accord avec le choix de l'Architecte et du Maître d'Ouvrage du projet.

La composition retenue comme échantillon de référence sera identifiée par un numéro définissant la référence du béton ainsi que le traitement de surface du béton durci. La masse volumique du béton constitutif est d'environ 2350 kg/m³.

2.2 Aciers d'armature

- Tous les aciers sont certifiés AFCAB et conformes à la norme NF EN 10080.
- Panneau non porteur :
 - Aciers B 500 Ø 12 à 25 mm.

- Panneaux de treillis soudé B500 HA Ø 6x6/200x200 (ST15C:1,42 cm²/ml) disposés dans l'axe de la paroi extérieure.
- Raidisseurs de rives longitudinales constitués de 1 Ø 7 HA et 2 Ø 5 HA filants et de cavaliers Ø 5 B 500 soudés sur les aciers filants, et inclinés alternativement au pas de 20 cm.
- Raidisseurs de rives transversales de même constitution que les raidisseurs longitudinaux.
- Epingles de liaison Ø 2,8 en acier inoxydable Z6 CNDT 17-12 de 600 N/mm² de limite élastique (type 5440 de DEHA).
- Boîtes d'attentes HBT de HALFEN: Aciers soudable pour béton armé en barre à verrou de nuance B 500.
- Panneau porteur (paroi intérieure pleine) : Les armatures sont dimensionnées au cas par cas par le bureau d'études techniques en fonction des charges horizontales et verticales appliquées au panneau.

2.3 Accessoires métalliques de levage et de fixation

Le dimensionnement et la disposition des accessoires de levages et de fixations sont réalisés par le bureau d'études structure EUROBETON.

2.3.1 Levage

- Ancres HALFEN-DEHA de levage incorporées sur la rive haute des panneaux verticaux.
- Ancres HALFEN-FRIMEDA de levage incorporées sur la rive longitudinale des panneaux horizontaux et verticaux.

Le béton comprenant les éléments de levage doit présenter au minimum une résistance à la compression de 15 MPa lors du premier levage (en cohérence avec les essais expérimentaux menés par la société HALFEN).

2.3.2 Liaison des deux voiles

- Les deux parois en béton constituant les panneaux sandwich BARDAL+ et BARDAL sont reliées entre-elles à travers l'isolant thermique par le système d'accrochage KONNEKTOR (procédé qui fait l'objet d'un Avis Technique) qui comprend :
 - Pour les soutiens fixe et coulissant : profil (rail) Fe 37 en acier zingué, goujon ST52,3 DIN 17100 en acier galvanisé et ressort (fretage) à 5 spires, pas 12,5 mm soudé à une rondelle de diamètre 120 en acier zingué
 - Pour les connecteurs:
 - entretoise isolante (polystyrène expansé : densité > 25kg/m³)
 - tube plastique (nylon chargé à la fibre de verre à 30%)
 - câble en acier inoxydable (double câble de diamètre 3mm de 20 fils de 0,5mm de diamètre) ; E = 65000 MPa, $\epsilon_{rupture} = 10\%$.
- Le dimensionnement et la disposition du système de liaison KONNEKTOR entre les deux voiles est conforme à l'Avis Technique dont il relève.

2.3.3 Fixation sur site

- Panneaux porteurs :
 - Armatures en attentes dimensionnées par le bureau d'études structure en charge du projet.
 - Les liaisons horizontales en partie basse sont assurées de différentes manières:
 - ponctuelles par des liaisons brochées (barres HA B500) entre panneaux ou sur fondations filantes,
 - encuvées dans la fondation,
 - clavetées avec la fondation.
- Panneaux non porteurs :
 - Rails 42 x 21 x 2,5 type HALFEN avec pattes de fixation et carrés crantés, en acier galvanisé.
 - UPN et équerres pour panneau suspendu hors zone sismique: acier de nuance S235JR avec traitement anti corrosion (galvanisation selon EN ISO 1461, peinture selon EN ISO 12944 ou métallisation selon EN ISO 2063), adapté à la classe d'exposition et la catégorie de corrosivité (voir figure D3).
 - Sur ossature métallique, crapaud boulonné sur les rails avec une barette anti-rotation. En zone sismique, ajout d'une plaque interposée entre le panneau et le profil métallique bloquant l'entraxe des boulons de serrages des crapauds (voir figure D8).

- Fixation des panneaux suspendus non porteurs :
- Boîtiers à pattes d'ancrage système Ercole de BS ITALIA (supports 80x50x8 et 100x80x10) en acier de nuance Fe 510 D1, ou équivalent, Norme EN 25-72 et Norme NF EN 10025 ; (REH = 355 N/mm²; Rm = 490-630 N/mm²; A = 22 %) incorporer dans les panneaux verticaux pour support de panneaux sur ouverture ou pour panneaux horizontaux formant linteaux.
- En zone sismique, corbeaux Girella et Tirella de RUREDIL en acier zingué électrolytique de 25 µ : gammes Girella 60 et 120 kN et gamme Tirella 60 kN.

Les liaisons horizontales en partie basse sont assurées de différentes manières :

- par emboîtement tenon mortaise,
- ponctuelles sur massif de fondation avec interposition d'un appui néoprène.
- ponctuelle par liaison brochée (barres HA B500) au droit des ouvertures entre panneaux ou sur massif intermédiaire.

2.4 Isolants

La nature et les épaisseurs de l'isolant dépendent de la performance thermique exigée par le projet.

Les isolants utilisés répondent aux certifications ACERMI.

Les caractéristiques minimales des isolants sont I2-S1-O2-L3-E2 en référence au guide du référentiel ACERMI.

2.4.1 Polyuréthane

Panneau d'isolation thermique en mousse de polyuréthane rigide

Conductivité Thermique $\lambda=0.022\text{W/mK}$.

Épaisseur de 30mm à 150mm, suivant performance thermique exigée par le projet.

Isolant référencé KNAUFthane22-KNAUF Thane Mur 22 bénéficiant du certificat ACERMI N°10/007/678 ou équivalent.

2.4.2 Polystyrène

Polystyrène expansé de référence CM bénéficiant du certificat ACERMI 85/B/07/090/5 ALSATHERM - 200.

Conductivité Thermique $\lambda=0.032\text{W/mK}$.

Épaisseur de 30 mm à 150 mm, suivant performance thermique exigée par le projet.

2.4.3 Laine de Roche

Plaques en laine de roche rigide, assurant une barrière coupe feu au droit des ouvertures et des réservations, bénéficiant du certificat ACERMI 04/015/305.

Pour les isolants non revêtus, une feuille de polyané sera interposée entre l'isolant et le béton de la paroi extérieure afin d'assurer une désolidarisation des deux matériaux.

Elles seront équipées d'un écran pare vapeur qui s'interposera entre la paroi intérieure et l'isolant afin d'éviter les risques de condensation.

Conductivité Thermique $\lambda=0.034\text{W/mK}$.

Épaisseur de 30 mm à 150 mm, suivant performance thermique exigée par le projet.

2.4.4 Liège

Panneau d'isolation thermique expansé en liège.

Conductivité Thermique $\lambda=0.040\text{W/mK}$.

Épaisseur de 30mm à 150mm, suivant performance thermique exigée par le projet.

Isolant référencé CORKISOL bénéficiant du certificat ACERMI N°03/049/270.

2.4.5 Polycyanuréthane

Panneau d'isolation thermique en mousse de Polycyanuréthane rigide revêtu sur chaque face soit :

- D'une feuille d'aluminium
- D'une voile de verre surfacé
- D'une voile de verre bitumé
- D'un complexe multicouche

Conductivité Thermique $\lambda=0.023$ à 0.026W/mK suivant modèle.

Épaisseur de 30 à 120 mm, suivant performance thermique exigée par le projet.

2.5 Joints d'étanchéité entre panneaux

2.5.1 Joints horizontaux

- Emboîtement par rejingot (bâtiment à usage autre qu'industriel, hauteur minimale du rejingot de 5 cm) :

Joint d'étanchéité à l'air type Compriband, côté intérieur en partie supérieure du rejingot.

Les différentes solutions nécessitent la mise en place, en usine, d'un complément d'étanchéité par bavette collée (type BANDE AT de ATE Vitratec) pour protéger l'isolant des infiltrations éventuelles.

Au montage, on disposera également un morceau de bavette collée pour ponter le joint entre panneau conformément au détail B1 en Annexes.

- Bâtiments à usage industriel (voir Annexe C) : joint avec simple garniture extérieure de mastic élastomère de 1^{ère} catégorie sur fond de joint en mousse au niveau du voile extérieur et avec emboîtement longitudinal par tenon-mortaise.

Entre panneaux et longrines (voir détail C2 en Annexe) : cordon pré-comprimé de mousse imprégnée (type COMPRIBAND) + Mastic élastomère de 1ère Catégorie appliqué sur fond de joint.

La largeur u_j du joint devra respecter la règle suivante :

$u_j \geq \max \{ \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{\max} + 15 \text{ mm} ; 2 \cdot u_{\text{sis}} + 15 \text{ mm} \}$ avec $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (coefficient de dilatation thermique du béton), $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ (variation de température), L_{\max} la distance entre deux points fixes successifs de panneaux encadrant un joint, u_{sis} le déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique (éviter les risques d'entrechoquement : voir §4.34 du Dossier Technique) et 15 mm les tolérances de fabrication par défaut (10 mm) et les tolérances de pose (5mm).

2.5.2 Joints verticaux

Bâtiments à usage autre qu'industriel :

- Elastomère type SIKA

Joint d'étanchéité classique de 1^{ère} Catégorie appliqué sur fond de joint au niveau du voile extérieur avec chambre de décompression.

- Joint mécanique à gouttière type COUVRENEUF : joint d'étanchéité à l'eau mis en place au niveau du voile extérieur.
- Joint néoprène type JD COUVRENEUF

Joint d'étanchéité à l'air type Compriband côté Intérieur.

Dans tous les cas, mise en place d'une bavette de rejet d'eau au droit du joint horizontal entre panneaux.

Bâtiments à usage industriel (voir Annexe C) : Joint d'étanchéité classique de 1ère Catégorie appliqué sur fond de joint au niveau du voile extérieur sans chambre de décompression et avec emboîtement latéral par rainure et languette.

La largeur u_j du joint devra respecter la règle suivante :

$u_j \geq \max \{ \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{\max} + 15 \text{ mm} ; 2 \cdot u_{\text{sis}} + 15 \text{ mm} \}$ avec $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (coefficient de dilatation thermique du béton), $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ (variation de température), L_{\max} la distance entre deux points fixes successifs de panneaux encadrant un joint, u_{sis} le déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique (éviter les risques d'entrechoquement : voir §4.34 du Dossier Technique) et 15 mm les tolérances de fabrication par défaut (10 mm) et les tolérances de pose (5mm).

2.5.3 Pièces complémentaires

- Si un degré coupe-feu est requis pour le projet, alors, le joint entre panneaux, au droit du voile intérieur sera coupe-feu, du type VEDA FEU.

- Au droit des ouvertures et sur leur périphérie, il est respecté les prescriptions de l'IT249 pour empêcher la propagation du feu au travers de l'isolant. Les pourtours des ouvertures sont protégés par une bande de laine minérale de 100 mm minimum.

- Dans le cas des bâtiments à étage(s), afin de couper un éventuel effet de cheminée dans l'espace dédié à l'isolant entre les niveaux d'un ouvrage, une bande de laine de roche de densité 100 à 150 kg/m³ est mise en œuvre sur la partie inférieure de l'isolant combustible en pied de mur et sur les façades en débord. Il en est de même en pied de panneau tous les deux niveaux au moins. Ces bandes de laine de roche, intégrées à la préfabrication, font 5 cm de large quand elles sont protégées par une bavette métallique, 10 cm de large dans le cas contraire et sont de même épaisseur que l'isolant combustible intégré dans les éléments BARDAL+ et BARDAL.

3. Description des éléments

3.1 Panneaux verticaux aveugles

3.1.1 Dimensions

Les panneaux ont une largeur variable jusqu'à 4 m (standard 2,50 m) et une hauteur variable jusqu'à 14m de portée, sans excéder une surface maximum de 40 m².

Ils comportent de l'extérieur vers l'intérieur :

- Une peau béton armée d'un treillis soudé HA \varnothing 6 x 6/ 200 x 200 (ST15C: 1,42 cm²/ml) disposé dans l'axe du voile. L'épaisseur de la peau extérieure est de :
 - 6 cm pour les panneaux BARDAL+ en classe de tolérance A selon la NF EN 14992
 - 6,5 cm pour les panneaux BARDAL en classe de tolérance B selon la NF EN 14992
- une couche continue d'isolant (de polyuréthane ou polystyrène) de 30 à 150 mm d'épaisseur, réduite à 10 mm au droit du point de soutien fixe et mobile qui sont ancrés dans une console en béton armé de 20 x 20 cm.
- Une peau béton pleine (obligatoire pour panneau porteur ou pour panneau non porteur avec exigence au feu) ou nervurée constituée d'un tympan de 6 cm d'épaisseur raidi par des nervures, entre lesquelles sont disposées des plaques de polystyrène expansé référence CM ou des plaques en laine de roche. Pour les bâtiments à usage industriel, l'épaisseur du tympan pourra être ramenée à 5,5 cm pour les panneaux BARDAL, et à 5,0 cm pour les panneaux BARDAL+. La nervure périphérique des panneaux non porteurs à une section béton de 17 cm de largeur. On trouve également de deux à quatre nervures horizontales de 10 cm de largeur. Les armatures des panneaux pleins porteurs sont dimensionnées au cas par cas selon les efforts à reprendre. L'épaisseur du voile intérieur est comprise entre 15 et 30 cm. L'épaisseur minimale du voile intérieur au droit des soutiens (fixe et mobile) est de 15 cm.

Les deux peaux sont reliées par des connecteurs en acier inoxydable de longueur et quantité variables selon l'épaisseur et la dimension de la peau béton extérieure librement dilatable.

Les dimensions du tenon/mortaise doivent être adaptées en fonction de l'épaisseur du joint, avec une pénétration nominale de 20 mm dans le panneau adjacent.

Les nervures transversales intermédiaires sont armées avec 2 aciers filant \varnothing 10 HA par nervure.

L'enrobage minimum des aciers du côté de la peau extérieure est fixé réglementairement suivant la classe d'exposition du projet, avec un minimum de 25 mm.

3.1.2 Levage et manutention

La rive longitudinale présentant la languette comporte deux ou quatre ancrages de manutention (type HALFEN-FRIMEDA). Celles-ci sont situées au droit des nervures transversales dans le cas des panneaux nervurés et la languette est interrompue au droit des ancrages.

La rive haute est plane et présente deux ancrages de manutention (type HALFEN-DEHA) situées à 20 cm des extrémités et dans l'axe du panneau.

3.1.3 Matériaux de Parement :

- Béton désactivé : application d'un retardateur de prise en fond de moule, puis lavage à l'eau sous pression après démoulage pour laisser apparaître en parement les granulats du béton.
- Béton matricé : résine préformée collée en fond de moule.
- Béton poli : après démoulage et maturité du béton, polissage par passes successives, à l'aide de meules adaptées pour laisser apparaître en parement les granulats du béton, tranchés et polis.
- Béton sablé : après démoulage et maturité du béton, projection d'un matériau abrasif sous pression (sable silicieux, corindon,..) afin de « casser » la peau du béton et laisser apparaître en parement les sables contenus dans le béton.
- Autres

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

3.2 Panneaux verticaux avec baie complète

De même constitution que les panneaux aveugles, ils présentent en partie courante des ouvertures dont la périphérie est armée de raidisseurs. Les meneaux ont une largeur minimale de 25 cm.

3.3 Panneaux horizontaux

3.3.1 Dimensions

De même constitution que les panneaux verticaux, hauteur variable jusqu'à 4 m (standard 2,50 m) et longueur possible jusqu'à 14 m, sans excéder une surface maximum de 40 m².

Ils présentent des rives verticales généralement planes.

Les nervures latérales ont une largeur courante de 17 cm pour les panneaux non porteurs.

Des baies peuvent être incorporées dans les panneaux horizontaux, en respectant 15 cm minimum de nervure en pourtour de baie pour les panneaux non porteurs.

3.4 Systèmes de fixations

3.4.1 Panneaux verticaux non porteurs

En partie basse, Les panneaux verticaux non porteurs reposent sur des longrines en béton armé pouvant être préfabriquées ou coulées en place de hauteur, longueur et épaisseur variable présentant ou non des encoches d'appui en rives. La rive supérieure des longrines porte dans son axe un tenon béton ou métallique filant de section trapézoïdale 4 x 6 x 3 cm (hauteur). La rive basse du panneau présente en continuité de la rainure longitudinale une rainure pour emboîtement sur la longrine.

En partie haute, les panneaux non porteurs sont reliés à la structure avec des rails.

Latéralement, les rives longitudinales présentent des profils complémentaires de rainure et languette pour emboîtement à la pose des panneaux non porteurs.

3.4.2 Panneaux horizontaux non porteurs empilés

Les panneaux horizontaux non porteurs sont empilés les uns sur les autres par la présence du tenon mortaise et avec mise en place d'un joint néoprène disposé à chaque extrémité afin de transmettre directement leur poids propre aux fondations (Cf détail B4 en Annexes).

Les dimensions du tenon/mortaise doivent être adaptées en fonction de l'épaisseur du joint, avec une pénétration nominale de 20mm dans le panneau sous-jacent.

En partie haute, les panneaux non porteurs sont reliés à la structure avec des rails.

Lorsque la hauteur du bâtiment nécessite d'empiler un grand nombre de panneaux non porteurs, il peut être décidé de limiter l'empilement à 3 panneaux et de suspendre ceux-ci à partir du 4^{ème}. Cette préconisation peut s'avérer nécessaire afin d'éviter les efforts d'arrachements dans les rails pouvant naître des excentricités dues aux tolérances de montage.

3.4.3 Panneaux horizontaux non porteurs suspendus

Les nervures latérales peuvent être équipées en pied de 2 boîtiers de repos du système ERCOLE de la société BS ITALIA ou GIRELLA et TIRELLA de la société RUREDIL, permettant un réglage dans les trois directions principales pour les panneaux suspendus (Cf détails D.1 et D.2 en Annexes).

En partie haute, les panneaux sont fixés à la structure à l'aide de rails.

3.4.4 Panneaux porteurs empilés

L'empilage des panneaux horizontaux porteurs se fait avec la mise œuvre d'une liaison brochée. Un joint de mortier maté est réalisé entre les panneaux.

La liaison du plancher sur les panneaux porteurs se fait par clavetage béton armé, soit directement sur le voile intérieur, soit par l'intermédiaire d'une console filante à l'arrière de ce voile (voir détails en Annexes E et F).

3.5 Panneaux pour ouvertures

- Ouvertures ménagées par la réalisation d'encoches sur les rives de 2 panneaux adjacents supportant le panneau formant linteau; dans ce cas la nervure de rive des panneaux nervurés suit le profil des encoches ;
- Panneaux verticaux non porteurs en drapeau formant encadrement de porte. Ils sont brochés en pied dans la longrine et fixés mécaniquement en tête sur la poutre de toiture (Cf détail D.4 en Annexes).

3.6 Panneaux d'angle

Panneaux avec voiles extérieures en retour ou formant un bec d'oiseau. Une continuité d'isolant (interposition d'un isolant compressible type laine de roche en cas de retour) et d'étanchéité est assurée (voir les détails B2 et B3 en Annexes).

4. Dimensionnement

Le bureau d'études d'EUROBETON réalise l'ensemble des études (descente de charge de l'ouvrage, note de calcul, plans d'ensemble calepinés, fiches de fabrication Coffrage-Ferraillage) à partir des documents particuliers du marché (DCE,...).

Le bureau d'études d'EUROBETON peut aussi réaliser le dimensionnement des panneaux sur la base d'une étude de transmission des efforts et de descente des charges de l'ensemble de l'ouvrage transmise par le bureau d'études structure de son client.

Le bureau d'études d'EUROBETON peut aussi recevoir directement du bureau d'études structure de son client les plans d'ensemble calepinés et la note de calcul des panneaux contenant les schémas type de ferraillage pour réaliser les fiches de fabrication Coffrage-Ferraillage.

4.1 Panneau non porteur :

Dans le cas d'éléments non porteurs (peau intérieure nervurée ou peau intérieure pleine en cas d'exigence au feu), les dimensions des panneaux sont déterminées en fonction de l'épaisseur de la nervure ou de la paroi pleine, des efforts horizontaux (vent, séisme, etc...) et des capacités de levage en usine et sur site.

Le calcul est réalisé en flexion simple. Pour les panneaux nervurés, les efforts sont transmis par le voile aux nervures. Le calcul des armatures des nervures est réalisé en considérant une poutre en T ou rectangulaire suivant la direction de l'effort étudié.

La stabilité du panneau sous effet gravitaire dû au poids propre est assurée par le voile intérieur qui se comporte comme une poutre sollicitée en flexion simple entre appui néoprène.

La liaison haute des panneaux avec l'ossature est conçue coulissante pour permettre des mouvements différentiels importants entre panneaux et ossature.

En ce qui concerne le choix des supports des panneaux horizontaux suspendus, le système Ercole de B.S. ITALIA (ayant fait l'objet d'essais réalisés en Italie par le laboratoire ISMES spa à Bergame rapport n°REL-DIS-1157/92) et les systèmes Girella et Tirella de RUREDIL (ayant fait l'objet d'essais réalisés en Italie par l'institut de recherches et d'essais MASINI et en Autriche par le centre technique CSVB), il est effectué suivant les charges admissibles des systèmes qui sont déterminées sur la base des résultats d'essais.

En ce qui concerne le système Ercole de B.S. ITALIA, seuls les supports 80*50*8 et 100*80*10 mm, respectivement de charges admissibles 50 kN et 100 kN, sont utilisés. La distance maximale nominale entre l'axe d'application de la charge et le plan d'encastrement dans le poteau étant de 10 cm avec un écart de position admissible de plus ou moins 1 cm, les essais ont été effectués avec un bras de levier de 11 cm. Les ruptures observées ont consistées en un éclatement du béton comprimé du support (réalisé en béton de 35 MPa de résistance caractéristique) pour des charges maximales de 135-270kN respectivement pour des supports de 80 x 50 x 8 et de 100 x 80 x 10.

En ce qui concerne les systèmes Girella et Tirella de RUREDIL, seules les gammes GIRELLA 60 et 120 kN et la gamme TIRELLA 60 kN sont utilisées. Les charges admissibles de ces systèmes de fixation sont les suivantes (application d'un coefficient de sécurité de 3 sur la charge de rupture moyenne obtenue lors des essais):

- GIRELLA 60 : $V_{Rd} = 52$ kN
- GIRELLA 120 : $V_{Rd} = 84$ kN
- TIRELLA 60 : $V_{Rd} = 56$ kN

Les rails HALFEN (rails 42 x 21 x 2,5) sont dimensionnés suivant les prescriptions de l'ETE dont ils relèvent.

4.2 Panneau porteur :

Dans le cas des panneaux porteurs, le bureau d'études d'EUROBETON calcul les efforts (verticaux et horizontaux), les équarrissages et les sections d'armatures de la peau intérieure qui est obligatoirement pleine.

Les panneaux porteurs ne participant pas au contreventement transversal sont rotulés en pieds et en tête. Ils sont sollicités à la fois en compression et en flexion transversale par une charge horizontale (vent, séisme,...). Les calculs sont menés en flexion composée.

Les panneaux recevant ponctuellement des poutres de planchers à leur niveau supérieur (charges concentrées) devront assurer la diffusion de la charge ponctuelle à travers le voile intérieur et seront dimensionnés en prenant en compte la position des joints verticaux dans la détermination de la zone de répartition de la charge.

Les panneaux porteurs verticaux et horizontaux peuvent participer au contreventement transversal du bâtiment. Dans ce cas, les liaisons en pieds et en tête peuvent être rotulées ou encastrees et il faut assurer la continuité entre panneaux au niveau des joints (cf détails G1 et G2 en Annexes). La solution rotulée est privilégiée systématiquement en zone sismique.

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

4.3 Règles de dimensionnement :

Le bureau d'étude d'EUROBETON calcul les panneaux suivant les Eurocodes et selon les principes de fonctionnement des murs préfabriqués décrits dans

- les recommandations CEB.
- le DTU 22.1
- les directives rédigées par l'UEAtc

4.3.1 Charges :

Application de l'Eurocode 1 et son Annexe Nationale en fonction de la catégorie et de la localisation du bâtiment.

- Les charges dues au vent sont déterminées suivant la NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale.
- Les parois extérieures peuvent se dilater librement. La variation de température est déterminée suivant les prescriptions de la NF EN 1991-1-5 et son Annexe Nationale. On retiendra une variation de température $\Delta T = 50$ °C.
- Les coefficients affectés aux sollicitations en fonction des combinaisons envisagées aux ELU, sont les coefficients usuels définis par les règles de calculs en vigueur : Eurocode 0 et son Annexe Nationale.

4.3.2 Béton :

Application de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale pour la stabilité interne des parois en béton armé.

4.3.3 Feu :

La stabilité au feu des panneaux est vérifiée suivant la NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale.

En cas d'exigences de résistance au feu, la peau intérieure des panneaux (porteurs et non porteurs) sera obligatoirement pleine.

Les coefficients réducteurs du béton et de l'acier sont calculés en utilisant les tableaux de températures donnés en Annexe J qui ont fait l'objet d'une Note de Calcul n°12 DPM 418 par le CERIB (pour des durées de stabilité au feu de 30, 60, 90, 120, 180 et 240 minutes).

La tenue du voile librement dilatable en situation d'incendie des procédés BARDAL+ et BARDAL a fait l'objet d'une Appréciation de laboratoire n° 2013 CERIB 2474 du CERIB pour justifier la stabilité au feu du voile extérieure librement dilatable en tenant compte de la présence de l'isolant à l'intérieur des murs et de l'utilisation du système KONNEKTOR pour suspendre la peau extérieure à la paroi intérieure. La dimension maximale des panneaux en fonction de la durée de stabilité au feu requise est limitée conformément aux prescriptions des articles K3, K4 et K5 de l'Annexe K du Dossier Technique.

Pour une durée d'exposition au feu allant jusqu'à 240 min, ces prescriptions s'appliquent uniquement dans les conditions suivantes :

- soutien fixe à mi-hauteur H/2 du panneau et deux soutiens mobiles à 0.1H des extrémités du panneau (implantation des soutiens illustrée à aux figures 1, 3, 4, 5 et 6 de l'Annexe K du Dossier Technique).
- panneaux verticaux d'une largeur maximale de 2,5 m
- panneaux horizontaux non porteurs d'une hauteur maximale de 3 m.
- conditions aux limites en pied de panneau et en partie supérieure du panneau conformes aux prescriptions du paragraphe K2 de l'Annexe K du Dossier Technique
- panneaux porteurs avec une distance entre appuis inférieure ou égale à 4m (recoupement par les planchers)
- flèche de la paroi porteuse des panneaux verticaux porteurs, dont la distance entre appuis est supérieure à 4m et supportant un seul plancher à son extrémité, inférieure aux limites admissibles indiquées au tableau 2 de l'Annexe K du Dossier Technique
- Les fixations des panneaux non porteurs faisant l'objet d'une exigence coupe-feu seront calfeutrées par une garniture incombustible sans lacune (type VEDAFEU ou équivalent) conformément au détail D9 en Annexe. Les réservations dans le panneau seront comblées par injection de laine de roche. Pour des degrés de résistance au feu important ($\geq 3H$), les panneaux suspendus pourront être posés sur des corbeaux en béton intégrés à l'ossature.

Les points de soutiens KONNEKTOR devront être disposés à une distance au-dessus des ouvertures égale à la valeur C+D requise pour un panneau incombustible et déterminée selon la destination du bâtiment afin de s'assurer qu'ils ne pourront pas être soumis aux effets de l'incendie par l'extérieur.

4.4 Dispositions parasismiques

4.4.1 Dispositions parasismiques pour les panneaux porteurs

Le dimensionnement en zone sismique des panneaux est fait suivant la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale.

Les panneaux porteurs peuvent participer au contreventement de la structure.

La détermination des efforts sismiques sur un ensemble de panneaux liaisonnés sur leurs bords verticaux est réalisée sur l'hypothèse d'une voile en béton d'épaisseur identique à celle de la paroi intérieure des panneaux.

Dans ce cas, le monolithisme au droit des joints verticaux est assuré par la réalisation d'un clavetage en béton armé coulé en place.

Les efforts horizontaux de contreventement transitent directement au travers des chaînages horizontaux (liaison continue avec le plancher par clavetage) et les chaînages verticaux (clavetage vertical entre panneaux : tirants), avec transmission d'une bielle de compression dans les panneaux (fonctionnement de type « poutre-treillis » ; modèle « bielles-tirants »).

Les murs comportent au droit des jonctions verticales des tirants dans lesquelles sont incorporées des armatures horizontales de continuité avec les armatures en attente des panneaux (couture de cisaillement).

4.411 Sections minimales des chaînages verticaux

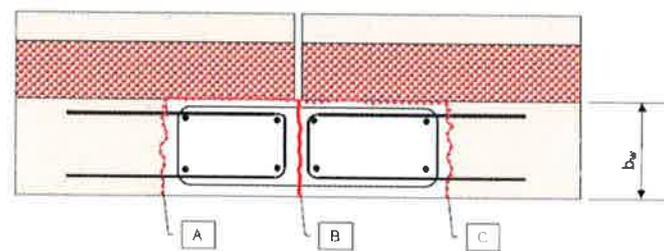
Les armatures verticales assurant la fonction de chaînage vertical (tirant) et placées dans la zone de clavetage sont conformes aux prescriptions du § 5.4.3.5.3(3) de la NF EN 1998-1/NA, soit 3,14 cm² par 4 HA10 en zone courante et 4,52 cm² par HA12 en zone critique.

4.412 Vérification du cisaillement le long des surfaces de reprise

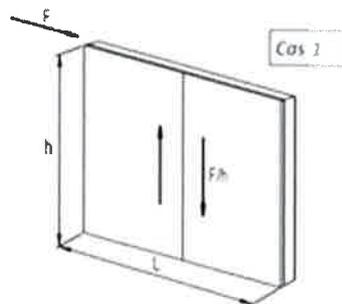
Les rives latérales des panneaux participant au contreventement de l'ouvrage présentent une surface rugueuse obtenue soit par la présence du boîtier de réservation des armatures en attentes, soit en désactivant le béton lors du coulage de la paroi.

Le cisaillement le long des surfaces de reprise du clavetage entre panneaux est vérifié selon les prescriptions suivantes.

Les éventuels efforts de cisaillement générés à l'interface horizontale entre panneaux superposés sont négligeables étant donné le blocage par les tirants verticaux. Les broches assurent principalement la reprise des efforts perpendiculaires au plan de la paroi.



CAS 1 :



$$V_{Edi} = \frac{F}{h}$$

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

$$V_{Edi} / bw \leq V_{Rdi}$$

avec $V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu s_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,50 v f_{ctd}$

où :

- $\rho = \Sigma A_s / (bw \cdot 1,00)$
- A_s la section des armatures cisillées par ml
- b_w la largeur du joint (voir figure ci-dessus). Dans le cas de la mise en place d'une boîte d'attente crantée le long des surfaces de reprises A et C, la largeur du joint à prendre en compte est dans le calcul correspond à la largeur efficace (zone crantée) de la boîte d'attente.
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
- s_n la contrainte engendrée par la force normale externe à l'interface, (S_n est positive si compression avec S_n limitée à 0,6 fcd et négative en traction. Dans ce dernier cas, retenir $c f_{ctd} = 0$)

Dans le cas présent, S_n est prise égale à 0.

- $c = 0,40$ et $\mu = 0,7$ (surface rugueuse présentant des aspérités d'au moins 3 mm de haut espacées d'environ 40 mm). Pour des charges dynamiques, la valeur de c est divisée par 2. (art. 6.2.5 (5) - EC2)
- $\alpha = 90^\circ$ (armatures perpendiculaires au plan de reprise)
- v = coefficient de réduction de la résistance
- f_{ctd} est défini au paragraphe 3.1.6 de la NF EN 1992 1-1 (résistance de calcul à la traction)

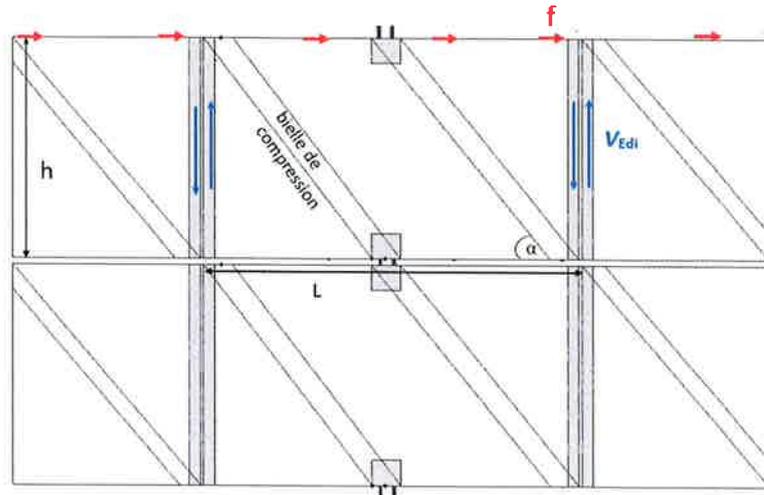
Le plan B est ferrailé avec la même section d'acier que le plan A.

Détermination de l'effort sollicitant

Le coefficient de comportement q est calculé selon l'Article 4.3.5 de la NF EN 1998-1 pour les panneaux non porteurs et selon l'Article 5.11 du même règlement pour les panneaux porteurs. Le coefficient de réduction k_p , dépendant de la capacité de dissipation d'énergie des structures préfabriquées est pris égal à 1,0 - art. 5.11.1.4 - EC8.

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

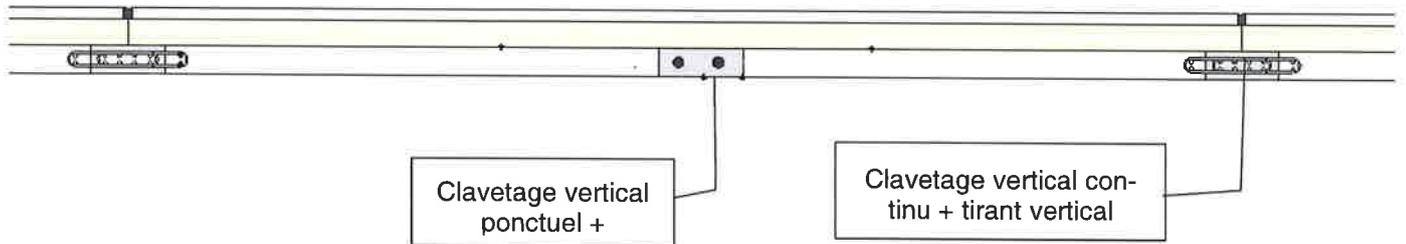
CAS 2 :



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

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

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



4.5 Dispositions parasismiques pour les panneaux non porteurs

4.5.1 Schémas statiques

Panneau vertical

En partie basse le panneau est posé sur la longrine. Hors plan, l'emboîtement est assuré par un système tenon-mortaise.

En tête, les rails sont positionnés horizontalement de façon à permettre le déplacement de la structure sans mettre en charge les panneaux.

Panneaux horizontaux empilés

En partie basse le panneau est posé sur le panneau inférieur. En partie haute, les rails sont positionnés horizontalement de façon à permettre le déplacement de la structure sans mettre en charge les panneaux.

Panneaux horizontaux suspendus

En partie basse, le panneau repose sur des consoles GIRELLA ou TIRELLA, qui permettent un libre déplacement latéral du panneau par rapport à la structure (+/- 4,5 cm pour un panneau de hauteur maximale 3 m).

En partie haute, les panneaux sont reliés à la structure avec des rails positionnés verticalement.

4.5.2 Détermination de l'effort sismique

Dans le cas de panneaux non porteurs ou ne participant pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment, ces éléments sont considérés non structuraux conformément à l'article 4.3.5 - EC8. Un coefficient de comportement q_a égal à 1 conformément au tableau 4.4 - EC8 est retenu.

Les assemblages des éléments préfabriqués devront respectés les dispositions générales indiquées à l'article 5.11.2.

Il conviendra de calculer l'effort sismique que génère la peau librement dilatable suivant l'Article 4.3.5 de la NF EN 1998-1 et de vérifier que :

$$F_{a(horizontal)} = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \leq \frac{V_{rd,sis}}{n}$$

- Avec $q_a = 2$

- n : Nombre de point fixe ou mobile reprenant l'effort sismique F_a .
- $V_{rd,sis}$: Charge résistante de calcul en situation sismique par point de soutien déterminée conformément aux prescriptions de l'Avis Technique dont relève le système KONNEKTOR.
- $q_a = 2$ conformément à l'Avis Technique du procédé KONNEKTOR

La largeur des joints u_j entre les peaux librement dilatables devra être déterminée de façon à ce que le déplacement des parois extérieures sous sollicitations sismiques u_{sis} soit inférieur à $u_j/2$ (avec prise en compte des tolérances de pose) afin d'éviter le risque d'entrechoquement entre deux panneaux contigus :

$$u_{sis} = \frac{F_{a,ind}}{K_{dyn}}$$

avec :

u_{sis} : déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique

$$F_{a,ind} = \frac{F_{a,horizontal}}{n}$$

K_{dyn} : raideur moyenne en cisaillement dynamique des points de soutiens donnée dans l'Avis Technique du procédé KONNEKTOR

u_j : largeur des joints (avec prise en compte des tolérances de pose)

- Dans le tableau ci-dessous sont indiquées les valeurs du coefficient « k_{ampli} » par lequel il faut multiplier le poids de l'élément non structural pour obtenir la force sismique horizontale appliquée à un élément de façade (à défaut d'un calcul précis suivant le §4.3.5 de la NF EN 1998-1 tenant compte de la situation de l'ouvrage, de la classe de sol, ...)

- Valeurs du coefficient « k_{ampli} » :

Catégorie	Zones sismiques			
	1	2	3	4
I				
II			1,11	1,61
III		0,85	1,33	1,94
IV		0,99	1,55	2,26

5. Fabrication et contrôles

5.1 Sites de production

La fabrication des éléments en béton est réalisée par le Groupe EUROBETON FRANCE dans ses usines.

EUROBETON

Le Rival CD519, 38870 St Siméon de Bréssieux

SOCAREL

38, ZI Grande Terre, 38540 HEYRIEUX

PBM

26, Quartier Bel Air, 26780 MALATAVERNE

PBM

13, RD 561 La Boissière, 13640 LA ROQUE D'ANTHERON

PBM

31, Route de Lafitte, 31390 CARBONNE

IDBAT SAS

ZA les Triboulières, 26190 ST NAZAIRE EN ROYANS

5.2 Fabrication

Les panneaux « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL à isolation continue » sont coulés à plat sur un banc de préfabrication de 100 m de longueur et 2,50 m de largeur standard (largeur de trame) soit pour une position finale verticale, soit pour une position finale horizontale. Les opérations d'un cycle se déroulent dans l'ordre suivant :

- nettoyage du banc,
- mise en place éventuel d'un retardateur ou d'une matrice dans le cas de panneau désactivé (papier ou vernis retardateur) ou matricé,
- calepinage du banc (mise en place des éléments de coffrage : joues et encadrement de baies, insert, ...),
- Si la nature du béton de parement le permet, mise en place des cales d'enrobage et de l'armature de la peau librement dilatable. Si la nature du parement ne permet pas la mise en place de cales, suspension du treillis par l'intermédiaire de crochets soudés sur un profil traversant le moule et lui-même posé sur les joues du moule. Mise en place du rail et des goujons composant les soutiens de liaison entre les deux voiles,
- coulage de 3cm de béton de parement dont l'épaisseur est assurée à l'aide de gabarits et vibration du béton,
- dès la "prise" de ce béton, mise en place du béton gris "structurel" "frais sur frais", pour assurer le monolithisme du béton (coulage de la paroi extérieure ramené à une seule étape pour les parements gris avec interposition de cales d'enrobage).
- mise en place immédiate de la couche continue d'isolant (polyuréthane ou polystyrène) et des plaques d'isolant (polystyrène ou laine de roche ou liège) réservant les nervures (si panneaux nervurés),
- Mise en place des épingles inox et des inserts éventuels dans le béton frais,
- Mise en place des ressorts du système de liaison, percement des couches d'isolants avec un poinçon et mise en place des connecteurs du système de liaison entre les deux voiles en enfonçant les fils dans la gaine jusqu'en butée (Voir détail A4 du dossier technique),
- mise en place du ferrailage complémentaire (raidisseurs, barres, treillis supérieur...) à l'aide de cales de positionnement en matière plastique, intégration éventuelle de gaines PVC (réseaux électriques, ...)
- bétonnage des nervures (si panneaux nervurés ; vibration) et du voile intérieur dont la surface est talochée à la règle vibrante,
- mise en route, si nécessaire, de l'étuvage (surtout en hiver) constitué par un réseau, sous la piste, de canalisations d'eau chaude, la température ne dépassant jamais 40°C,

13. le lendemain, après enlèvement des capots disposés sur les panneaux, les joues latérales de la piste s'écartent hydrauliquement donnant l'accès aux parties latérales du panneau ; celui-ci est relevé « sur chant » par l'intermédiaire des ancrs spéciales, disposées sur la longueur du panneau et qui ont été étudiées afin que les crochets ne puissent pas venir en appui sur le béton du fait d'une butée ; cette opération est réalisée à l'aide d'un pont roulant et d'un palonnier particulier ou de deux ponts suivant la longueur du panneau ; les panneaux sont alors stockés dans la même position sur des chevalets appropriés,

14. évacuation sur lorries,

15. traitement s'il y a lieu (ex. nettoyage des gravillons lavés),

16. stockage sur parc ; manutention à l'aide d'un pont à 2 treuils ; les panneaux sont posés sur chant.

17. redémarrage d'un cycle,

5.3 Contrôles

Un autocontrôle de la fabrication est en place dans les usines pour les panneaux « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL à isolation continue » qui font l'objet d'un marquage CE répondant à la norme NF EN 14992 .

Le contrôle débute sur la réception des armatures, se poursuit durant la fabrication (coffrage, mise en place des armatures avec contrôle visuel du treillis soudé posé sur la couche de béton de parement de 3cm après vibration et durcissement de celle-ci, mise en place des inserts, positionnement des éléments de levage, coulage et résistance du béton, décoffrage) et s'achève par l'envoi du produit au contrôle des produits finis sanctionné par un marquage (contrôle d'aspect, dimensions, finitions, stockage, ...).

Chaque panneau est muni d'une fiche d'autocontrôle et d'une étiquette d'identification qui valide la conformité du produit.

Les fournisseurs de matières premières transmettent des analyses régulières de leurs produits.

Par ailleurs, un laboratoire permet d'effectuer chaque jour des tests de résistance des divers bétons sur éprouvettes (résistances mécaniques à 1 jour, 7 jours et 28 jours).

5.31 BARDAL+ à isolation continue

L'ensemble des contrôles est réalisé d'après la NF EN 14992 et le référentiel NF 418 « éléments architecturaux en béton fabriqués en usine ». Le procédé BARDAL+ fait l'objet d'une certification NF 418 « éléments architecturaux en béton fabriqués en usine ».

- La classe de tolérance pour le procédé « BARDAL+ à isolation continue » est la classe A selon la NF EN 14992.

5.32 BARDAL à isolation continue

L'ensemble des contrôles est réalisé d'après la NF EN 14992.

- La classe de tolérance pour le procédé « BARDAL à isolation continue » est la classe B selon la NF EN 14992.

Marquage :

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

- Date de production
- Poids de l'élément
- Repère de l'élément
- Nom du client et du projet
- Nom de l'usine de production

6. Mise en œuvre

Les opérations se déroulent dans l'ordre suivant :

6.1 Calepinage de la façade

Implantation de la position des panneaux BARDAL+ et BARDAL à isolation continue.

6.2 Déchargement des panneaux :

Les panneaux sont chargés sur chant sur des supports appropriés fixés au camion. Afin que l'enlèvement d'un produit ne compromette pas la stabilité du reste du chargement et que celle-ci soit assurée pendant les déplacements à l'intérieur du chantier, les panneaux arrivent accrochés au support indépendamment les uns des autres.

Ils ne sont désolidarisés du support qu'une fois repris par la grue.

6.3 Levage des panneaux :

Les panneaux sont levés à l'aide d'une grue double treuil de puissance adaptée au poids des panneaux.

Pour un panneau vertical, l'un des treuils reprend deux ancrs de levages latéraux et l'autre treuil reprend les deux ancrs de manutention de la rive haute.

Lorsque le panneau est vertical, il est posé au sol et maintenu suspendu par les élingues en partie haute. On décroche alors les élingues de levage du second treuil.

6.4 Pose des panneaux :

Le panneau suspendu par la grue est amené à sa position déterminée auparavant.

Collage d'une bande de mousse polyuréthane dans les joints verticaux entre les panneaux pour assurer une continuité de l'isolant (voir détails B2 ou B3 en Annexe).

Panneaux verticaux non porteurs :

Il est posé sur la longrine et calé (ajustage vertical et horizontal par interposition de cales plastiques)

Une fois le panneau positionné correctement, il est accroché à la structure à l'aide des fixations appropriées.

La fixation des éléments s'effectue au moyen d'un échafaudage roulant ou d'une nacelle situés à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment. On peut alors procéder au décrochage des élingues du panneau.

Traitement des joints entre panneaux : suivant §2.5 du dossier technique.

Panneaux horizontaux non porteurs :

Il est soit posé sur la longrine et calé (ajustage vertical et horizontal par interposition de cales plastiques), soit posé sur appuis néoprènes sur les massifs de fondation ou le panneau inférieur (appuis néoprènes aux extrémités).

Au droit des ouvertures, les panneaux horizontaux formant linteaux sont soit brochés sur le panneau horizontal inférieur soit suspendu aux panneaux verticaux par l'intermédiaire des supports BS Italia ou Ruredil.

Traitement des joints entre panneaux : suivant §2.5 du dossier technique.

Panneaux porteurs :

- Brochés sur semelle filante: Après réalisation de la fondation, clavetage des broches dans la fondation et pose d'étais, pose du plancher préfabriqué ou réalisation du coffrage de la dalle pleine, après dépliement des aciers en attentes, coulage de la table de compression ou dalle pleine ainsi que du nœud de clavetage avec les panneaux, coffrage et coulage du chaînage vertical entre panneaux, mise en œuvre des panneaux supérieurs brochés sur les panneaux inférieurs et étaielement sur le plancher, etc...

- Clavetés sur semelle filante: Après la pose des armatures de la fondation, mise en place des panneaux du premier niveau et pose des étais, mise en place des aciers filants à la jonction panneau-semelle formant encastrement, clavetage dans la fondation, pose du plancher préfabriqué ou réalisation du coffrage de la dalle pleine, après dépliement des aciers en attentes, coulage de la table de compression ou dalle pleine ainsi que du nœud de clavetage avec les panneaux, coffrage et coulage du chaînage vertical entre panneaux, mise en œuvre des panneaux supérieurs brochés sur les panneaux inférieurs et étaielement sur le plancher, etc...

- Encuvés sur semelle filante: Après réalisation de la fondation, mise en place des panneaux du premier niveau dans l'encuvement, blocage et alignement avec des coins en bois, coulage du béton de scellement de l'encuvement, pose du plancher préfabriqué ou réalisation du coffrage de la dalle pleine, après dépliement des aciers en attentes, coulage de la table de compression ou dalle pleine ainsi que du nœud de clavetage avec les panneaux, coffrage et coulage du chaînage vertical entre panneaux, mise en œuvre des panneaux supérieurs brochés sur les panneaux inférieurs et étaielement sur le plancher, etc...

Traitement des joints entre panneaux : suivant §2.5 du dossier technique.

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.

6.5 Tolérances de pose :

Durant la mise en œuvre des procédés BARDAL+ et BARDAL, différentes prescriptions sur les tolérances sont à respecter. L'objet de ces tolérances est d'assurer un bon fonctionnement des joints, des ouvrages et, pour certaines d'entre elles, une régularité de l'aspect extérieur des bâtiments.

Les tolérances de mise en œuvre à respecter sont :

- 1- Désaffleurement maximal entre panneaux superposés ou adjacents : 5 mm

- 2- Tolérance sur la largeur des joints verticaux : 5 mm étant entendu que pour deux joints se prolongeant l'un l'autre, la différence de largeur de part et d'autre du croisement de joints n'excède pas 5 mm.
- 3- Tolérance sur l'épaisseur des joints horizontaux : 5 mm
- 4- Faux-aplomb :
 - Ecart maximal de verticalité sur une hauteur d'étage : 5 mm
 - Ecart maximal de verticalité sur l'ensemble d'un mur : 60 mm (pour des bâtiments élevés).

Pour les panneaux non porteurs, l'épaisseur minimale du joint horizontal de 10 mm est garantie par l'épaisseur de l'appui néoprène fretté qui est de 10 mm.

La largeur des joints devra respecter les prescriptions du §2.5 du Dossier Technique.

7. Divers

Extérieur : Finition lisse destinée à être peinte, polie, sablée, bouchardée, broyée ou matriciée.

Intérieur : Face brute lissée à la règle.

La qualité d'aspect des parements des panneaux « BARDAL+ à isolation continue » et « BARDAL à isolation continue » pourra être différente en fonction de la destination du panneau (industrielle, architectonique,...), en particulier pour le parement intérieur des panneaux qui présente une légère rugosité consécutive au passage de la règle.

Mode d'exploitation du procédé :

La fabrication des éléments en béton est réalisée dans les usines du Groupe EUROBEETON FRANCE. Leur montage est assuré par des Entreprises agréées par cette Société et sous son contrôle. Un plan d'Hygiène et de Sécurité peut être établi à la demande du client final.

8. Résultats expérimentaux (incendie)

-Note de Calcul n°12 DPM 418 du CERIB sur la distribution de la température dans la paroi intérieure en situation d'incendie.

-Appréciation de laboratoire n° 2013 CERIB 2474 sur le comportement au feu du procédé.

NOTA : L'appréciation de laboratoire a été mise à jour avec les deux dénominations BARDAL et BARDAL +, mais le numéro et la date de version du document n'ont pas été modifiés.

B. Références

Depuis la formulation de l'Avis Technique n° 1/05-824, le procédé a été utilisé pour la réalisation d'environ 800 000 m² de bardage.

Derniers projets significatifs réalisés:

CROUS DE LYON (P)

- Destination: Logement
- Lieu: 69 LYON

- Année:2014
- Surface réalisée: 3000 m²
- Dimension des panneaux: 5.60*4.00
- Ossature: Béton

POLE MEDICAL(NP)

- Destination: Centre de santé
- Lieu: 13 ST REMY DE PROVENCE
- Année:2014
- Surface réalisée: 1600 m²
- Dimension des panneaux: 7.00*2.50
- Ossature: Béton

BRICOMAN(NP)

- Destination: Centre commercial
- Lieu: 83 LA FARDELE
- Année:2015
- Surface réalisée: 750 m²
- Dimension des panneaux: 5.00*2.20
- Ossature: Métallique

BRICOMAN(NP)

- Destination: Centre commercial
- Lieu: 84 AVIGNON
- Année:2015
- Surface réalisée: 900 m²
- Dimension des panneaux: 8.50*2.50
- Ossature: Béton

SCI LES FOUGERES(NP)

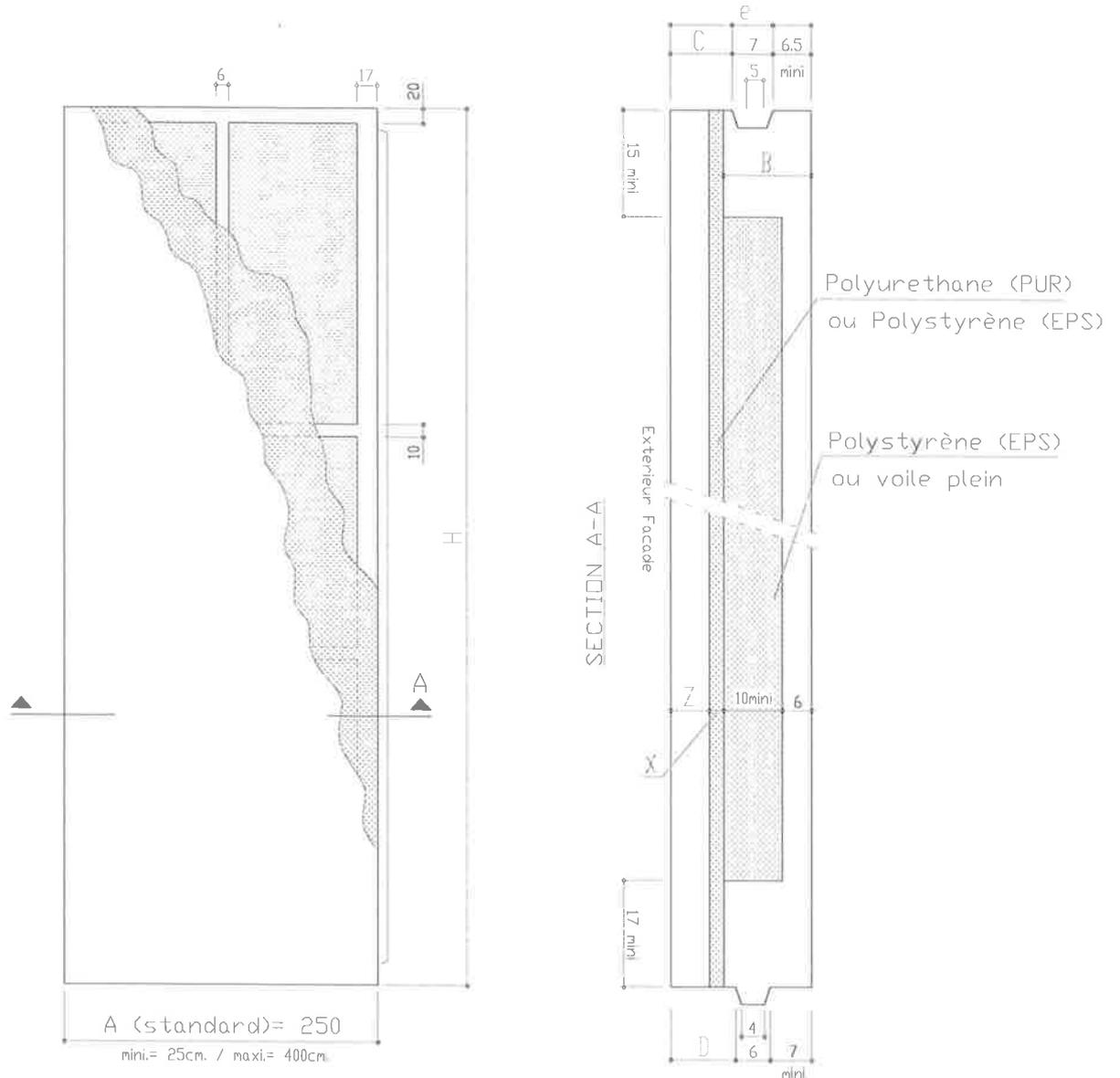
- Destination: Bureau
- Lieu: 51 BEZANNE
- Année:2014
- Surface réalisée: 765 m²
- Dimension des panneaux: 7.35*1.90
- Ossature: Béton

SNF(NP)

- Destination: Bureau
- Lieu: 42 Andrézieux Bouthéon
- Année:2016
- Surface réalisée: 1100 m²
- Dimension des panneaux: 8.00*2.00
- Ossature: Béton

Schémas et Tableaux du Dossier Technique

A1. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES PANNEAUX :



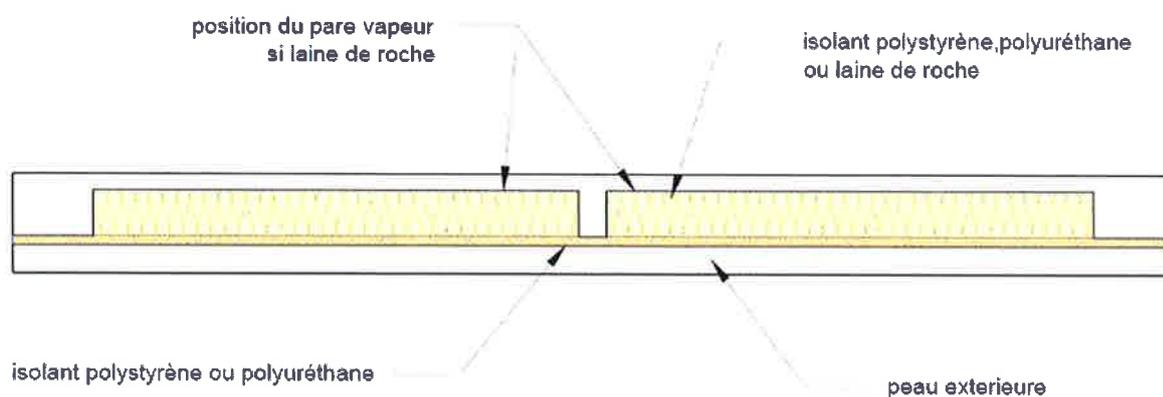
	Exemple: Panneaux Standards		Exemple: Panneaux Maxi	
	e=24	e=30	e=45	e=45
B (cm.)	15	15	30	24
C (cm.)	10.5	16.5	16.5	22.5
D (cm.)	11	17	17	23
Isolant: X (cm.)	3.0	9.0	9	15
Peau extérieure: Z (cm.)	6.0	6.0	6.0	6.0

Les dimensions du tenon/mortaise doivent être adaptées en fonction de l'épaisseur du joint, avec une pénétration nominale de 20mm dans le panneau adjacent.

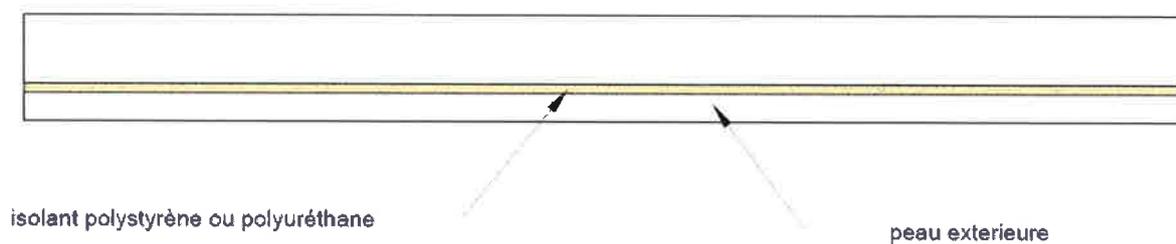
Les rainures en rives latérales sont uniquement réalisées pour les panneaux non porteurs.

A2. COUPE TYPE SUR PANNEAU :

Panneau avec peau intérieure nervurée (non porteur):

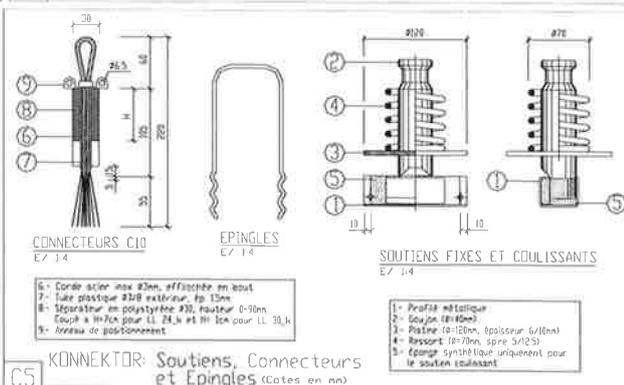
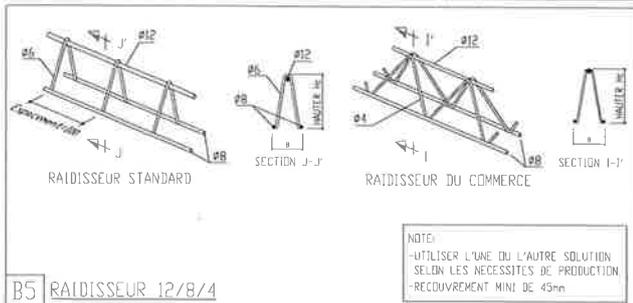
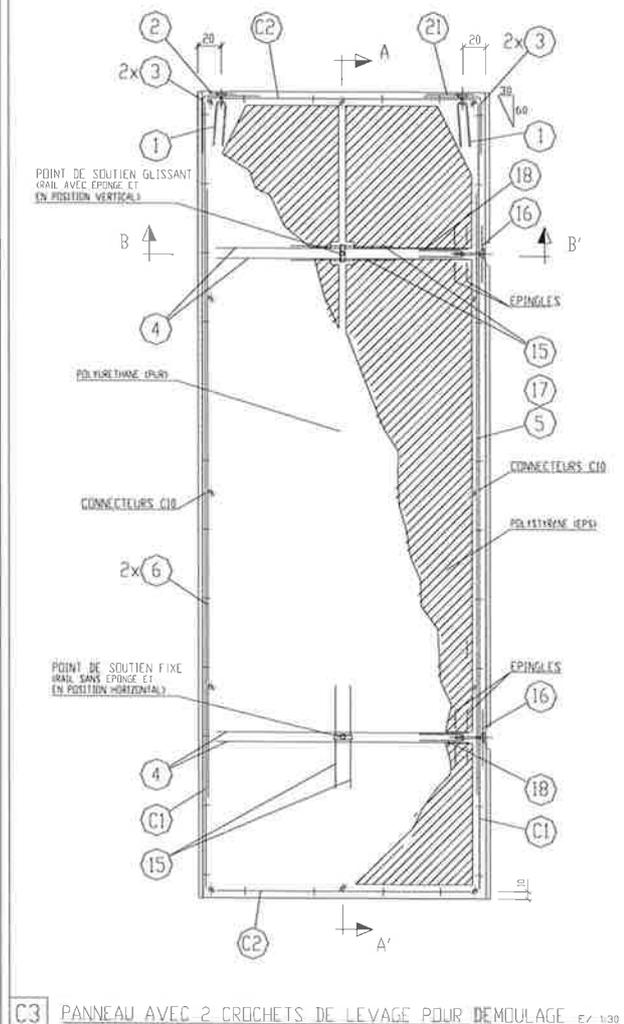
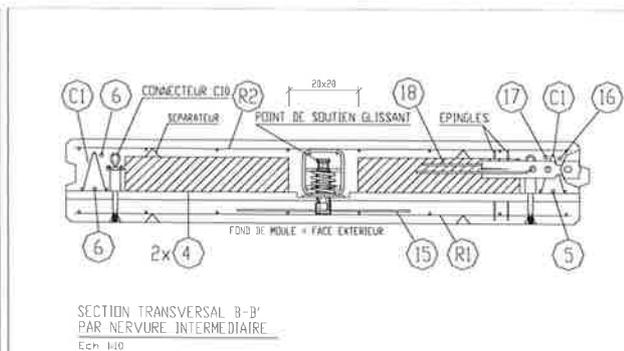
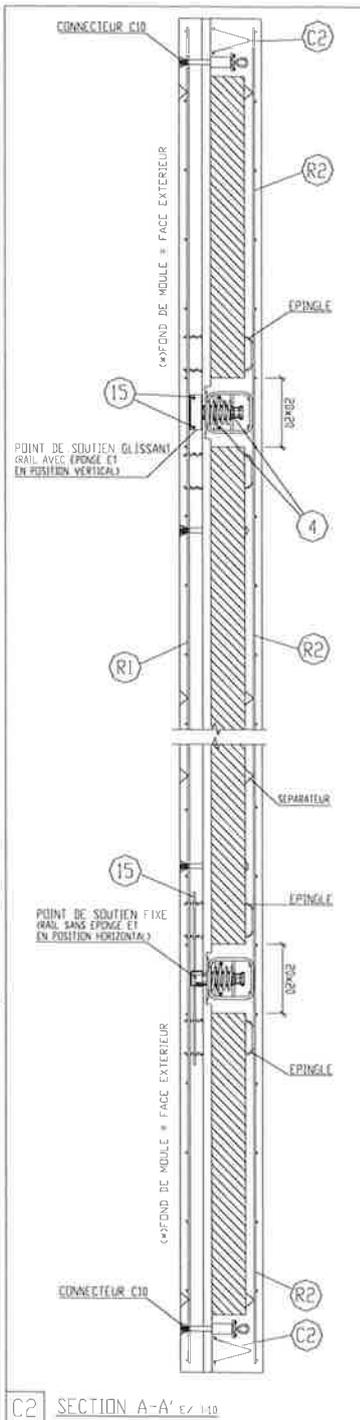
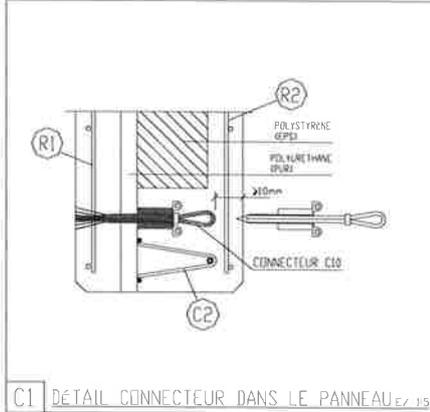
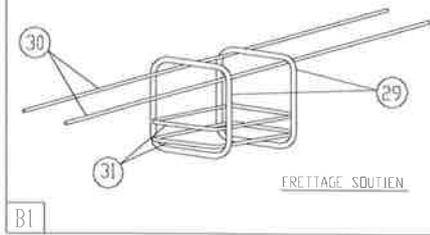
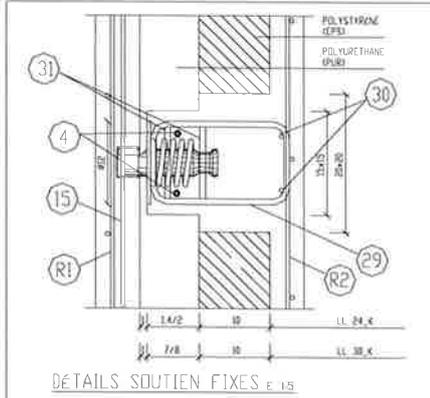
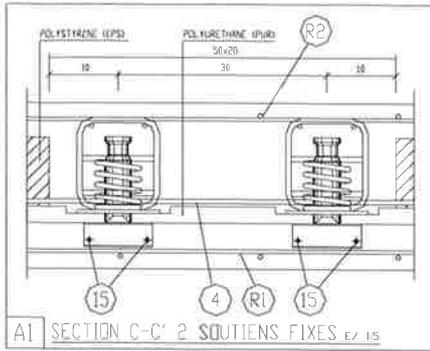


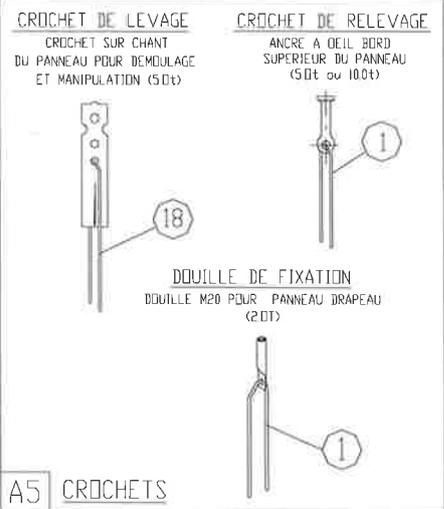
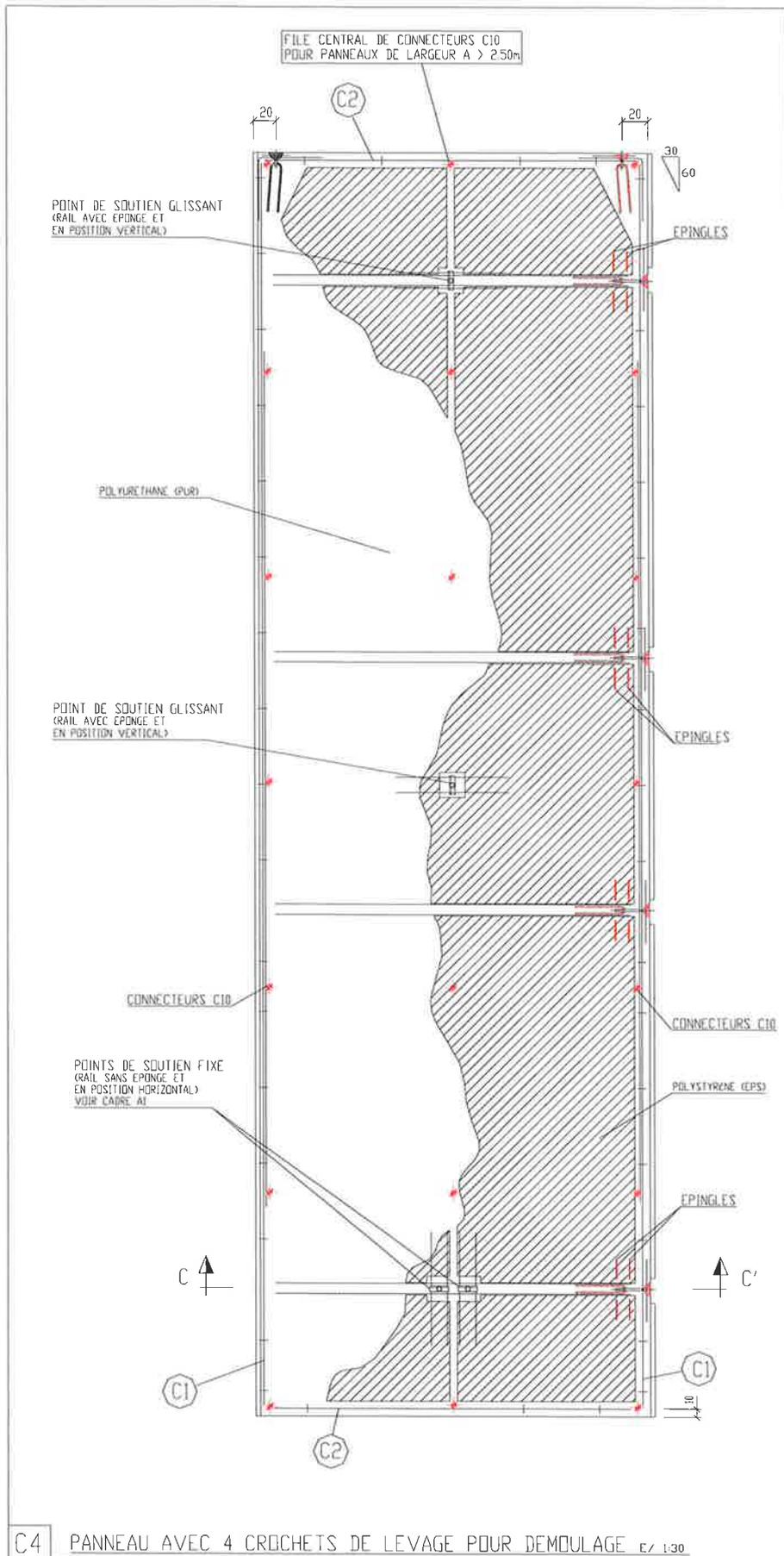
Panneau avec peau intérieure pleine :



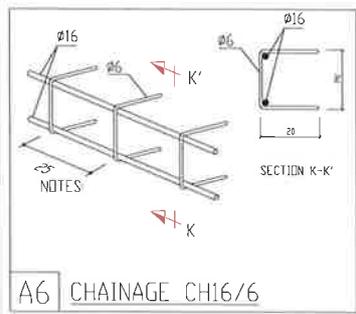
Nota : Les schémas ci-dessous sont valables pour les deux solutions de peaux intérieures du panneau, sauf exclusions énumérées dans le dossier technique.

A3. Principe de Coffrage/ferrailage d'un panneau nervuré (non porteur) :





TOUS CES PLANS SONT VUS DESSUS DE MOULE.
L'ACIER REPERE ④ QUAND ILS SONT DE Ø10
OU Ø12, ILS PEUVENT ETRE REMPLACE
PAR DES TORONS Ø12,9mm OU 15,2mm.
AUCUNE BARRE NE PEUT RESTER EN CONTACT
AVEC LE POLYSTYRENE.



C4 PANNEAU AVEC 4 CROCHETS DE LEVAGE POUR DEMOULAGE E/ 1:30

A4. Principe de mise en œuvre des connecteurs C10 :

Phase 1: Ajustement de la hauteur du cylindre en polystyrène:

Le connecteur est fourni avec une entretoise cylindrique en polystyrène qui doit être ajustée en hauteur en fonction de l'épaisseur d'isolant continu (Figure 1).

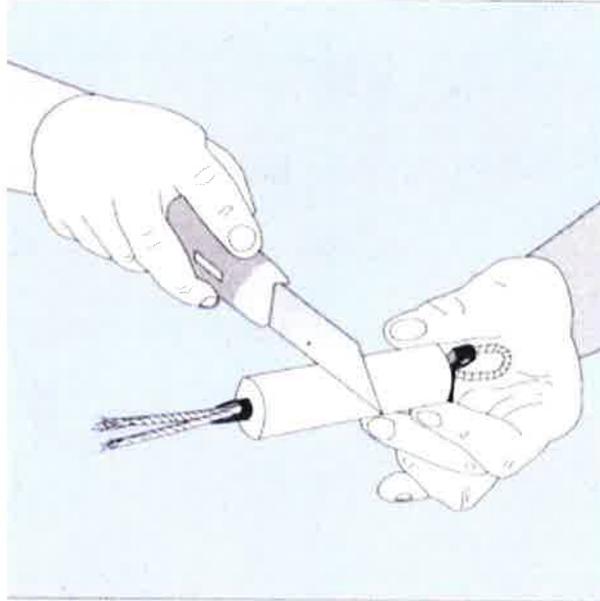


Figure 1

Phase 2: Ouverture des fils:

L'opérateur prépare le connecteur en ouvrant les fils du câble et s'assure ensuite que les fils ne dépassent pas du tube plastique avant insertion dans l'isolant (Figure 2):

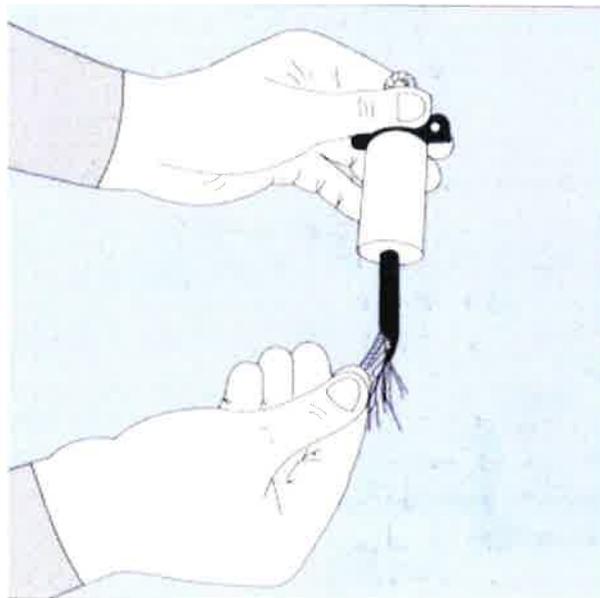


Figure 2

Phase 3: Poinçonnement de l'isolant:

A noter, que le connecteur est conçu pour poinçonner lui-même l'isolant. Cependant, afin d'éviter que la gaine se remplisse d'isolant, l'opérateur perce l'isolant avec un poinçon avant d'insérer le connecteur (Figure 3)

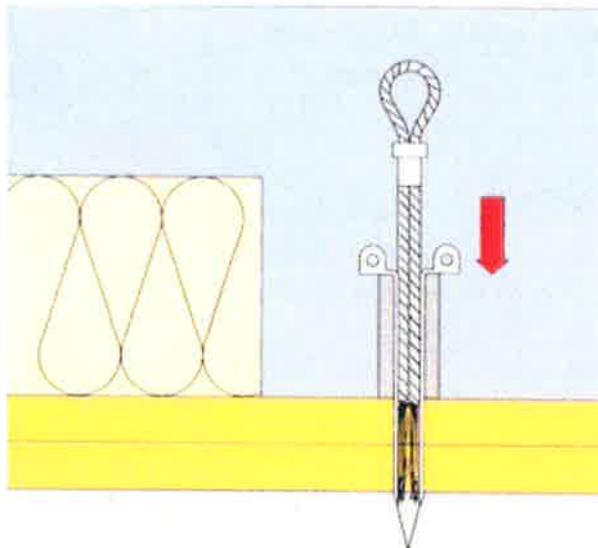


Figure 3

Phase 4: Déploiement du câble dans la peau librement dilatante:

L'opérateur pousse le câble dans le tube en plastique de façon à insérer les 2 extrémités de la corde dans le béton frais (Figure 4):

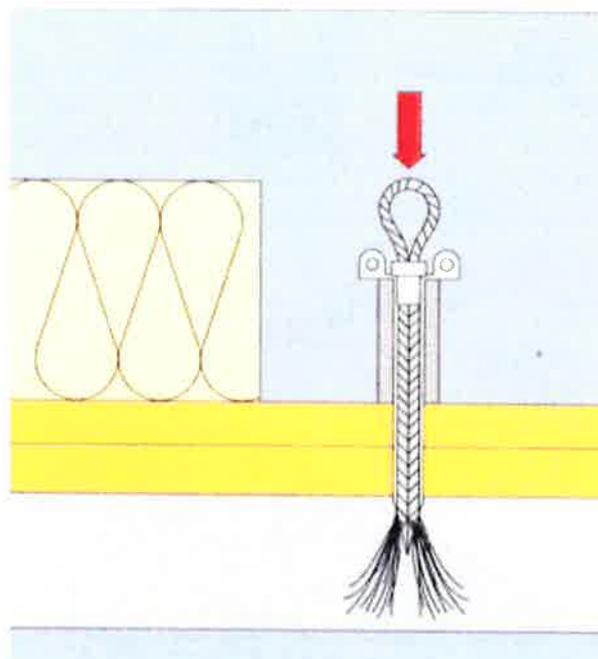
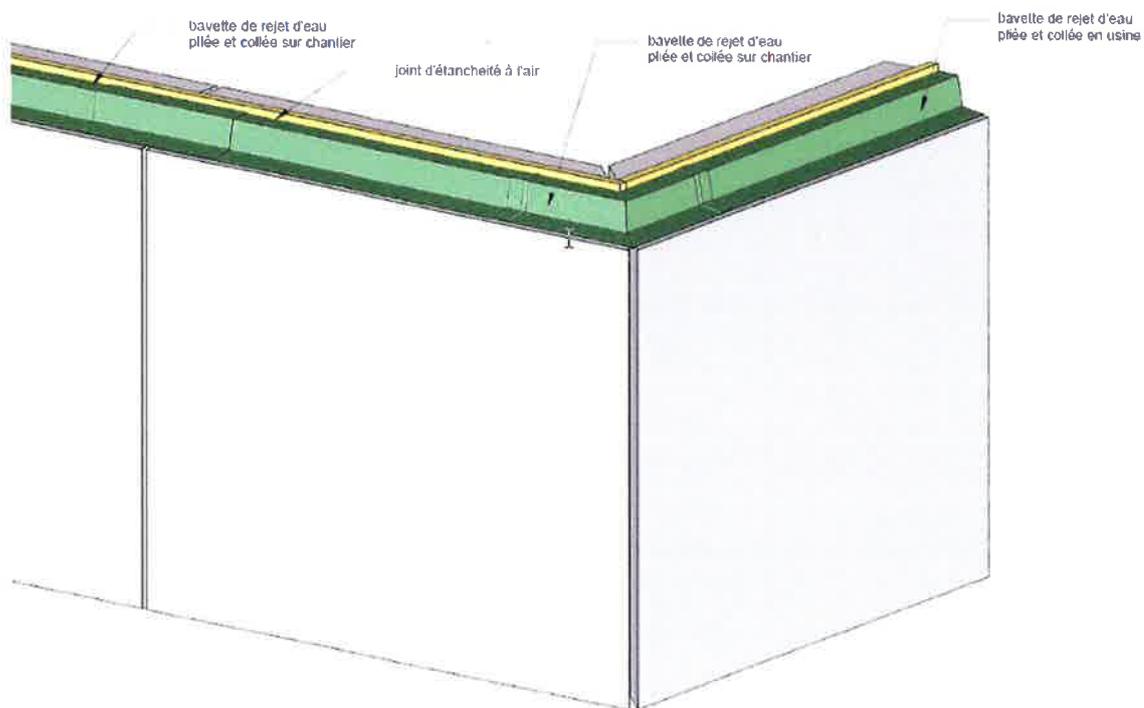


Figure 4

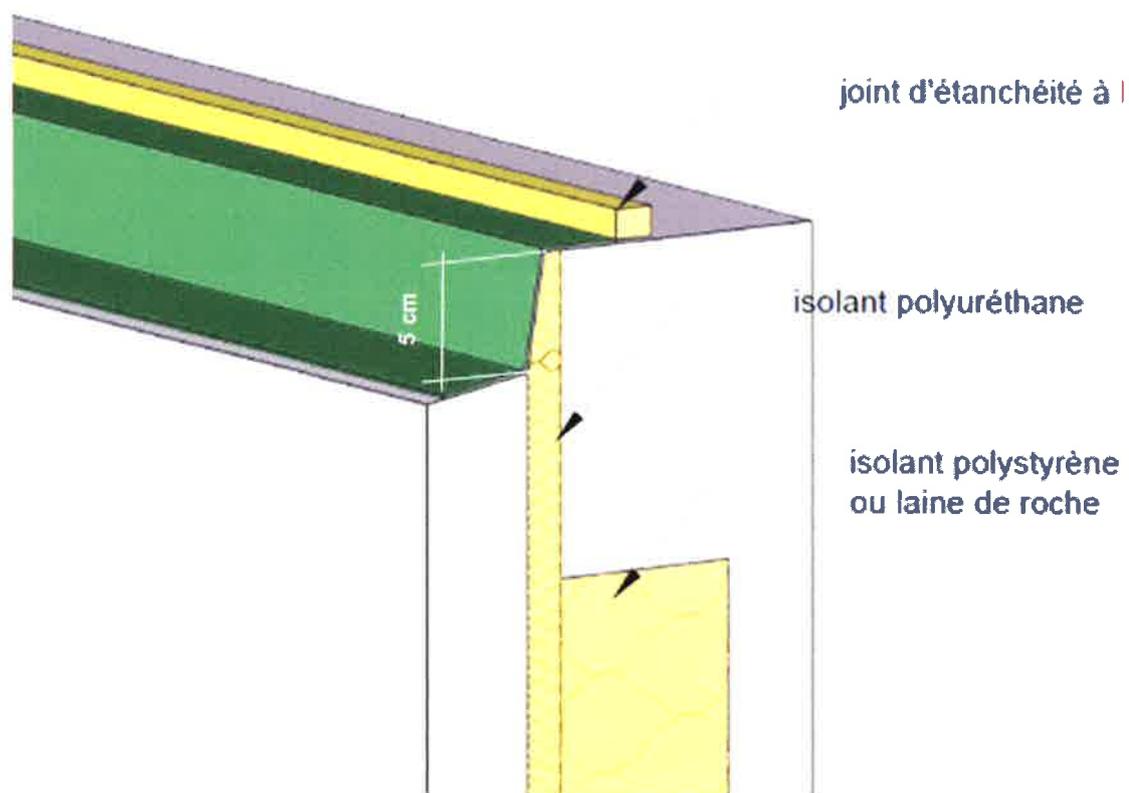
B. Principe d'assemblage et d'étanchéité entre panneaux pour un domaine d'emploi autre qu'industrielle :

B.1 Détails d'étanchéité du becquet :

Protection de l'angle et traitement entre 2 panneaux :

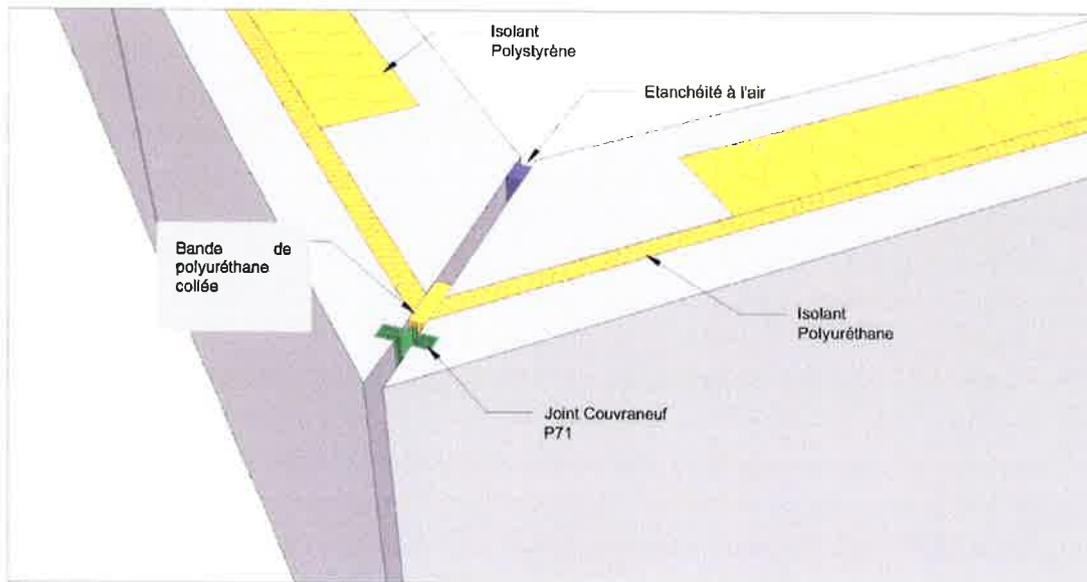


Coupe transversale sur panneau :

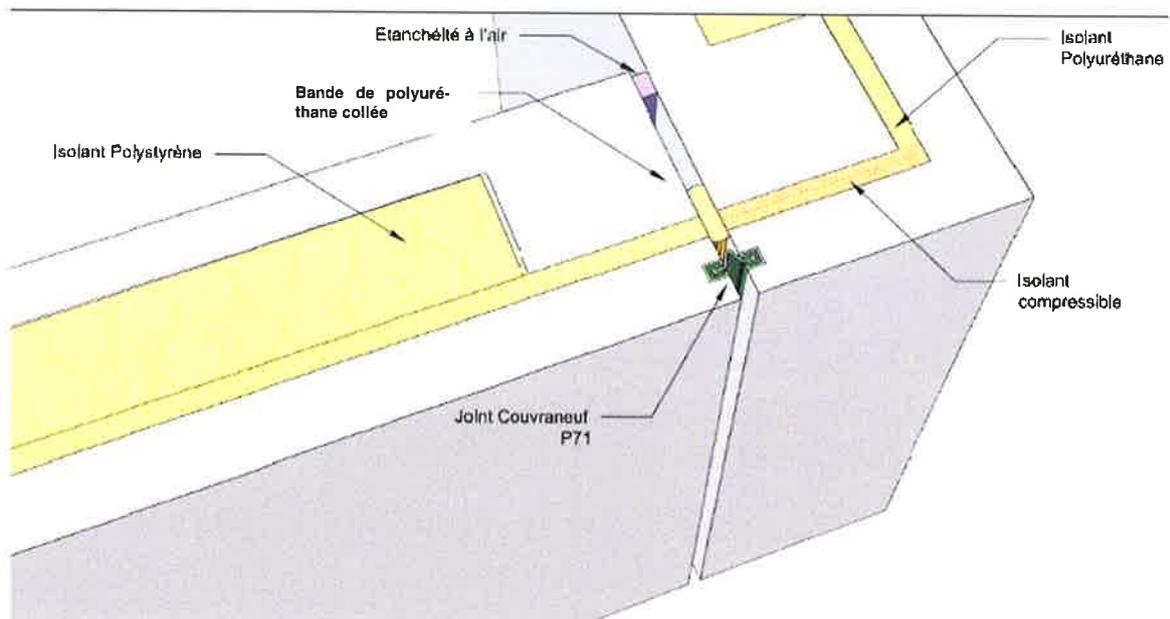


B.2 Protection d'étanchéité par joint Couvraneuf :

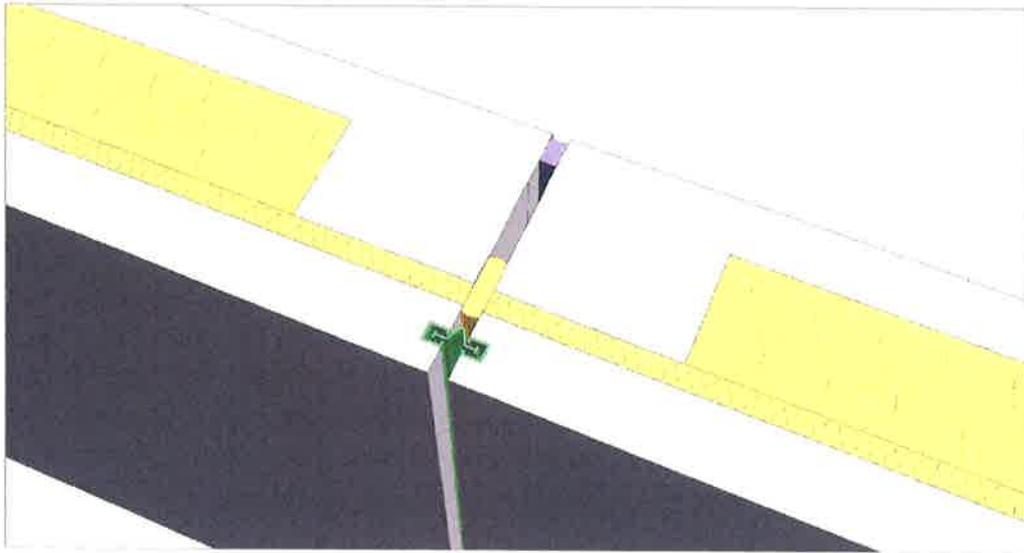
Cas d'une coupe d'onglet :



Cas d'un angle standard :

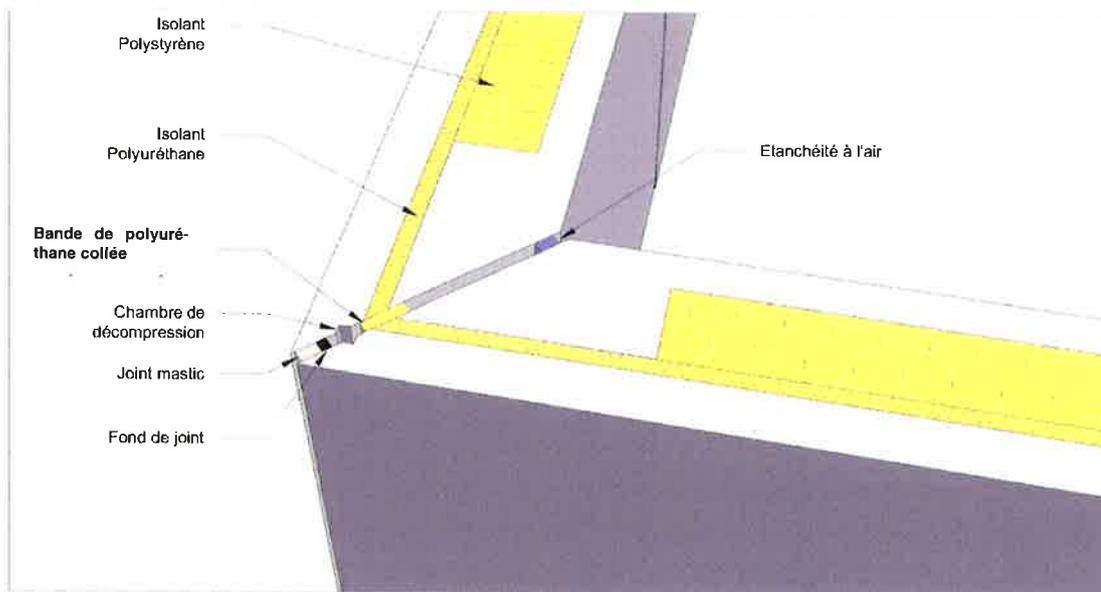


Entre deux panneaux :

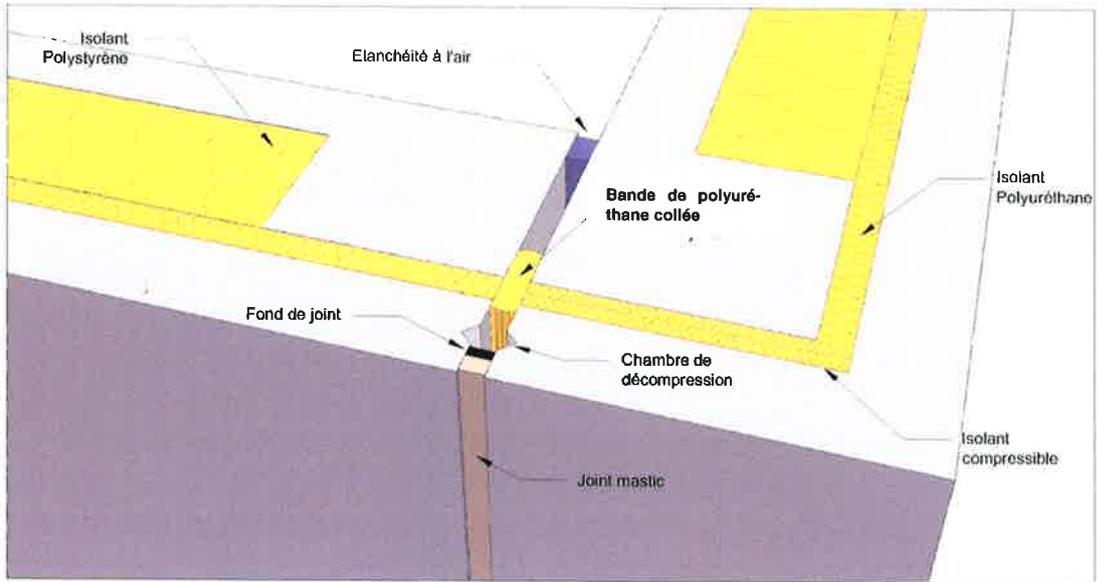


B.3 Protection d'étanchéité par joint Mastic avec chambre de décompression :

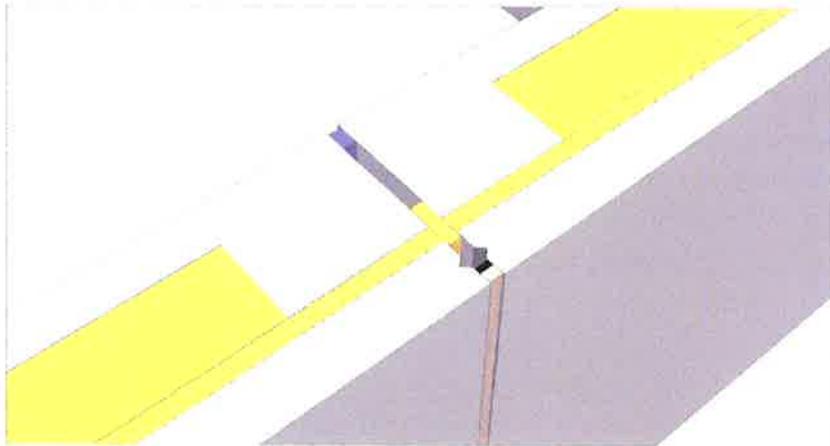
Cas d'une coupe d'onglet :



Cas d'un angle standard :

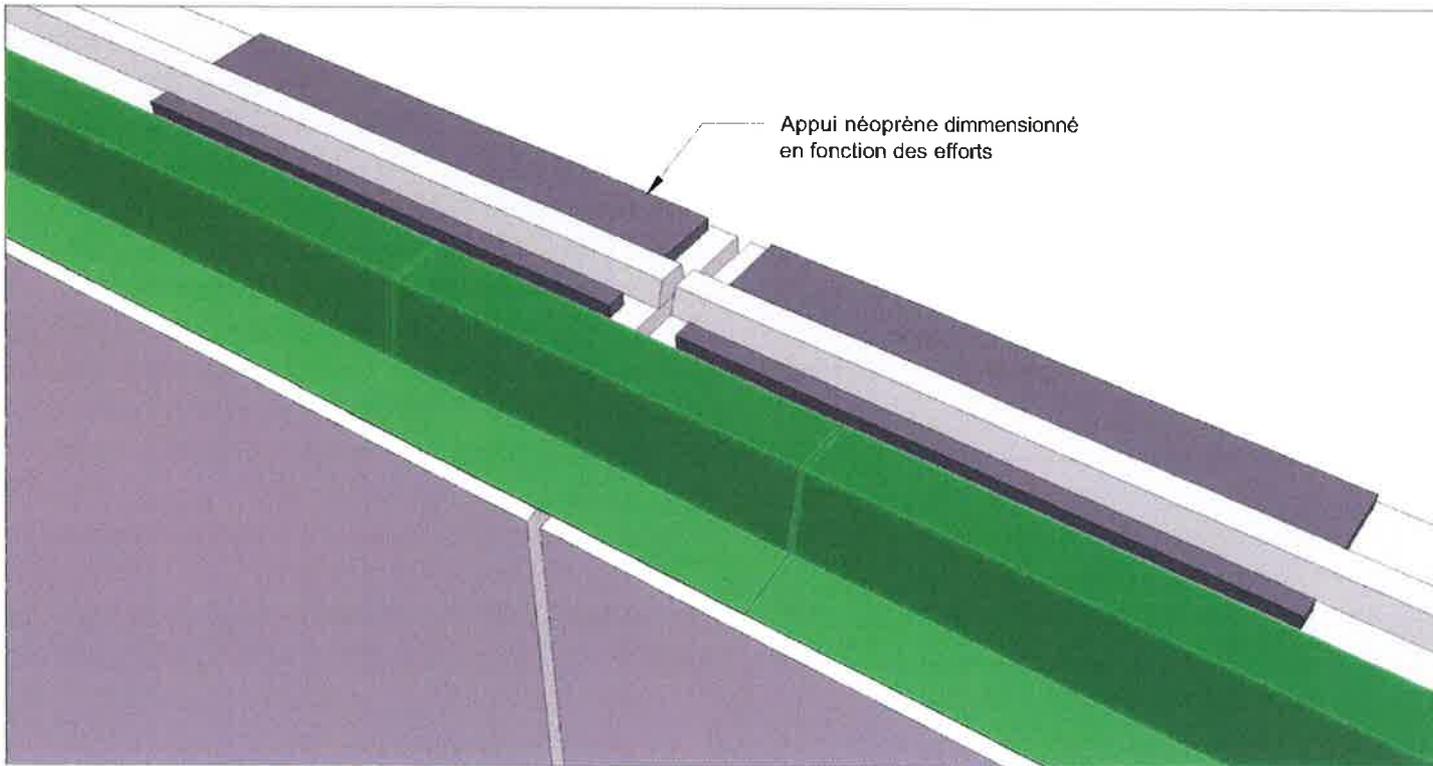


Entre deux panneaux :

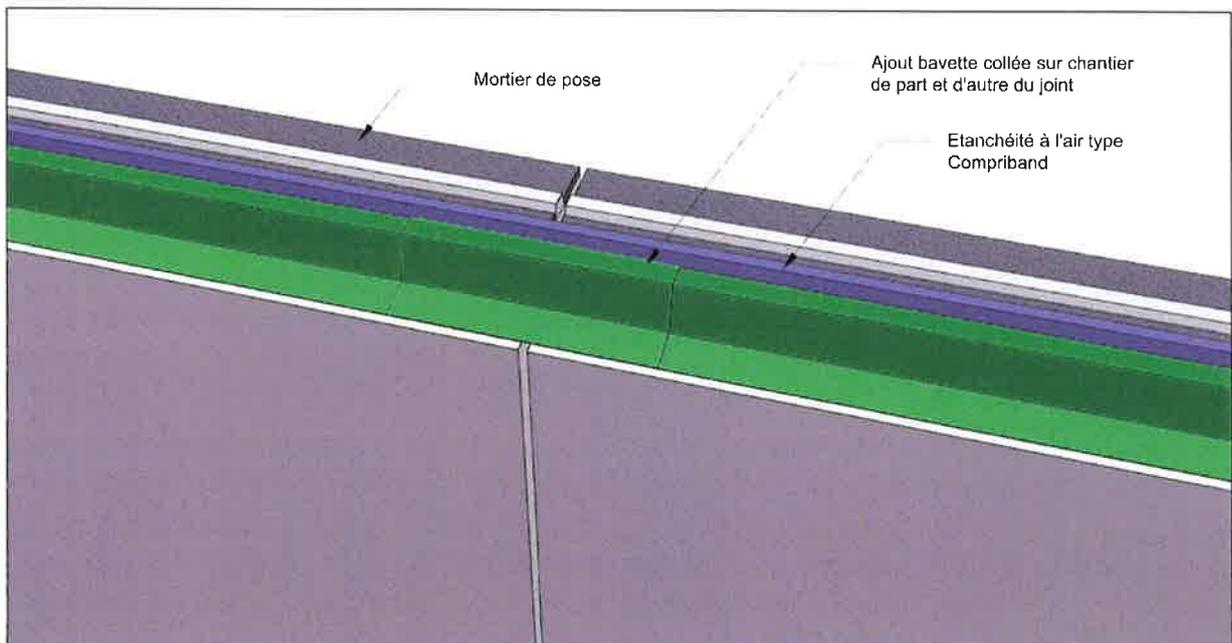


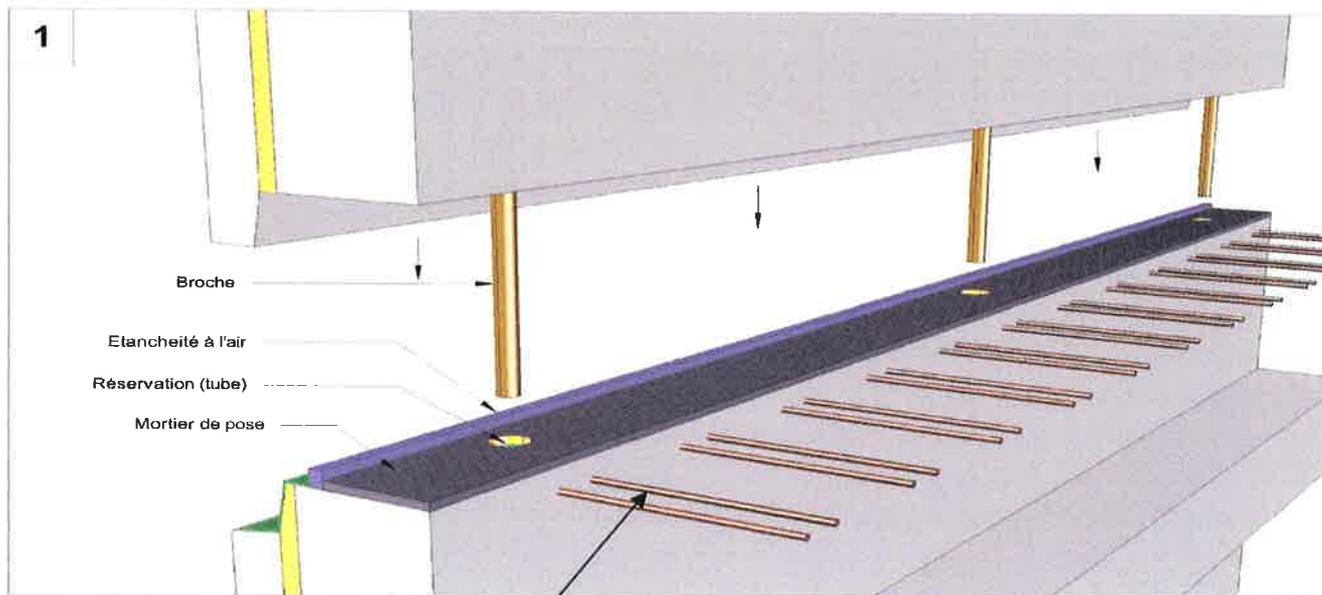
B.4 Principe de superposition des panneaux:

Appui néoprène aux extrémités des panneaux non porteurs :

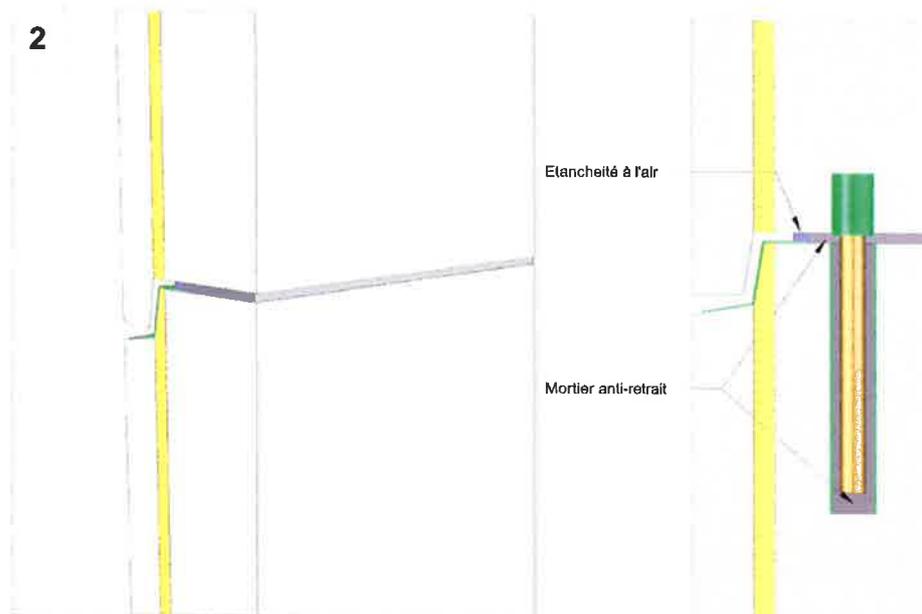


Principe d'étanchéité et de brochage entre panneaux horizontaux porteurs :



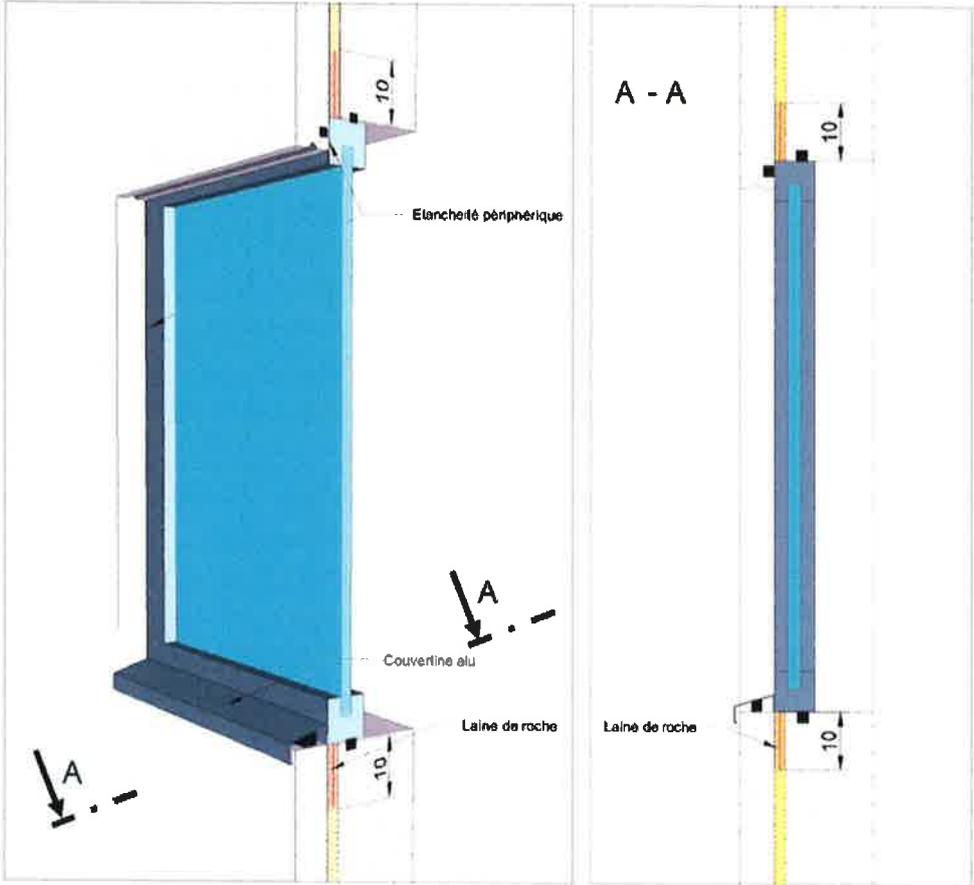


Armatures en attente

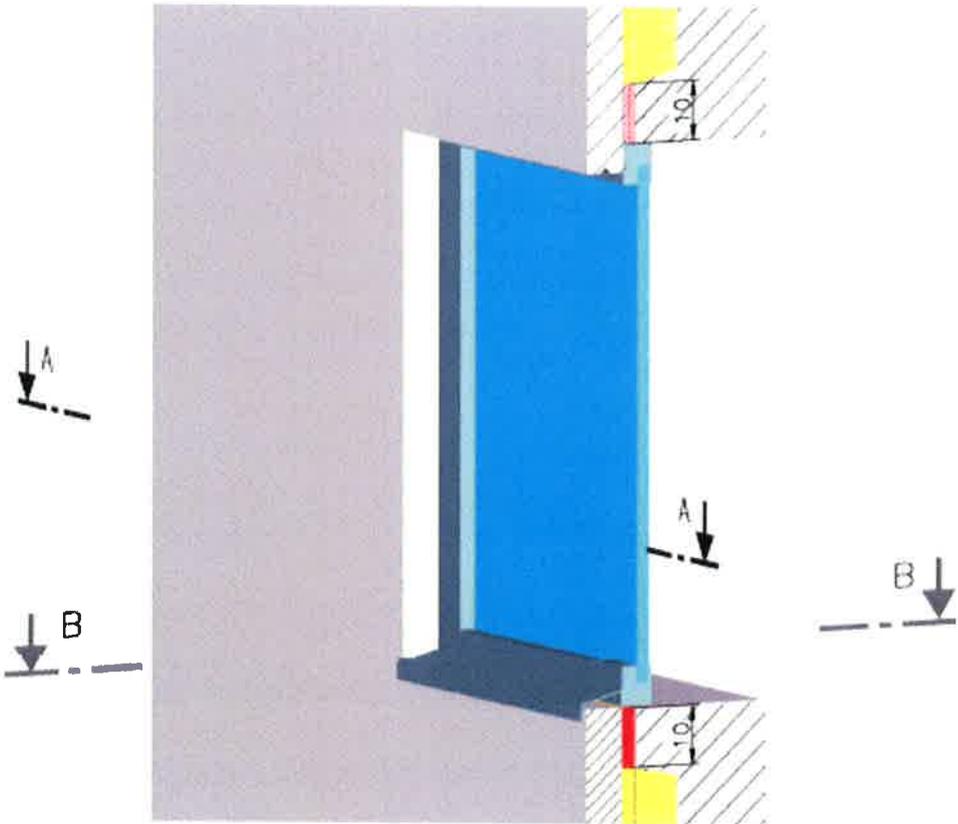


B.5 Coupe de principe sur fenêtre :

En applique sur 3 côtés-isolant mince



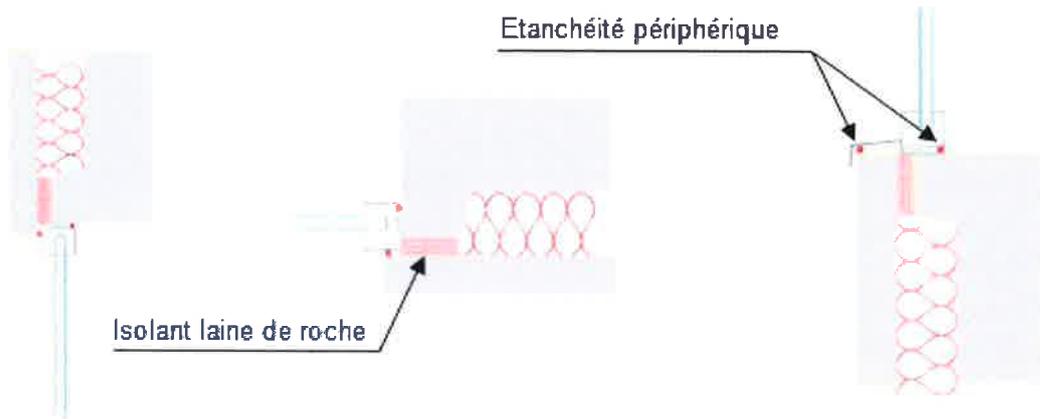
En applique sur 3 côtés-isolant épais



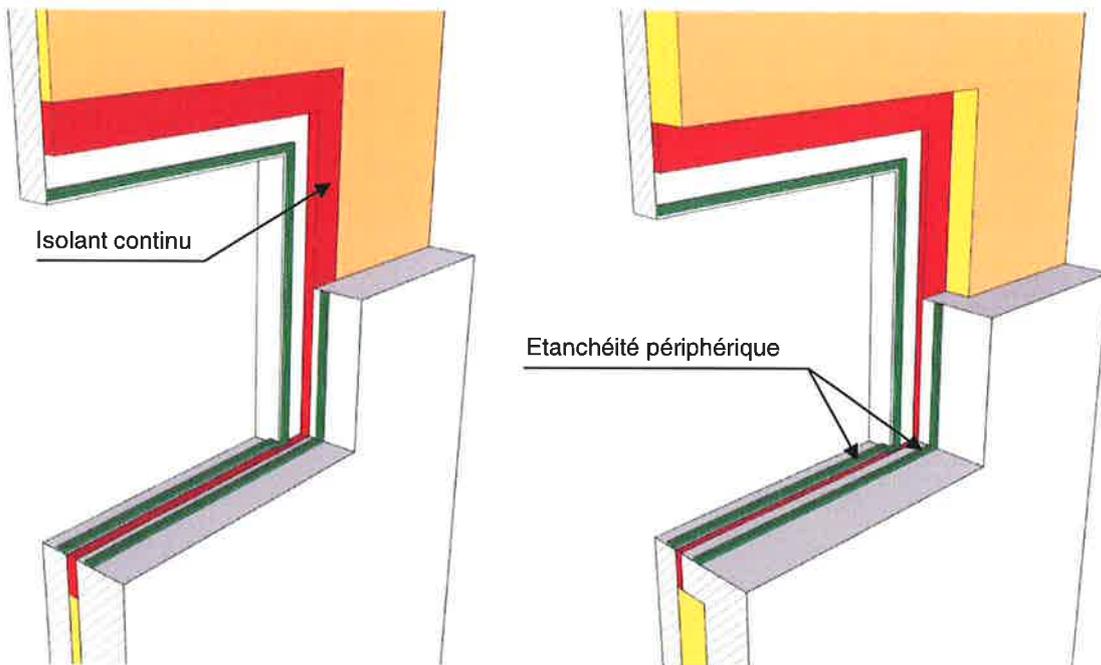
B - B haut

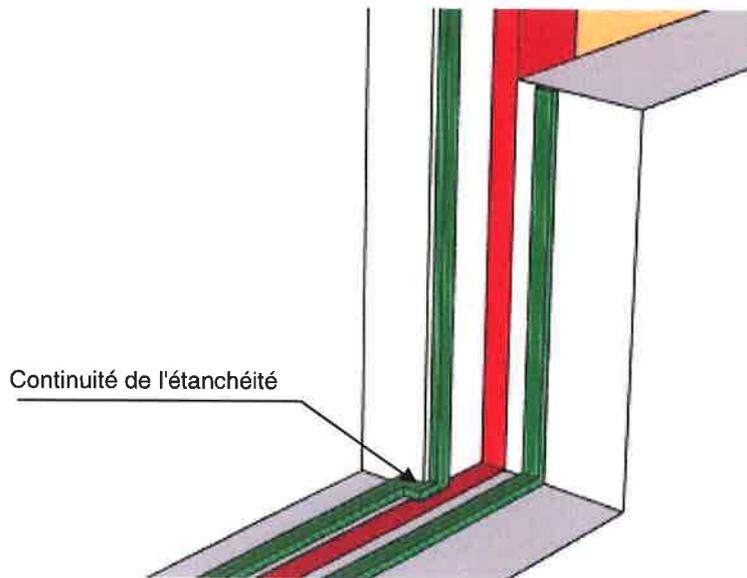
A - A

B - B bas

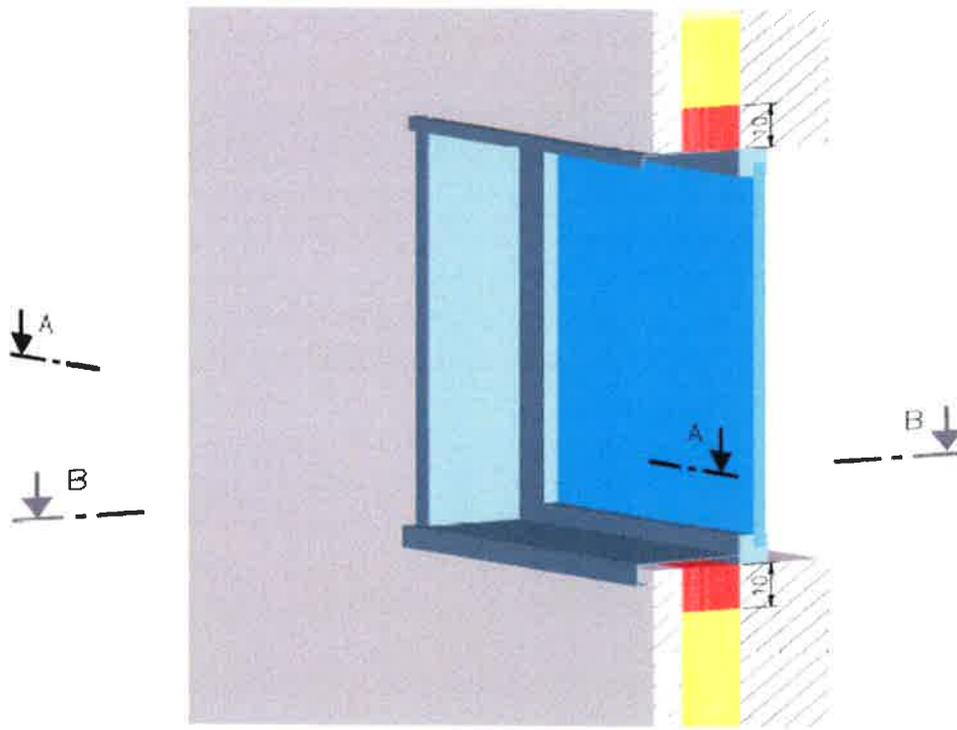


Continuité du joint de calfeutrement:





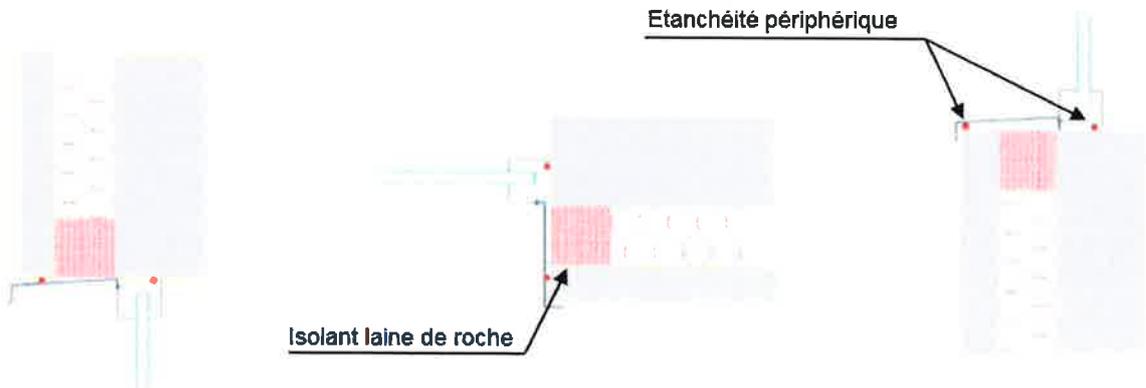
En tableau- isolant épais



B - B haut

A - A

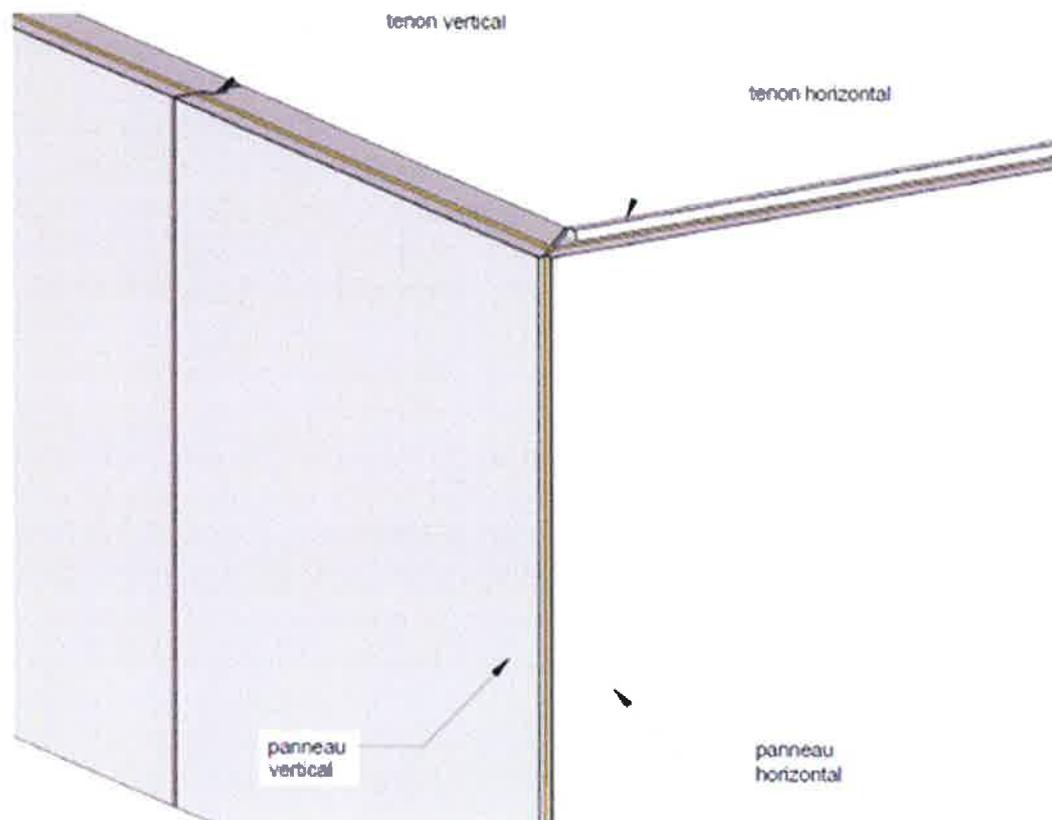
B - B bas



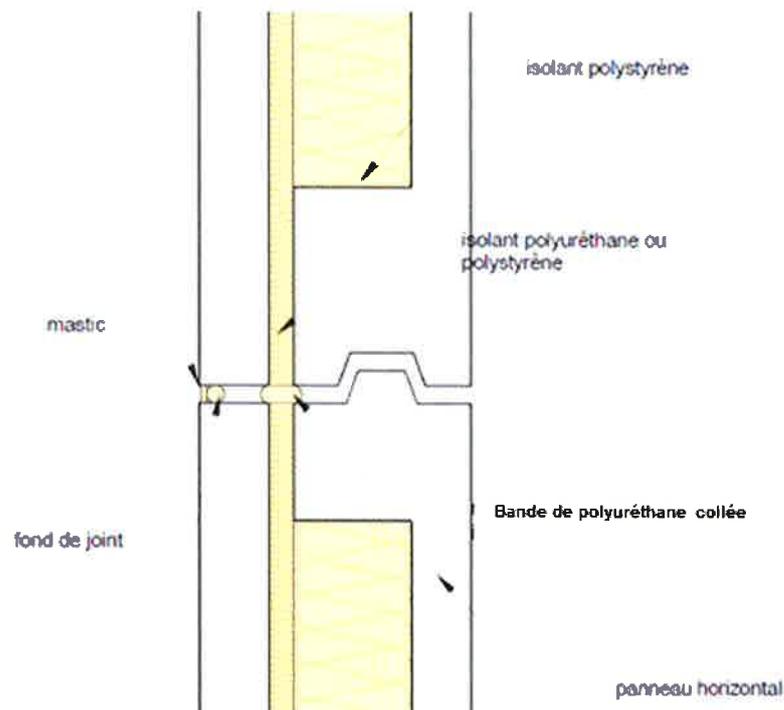
C. Principe d'assemblage et d'étanchéité entre panneaux pour bâtiments à usage industriel:

C1. Détails d'étanchéité entre panneaux :

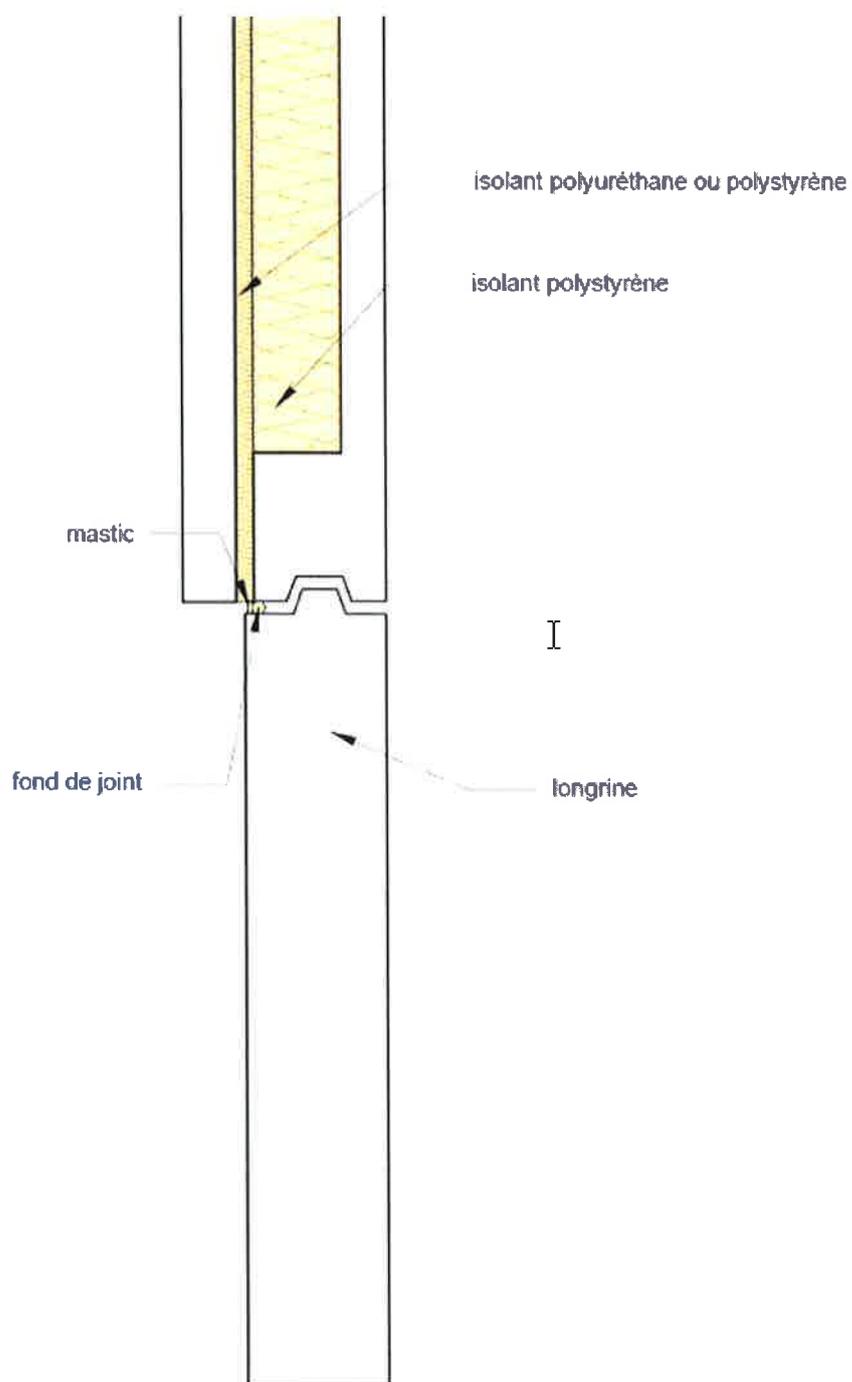
Assemblage tenon-mortaise :



Coupe ou élévation sur joint :

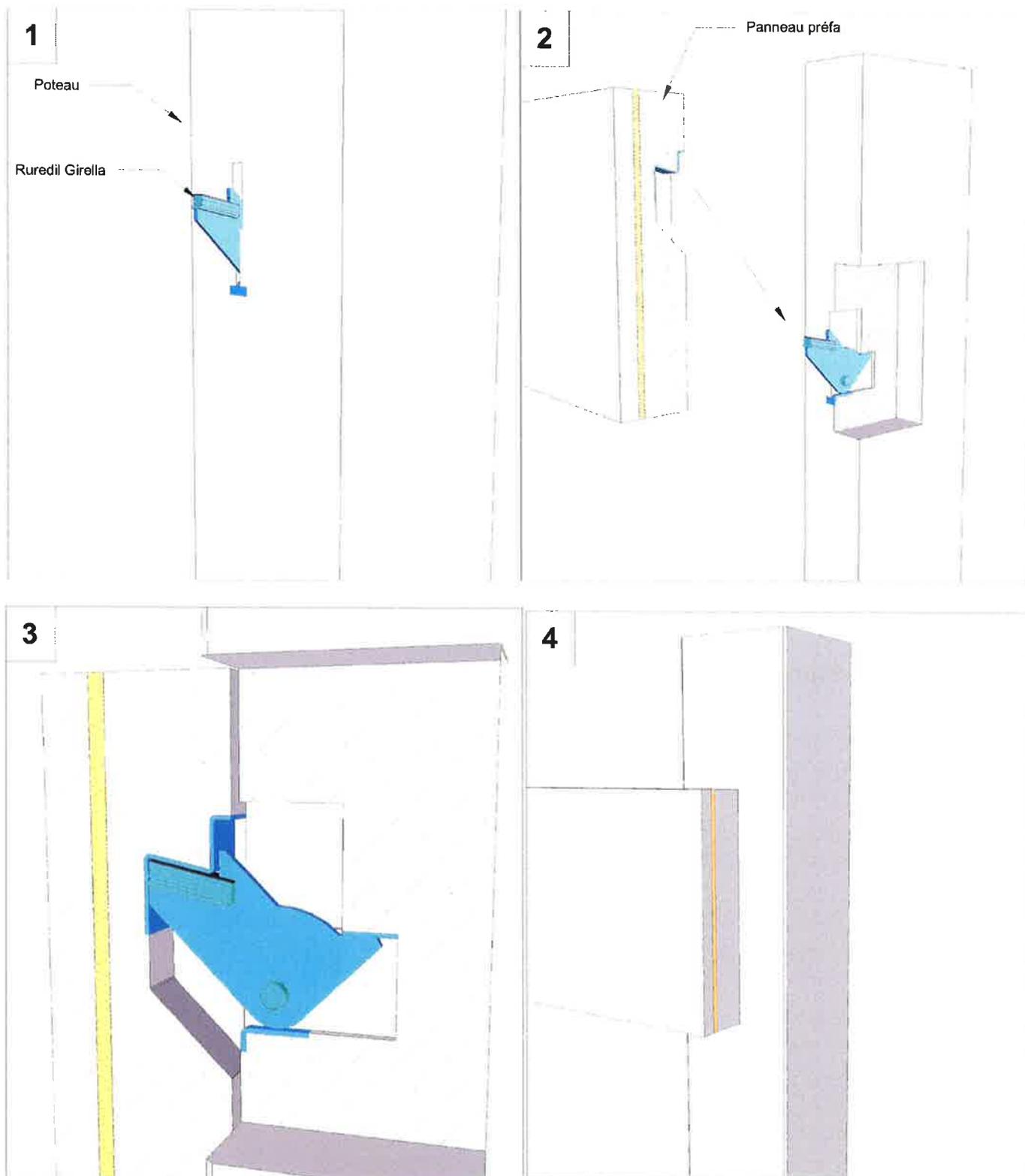


C2. Détails d'étanchéité entre panneau et longrine :

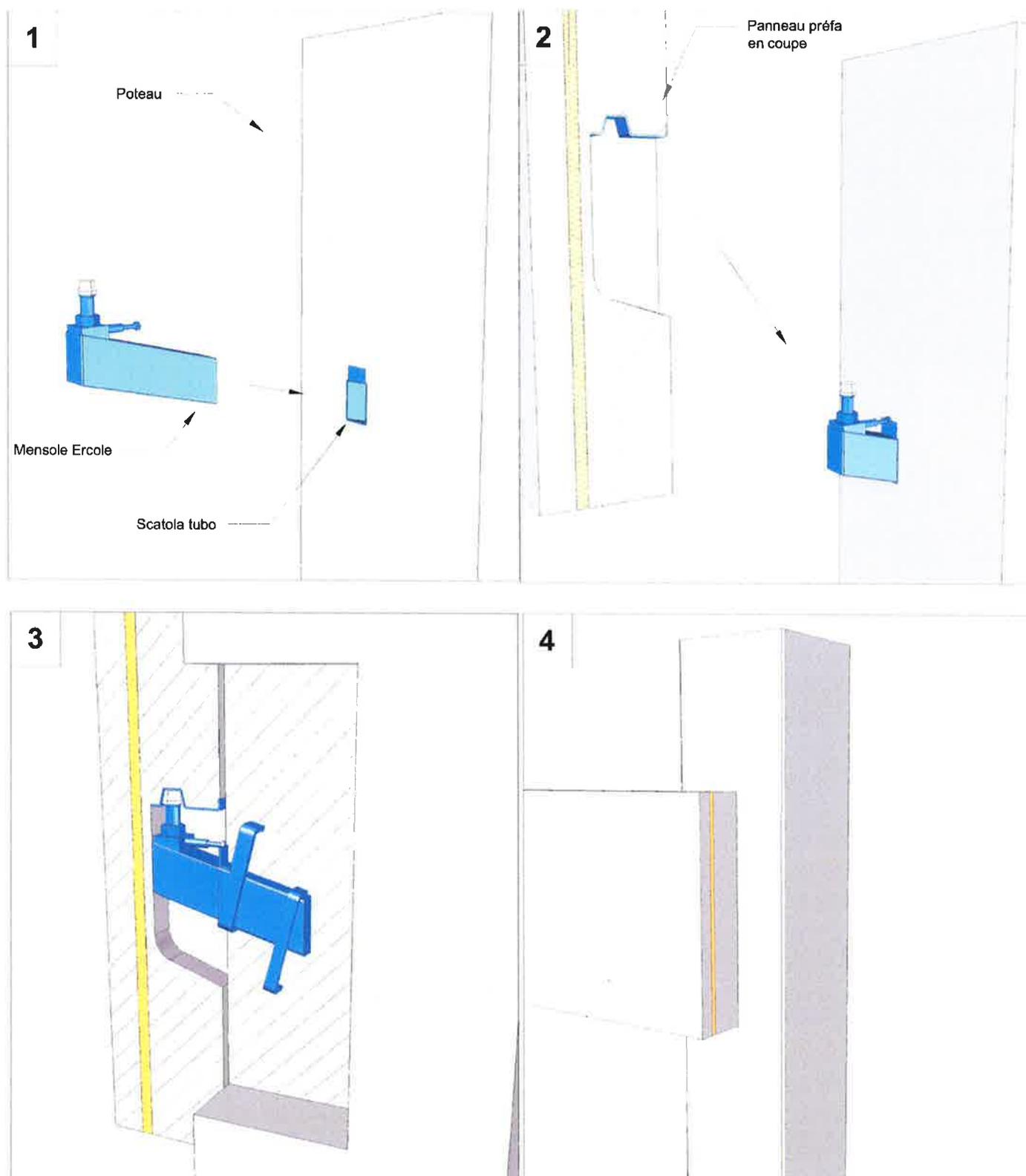


D. Principe de fixation des panneaux non porteurs :

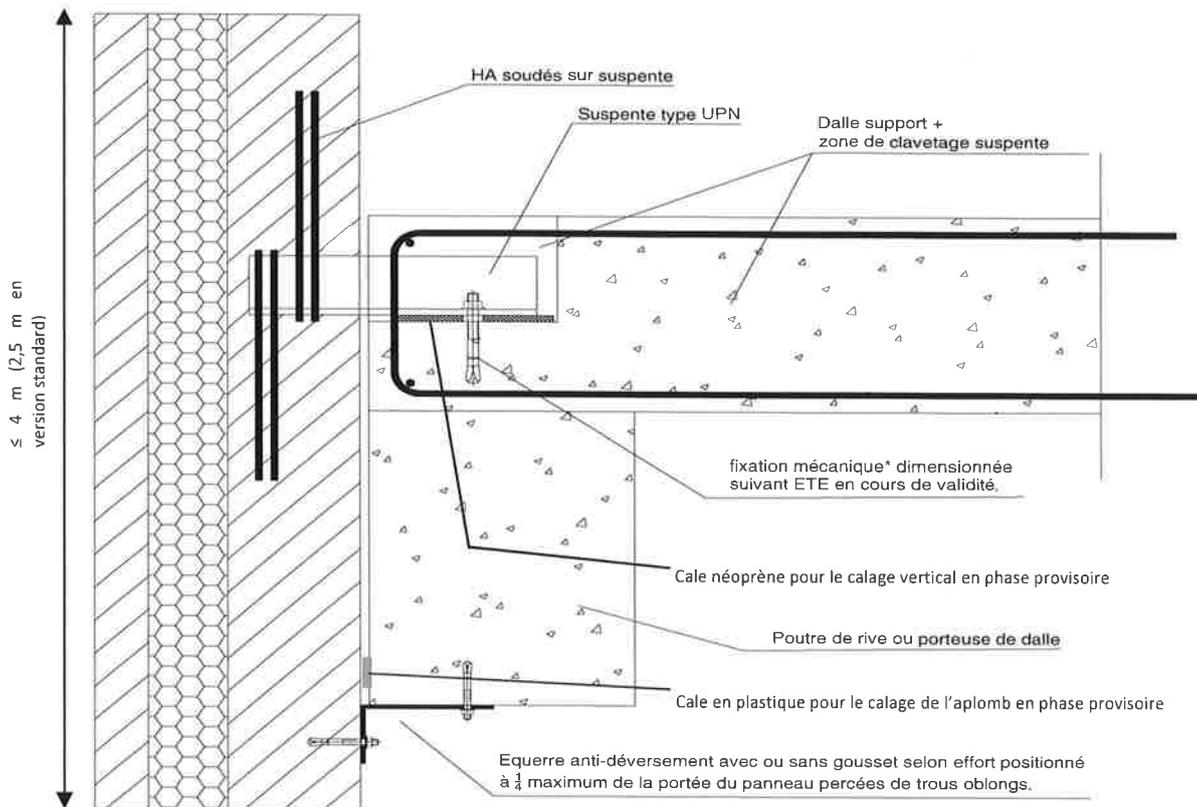
D1. Avec système Girella de Ruredil en pied de panneau (panneaux suspendus):



D2. Avec système Ercole de BS Italia en pied de panneau (panneaux suspendus) :



D3. Avec profil métallique claveté ou non, hors situation sismique (panneaux suspendus horizontaux) :

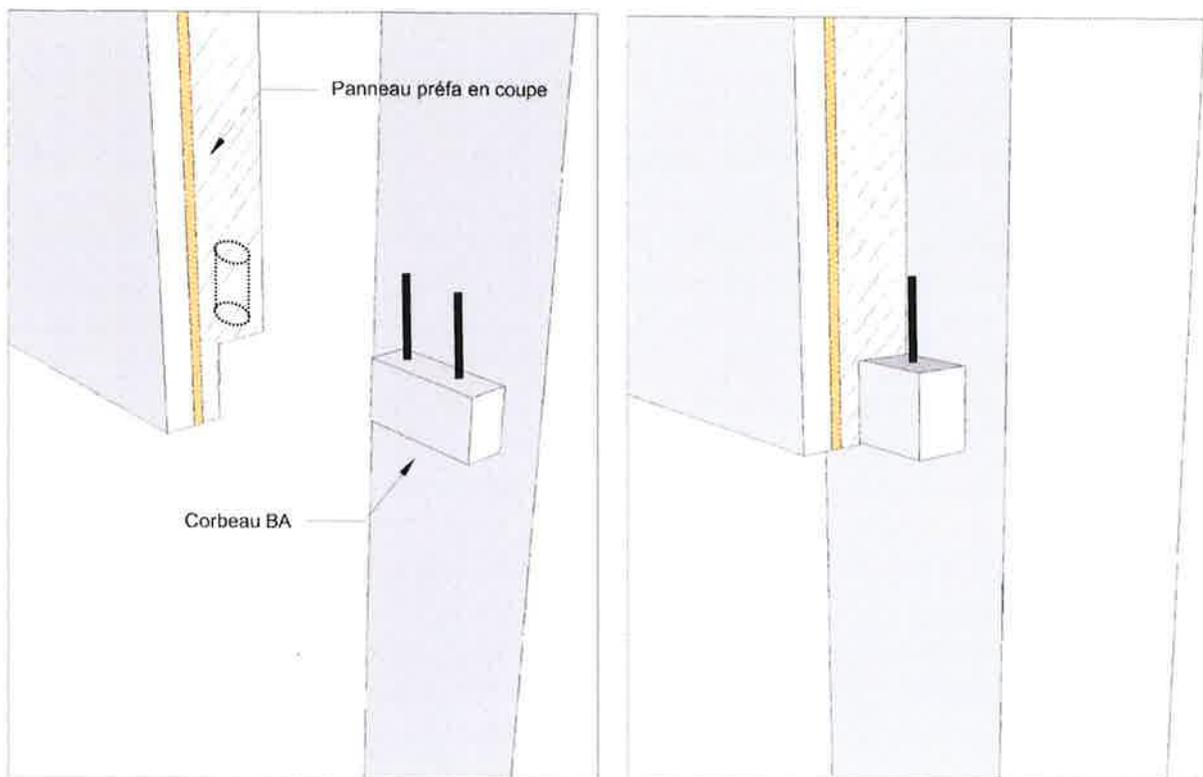


NOTA :

-L'ancrage de la fixation est réalisé dans une zone de béton correctement frettée et dimensionnée selon un modèle bielle-tirant conformément la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale. En cas de distance aux bords incompatible avec l'utilisation d'une fixation mécanique, l'ancrage de la suspenste de type UPN sera réalisé par un ancrage avec scellement d'armatures (acier traversant l'UPN)

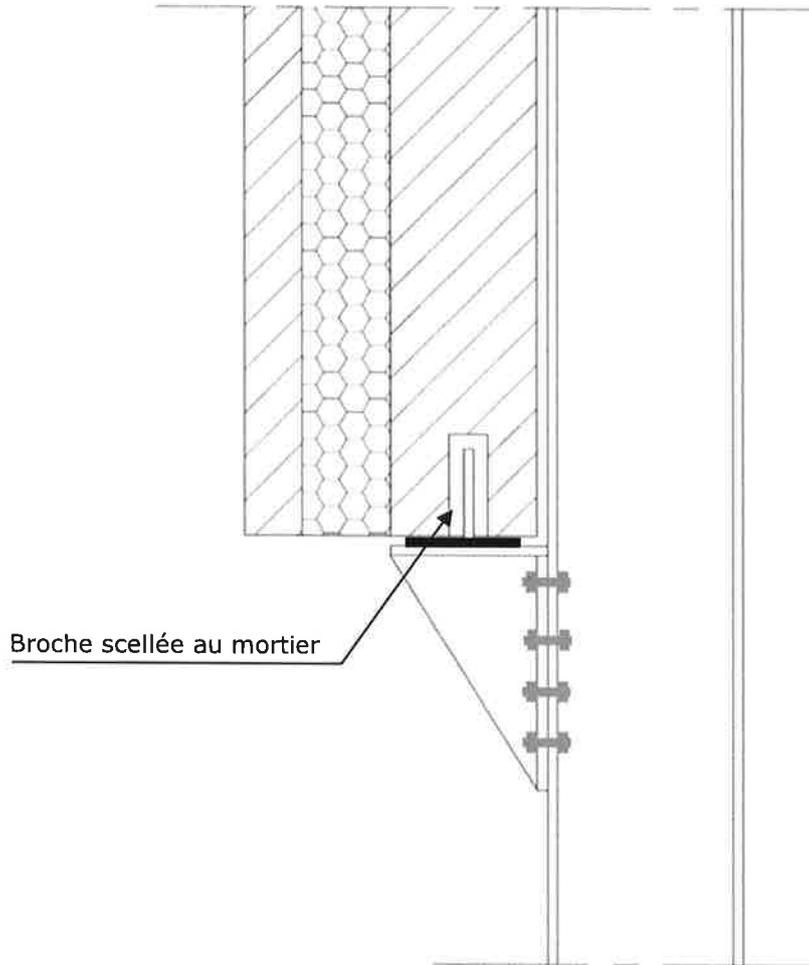
-L'UPN et les équerres sont percés de trous oblongs permettant de régler la position des panneaux horizontalement et verticalement. Les équerres anti-déversement, avec ou sans gousset selon effort, sont positionnées à 1/4 maximum de la portée du panneau et équipées de trous oblongs afin de permettre le réglage de la position du panneau et d'éviter le blocage du panneau sous effets gravitaires. Le calage vertical du panneau se fait à l'aide des cales néoprènes frettés disposées sous l'UPN. Le calage horizontal pour assurer l'aplomb du panneau est réalisé à l'aide de cales plastiques entre le panneau et la poutre support.

D4. Avec corbeau en béton armé :



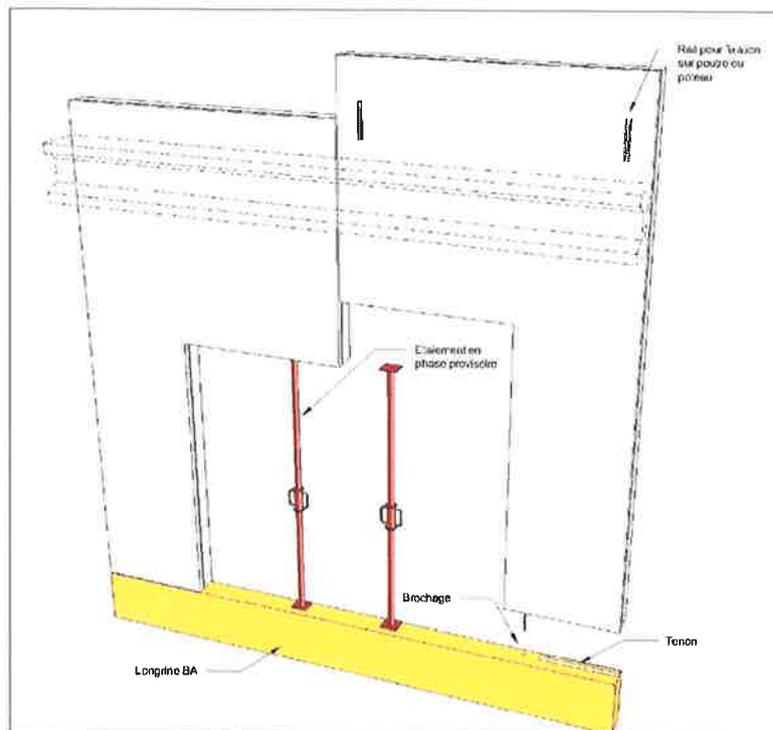
Assemblage panneau corbeau par clavetage (broches) au mortier sans retrait.

D5. Avec corbeau métallique sur support béton ou métal hors situation sismique:

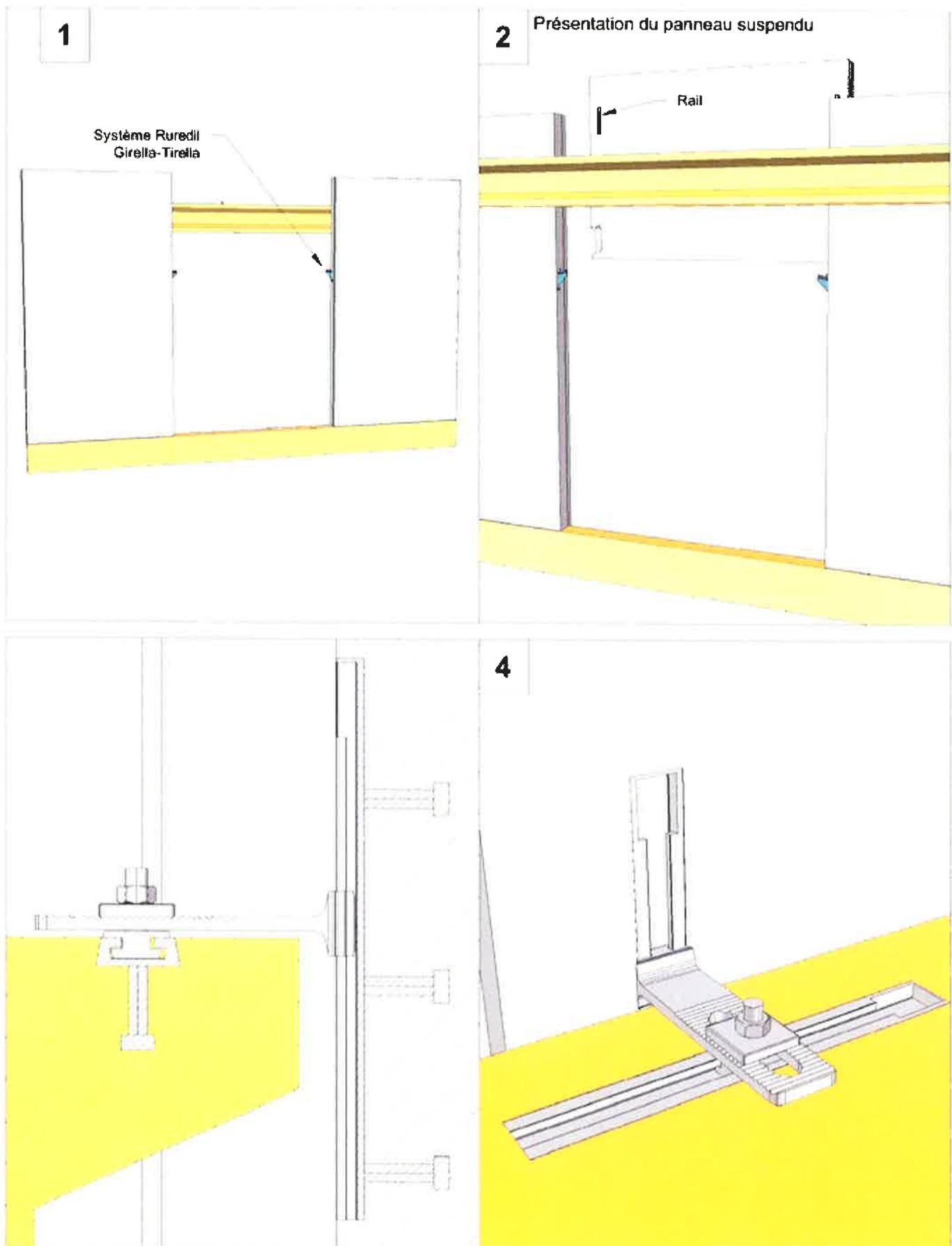


Assemblage panneau corbeau par clavetage au mortier sans retrait

D6. Principe de pose des panneaux drapeaux :

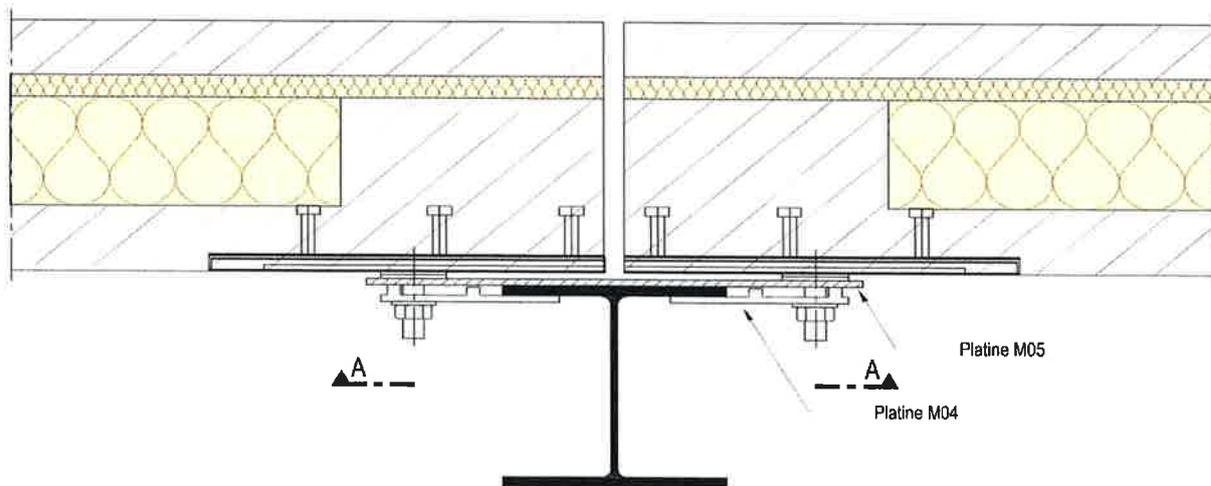


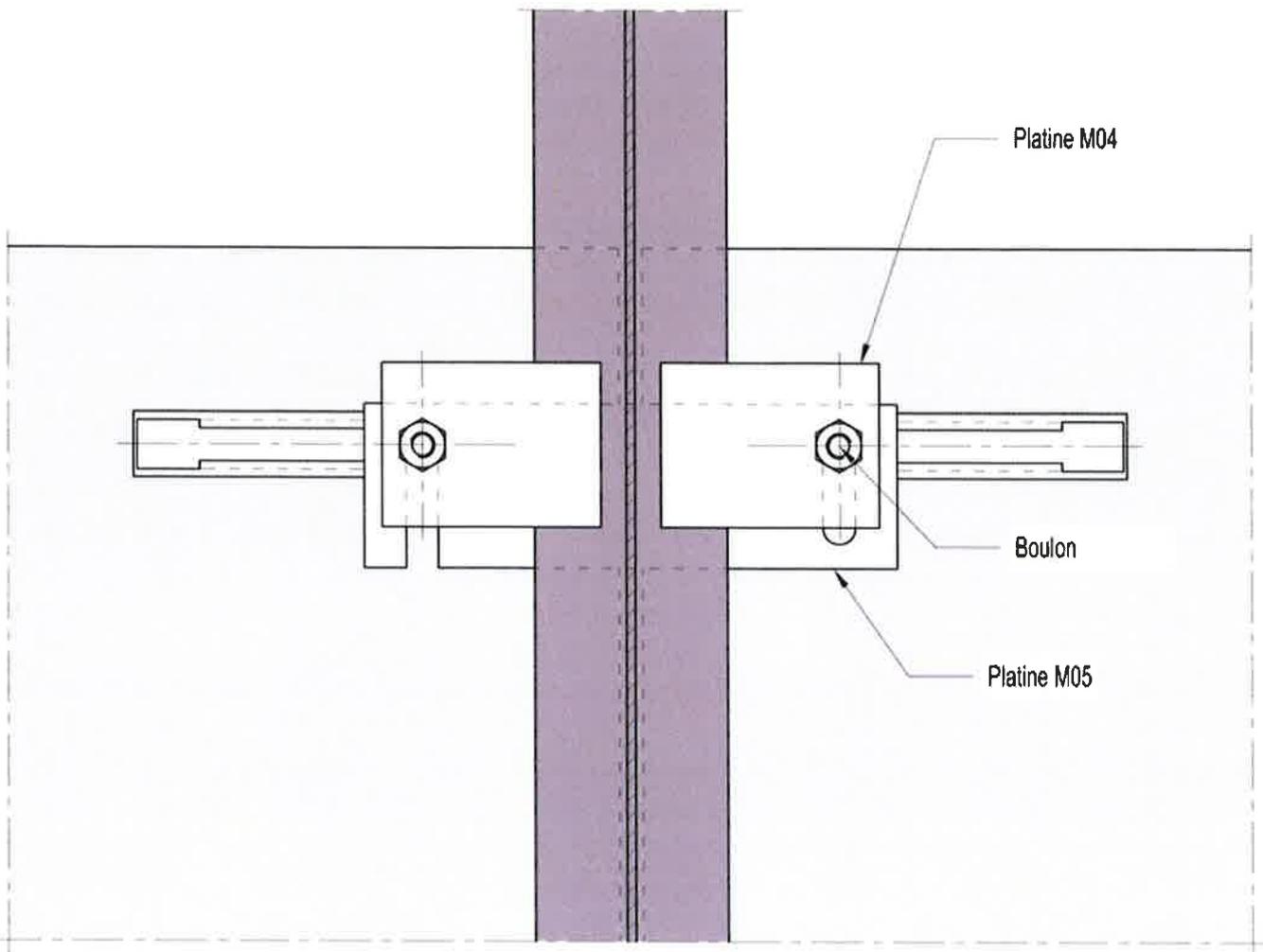
D7. Principe de fixation des panneaux en zone sismique sur ossature béton:



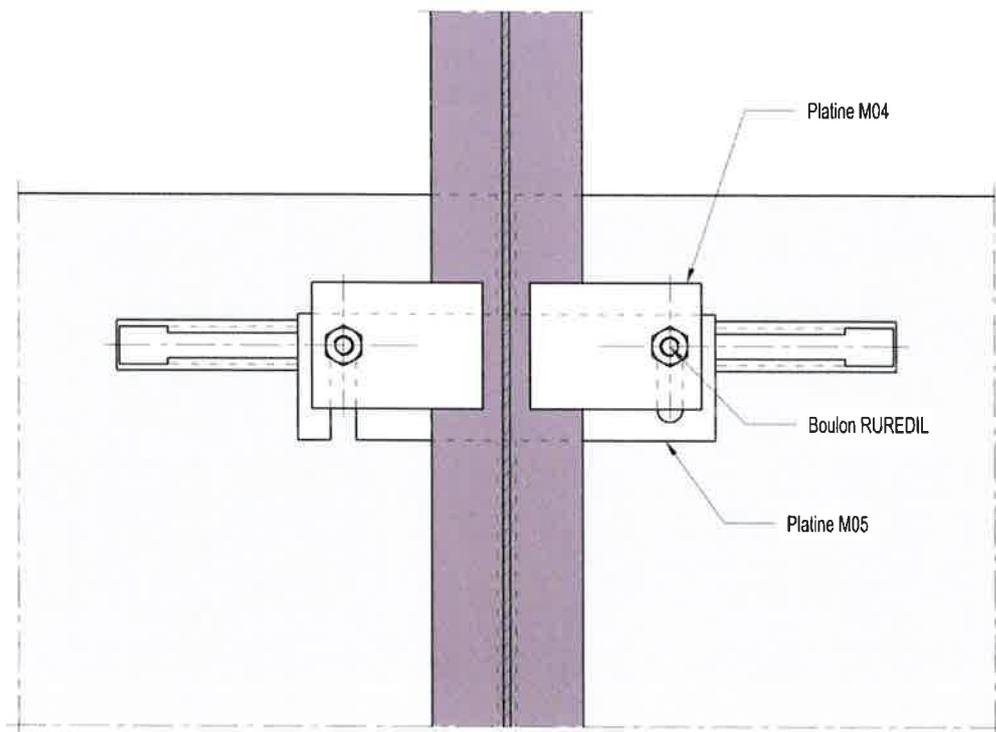
D8. Principe de fixation des panneaux sur ossature métallique :

Vue en plan :



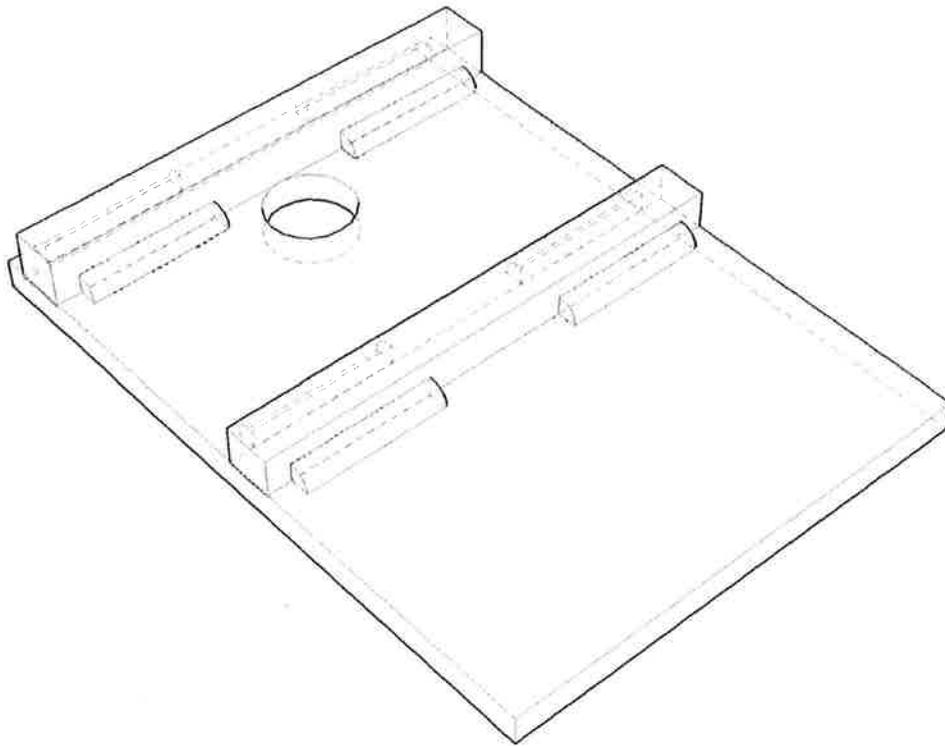


Coupe AA



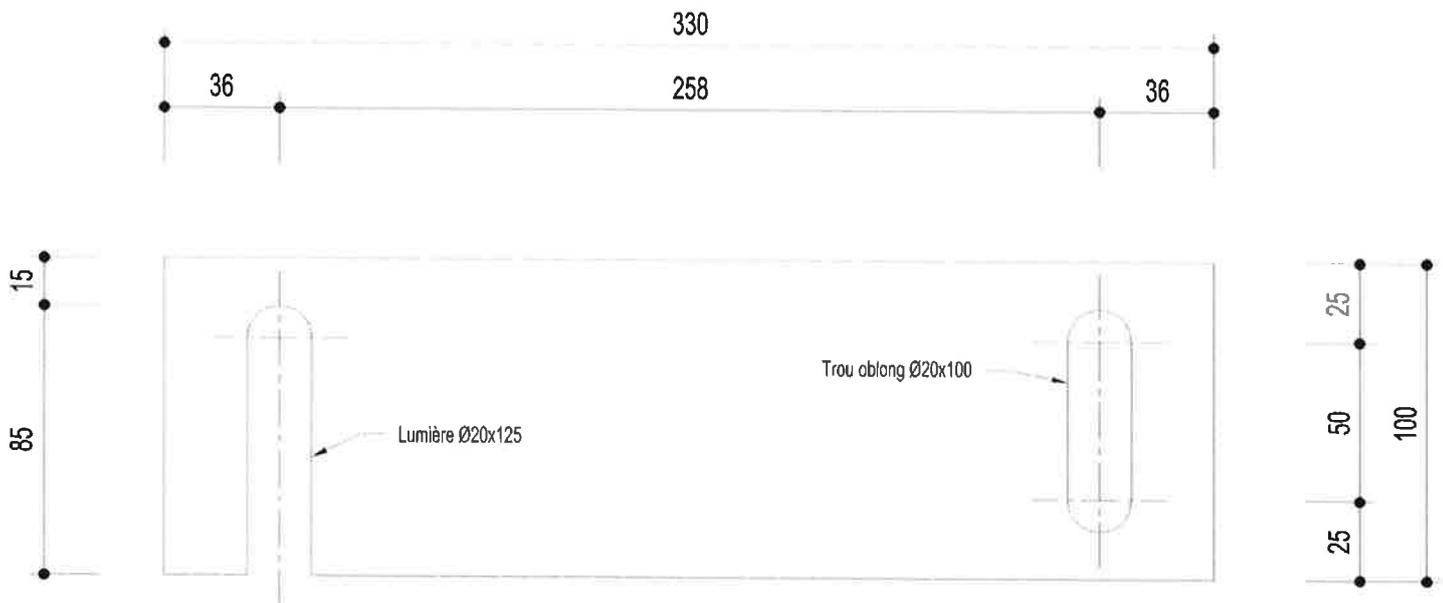
Coupe AA

Détail crapaud M04 avec anti-basculement :

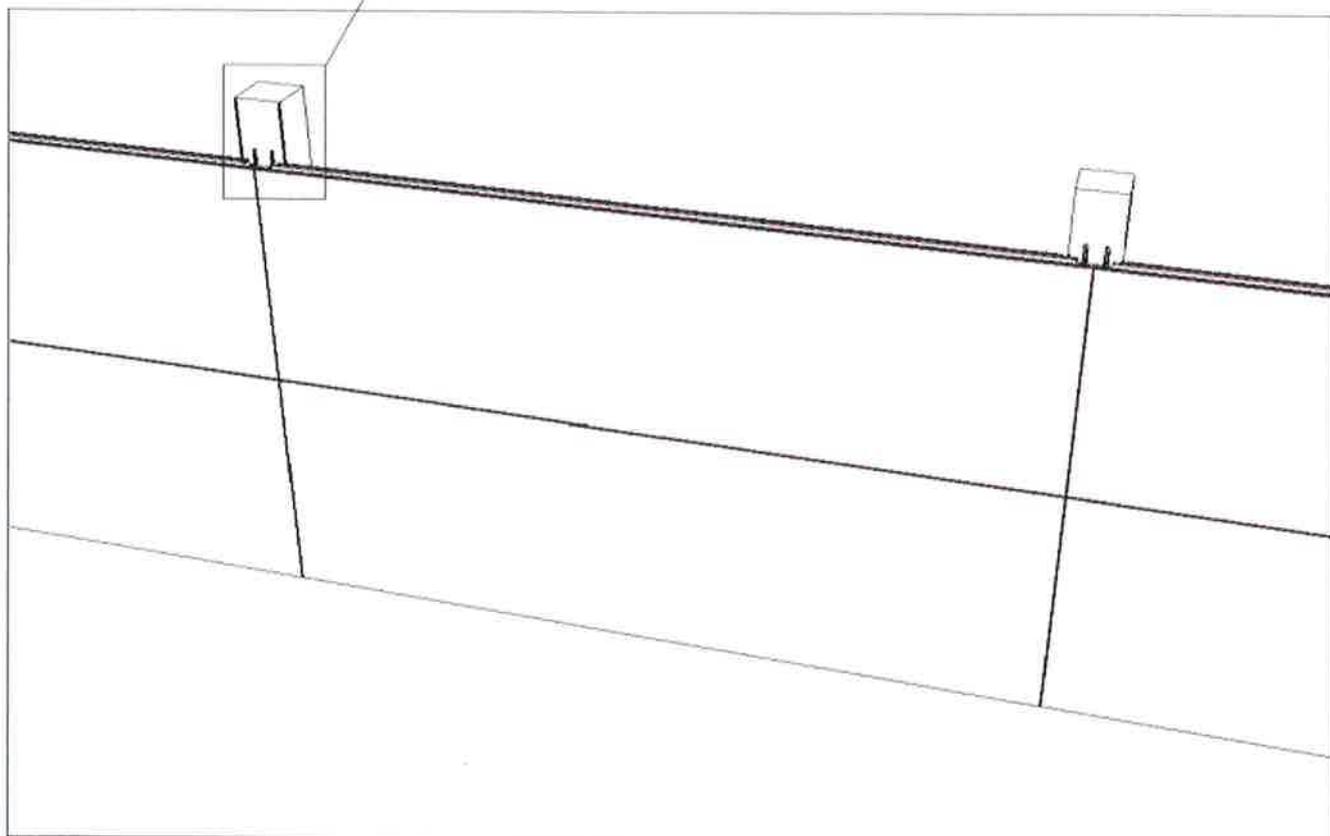
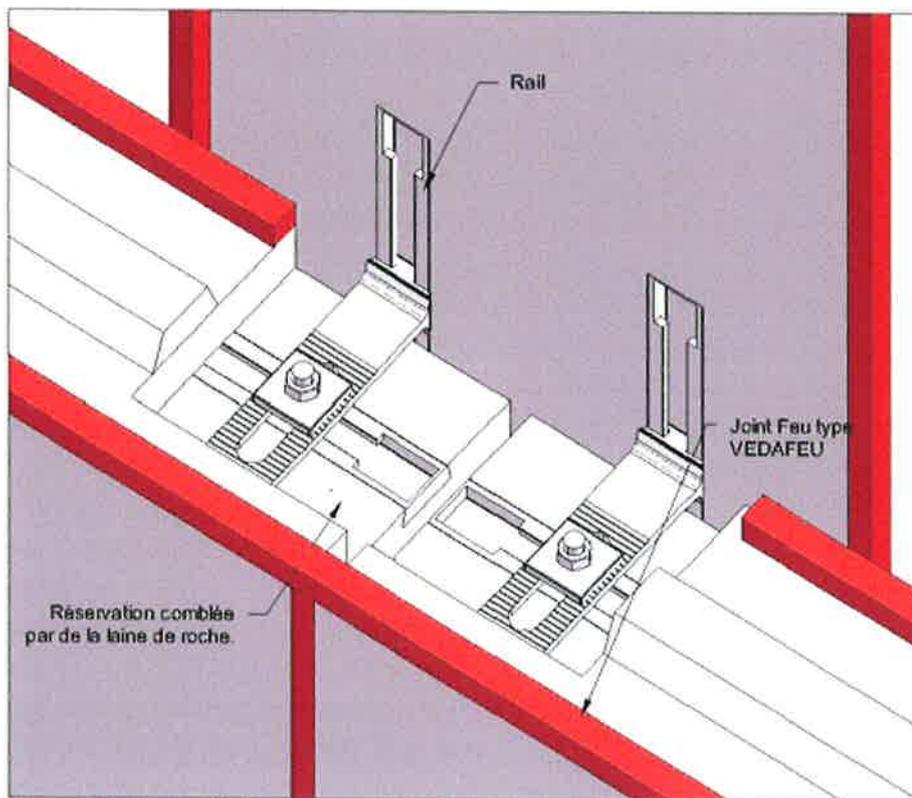


Détail platine M05 obligatoire en zone sismique :

(Dimensions variables données à titre indicatif)

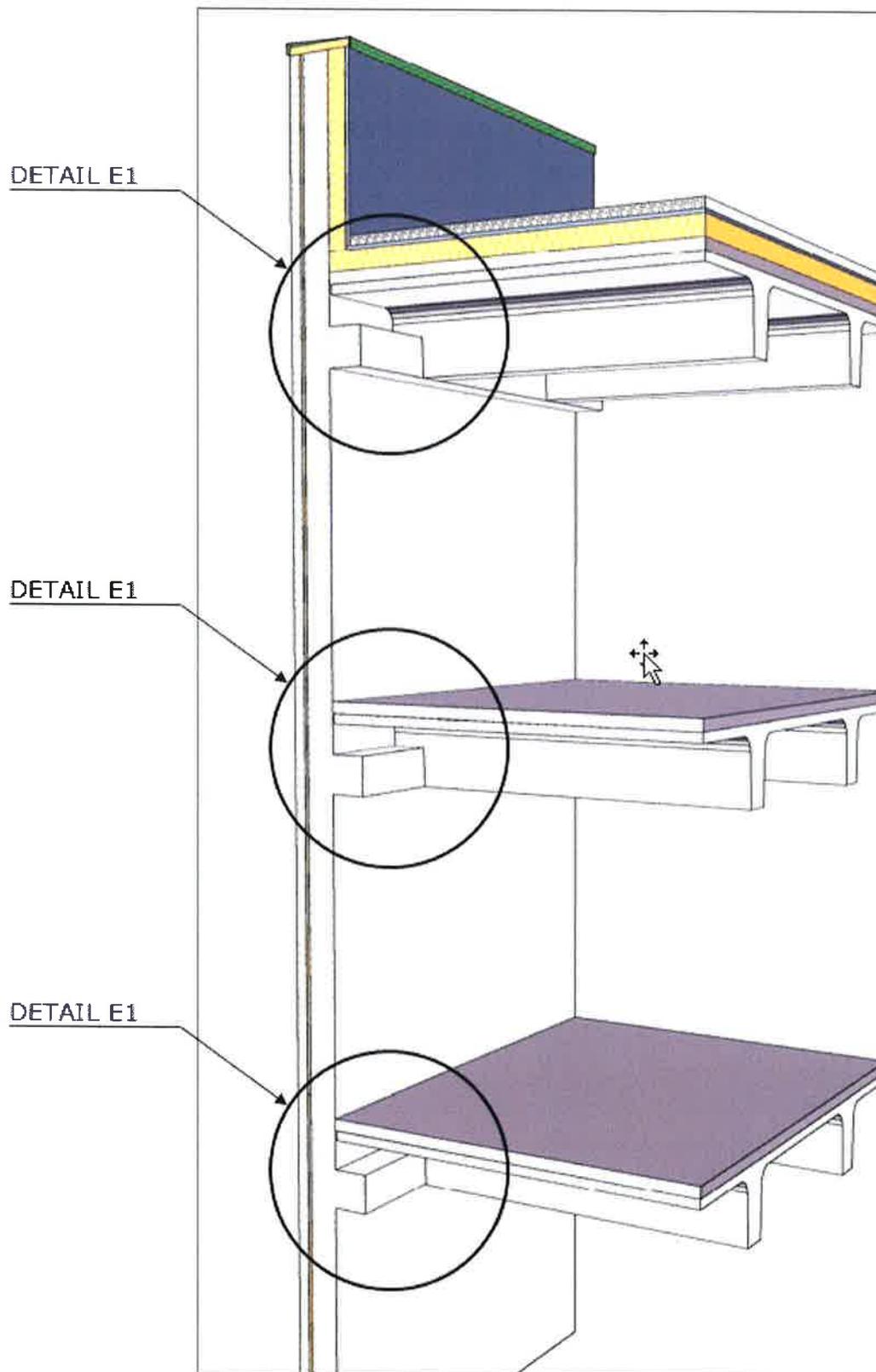


D9. Détails sur joint coupe-feu type VEDAFEU ou équivalent des panneaux non porteurs en appliques (protection des fixations) :

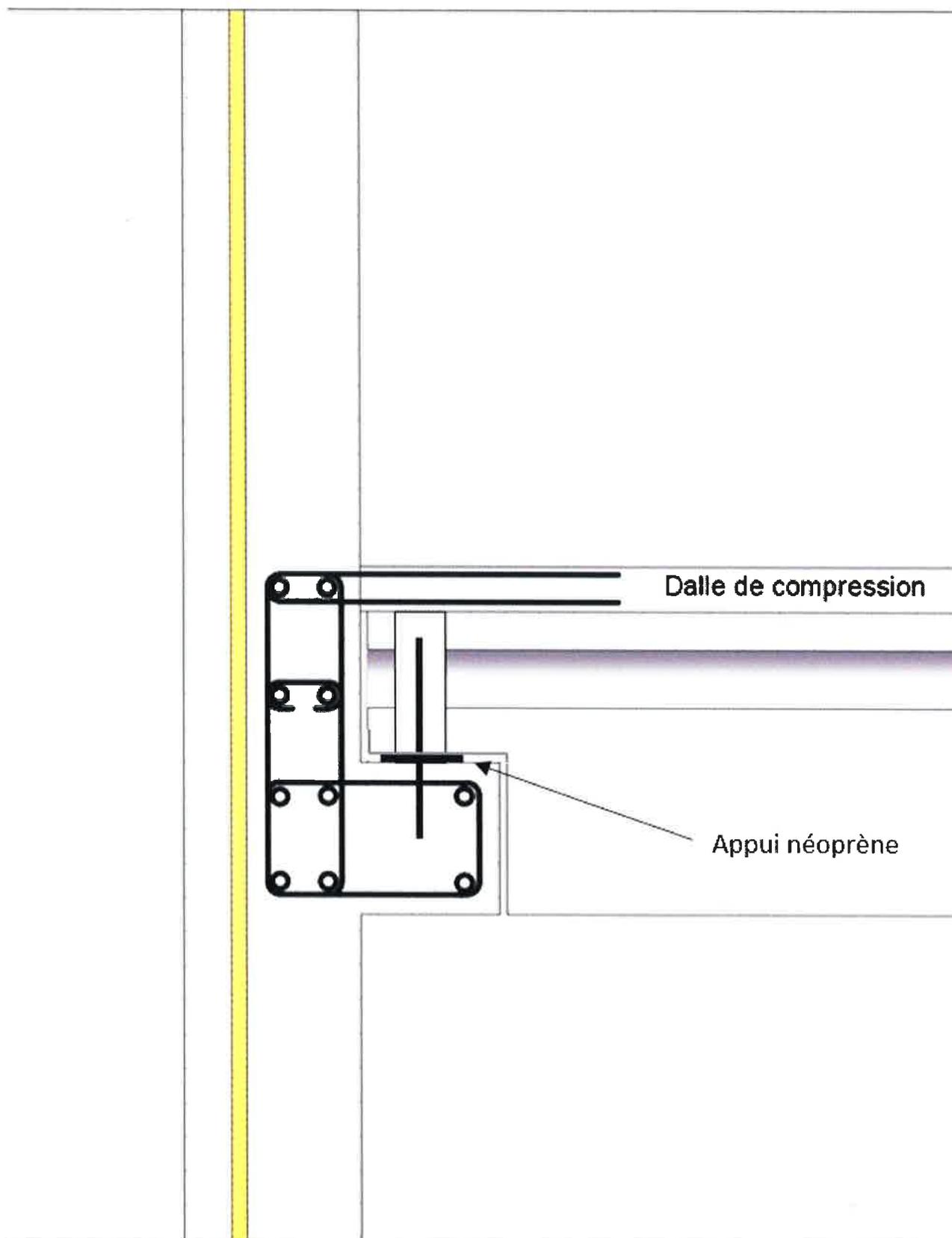


E. Principe d'assemblage des planchers avec panneaux porteurs verticaux:

Avec console filante :

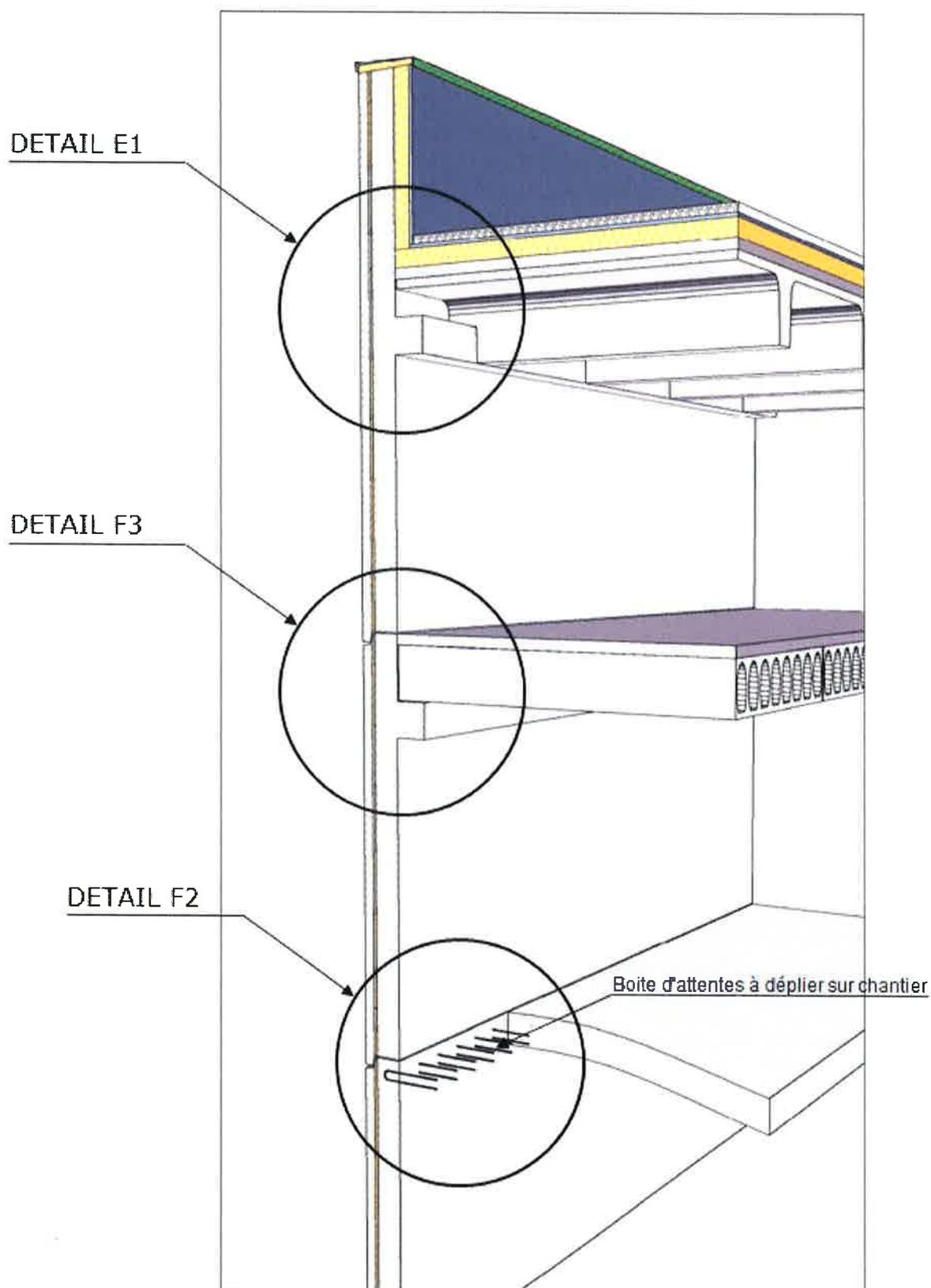


E1. Principe de ferrailage des consoles filantes d'appui du plancher (plancher TT) :



F. Principe d'assemblage des planchers avec panneaux porteurs horizontaux :

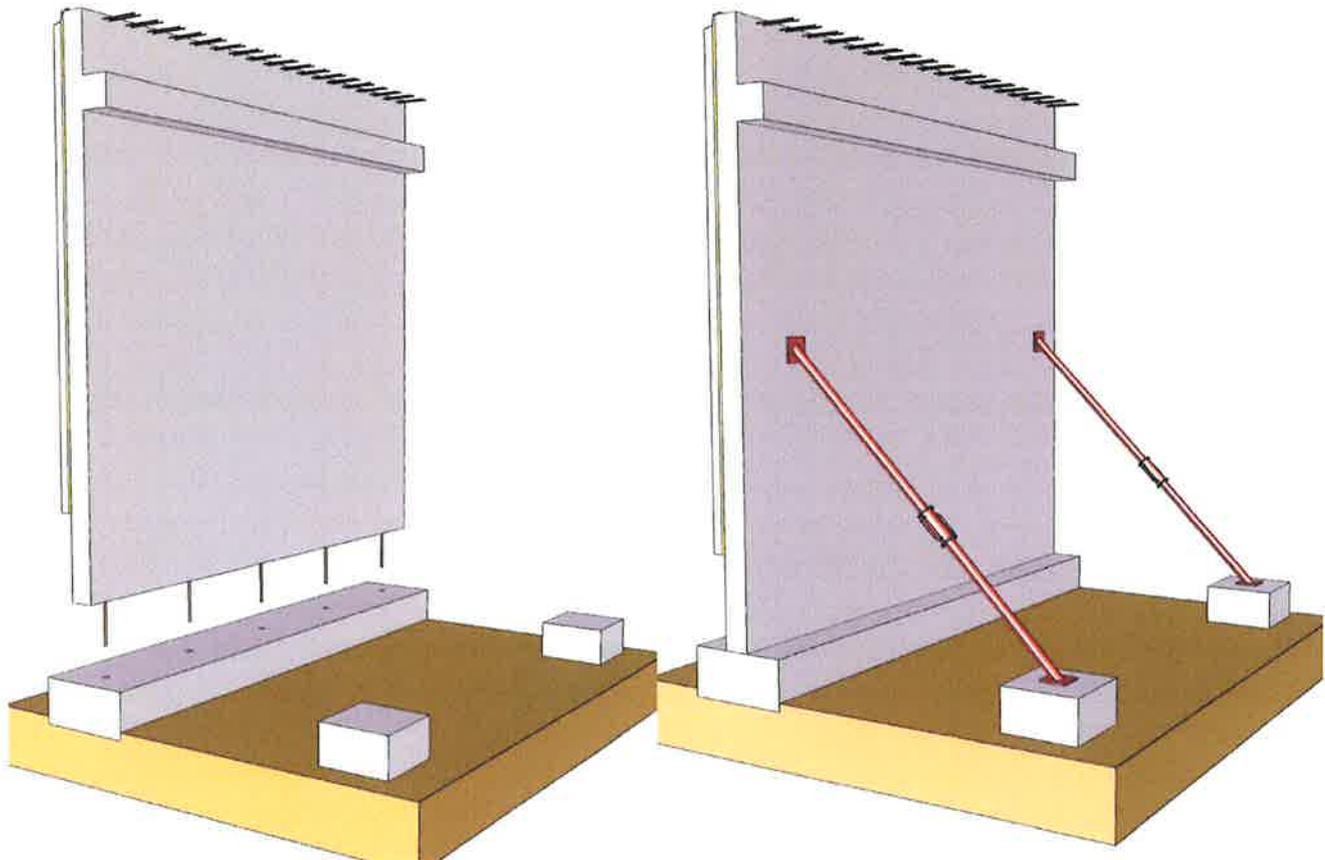
Avec console filante, en appuis directs et en appuis indirects :



F1. Cinématique d'assemblage :

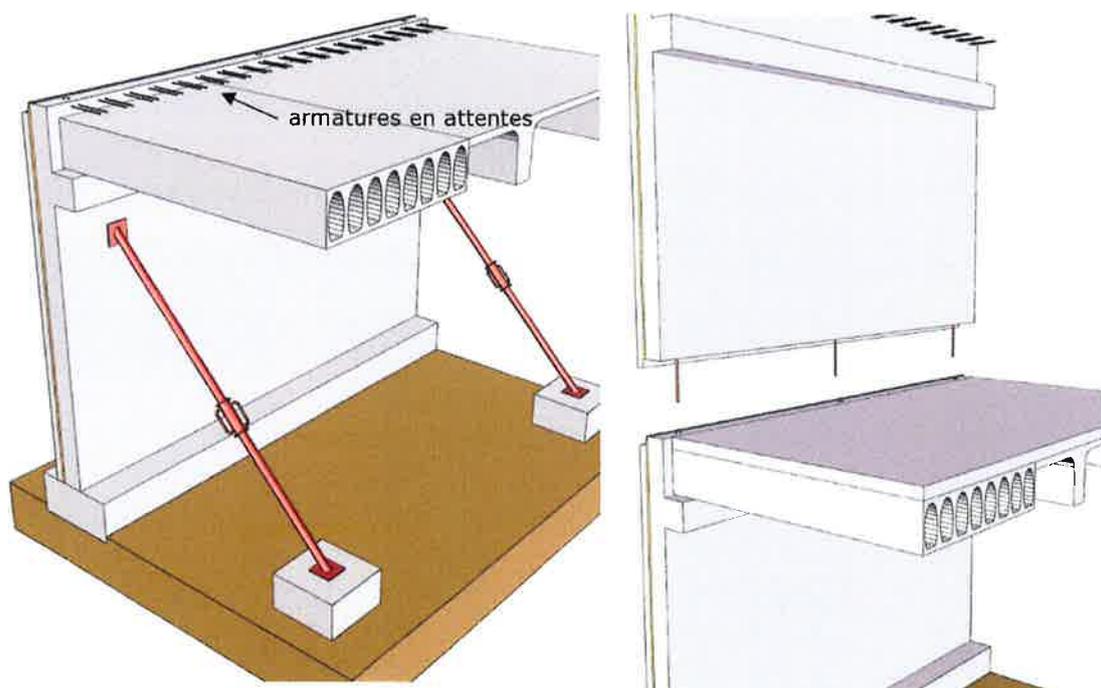
Réalisation de la fondation et carottage :

Descente, clavetage (voir détails I1 à I3) et étaielement du panneau :

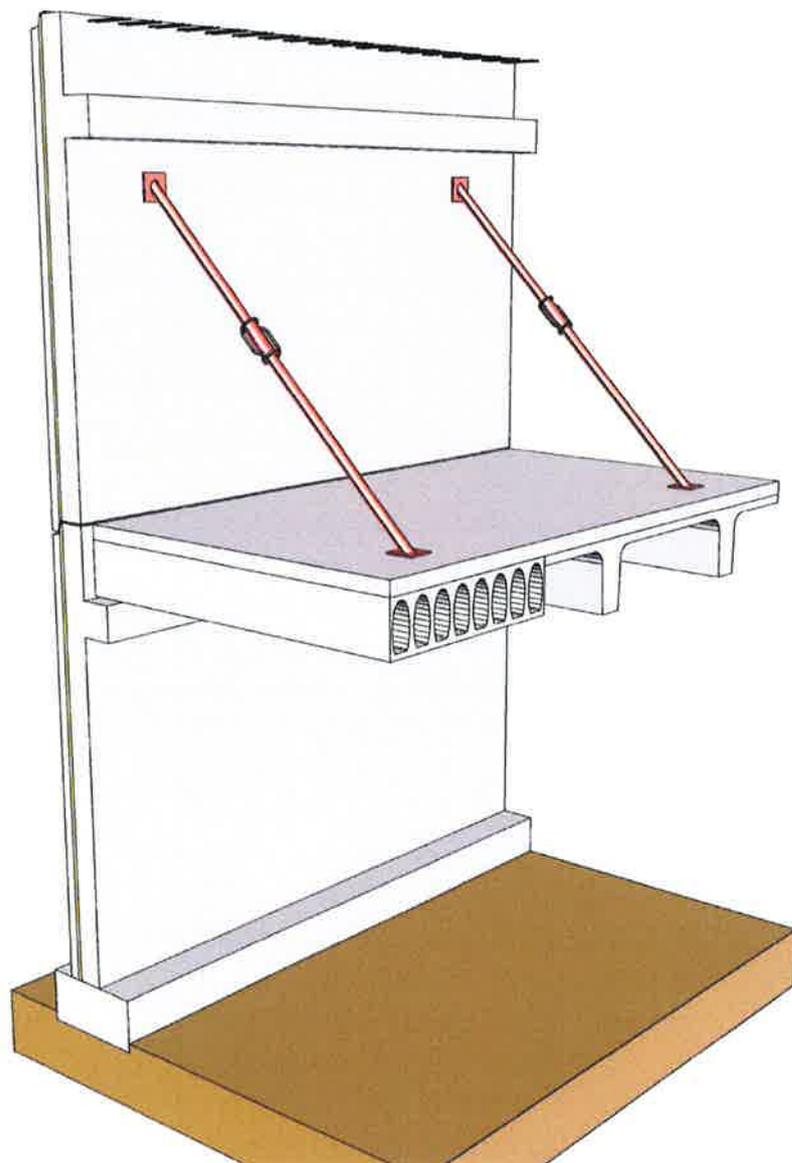


Exécution des planchers et clavetage avec les panneaux (voir détails F2 et F3) :

Descente et brochage du panneau supérieur (voir détail B4) :



Etalement du panneau supérieur sur la dalle de compression ou sur plot béton puis pose des autres niveaux suivant la même cinématique (la stabilité du plancher intermédiaire en phase provisoire devant être correctement assurée (étalement, ...)):



F2. Avec plancher coulé en place ou prédalle :

--- Réserve pour brochage
(nb et espacement suivant calcul)

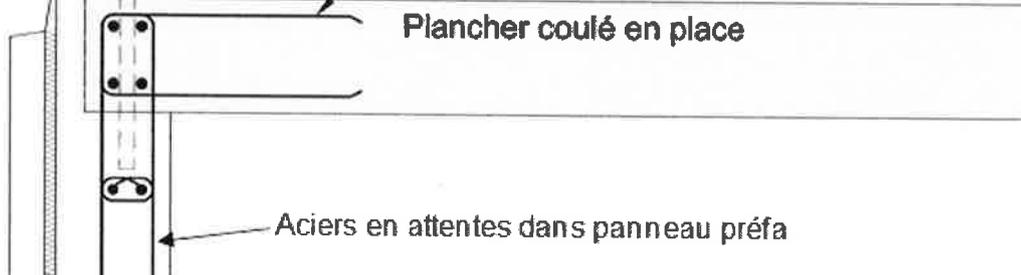
--- Aciers en attente dans panneau préfa



(Avec ou sans becquet selon épaisseur voile, min 5cm)

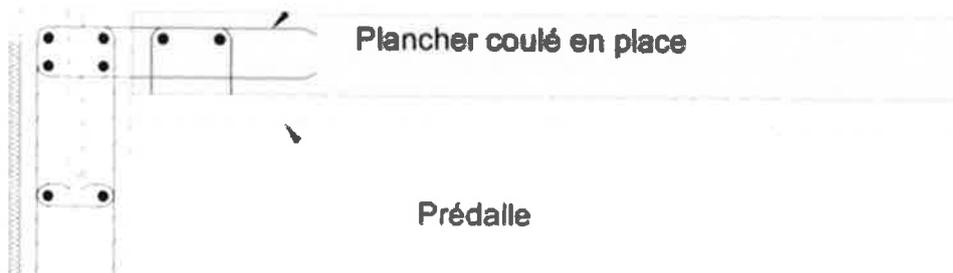
--- Réserve pour brochage (nb et espacement suivant calcul)

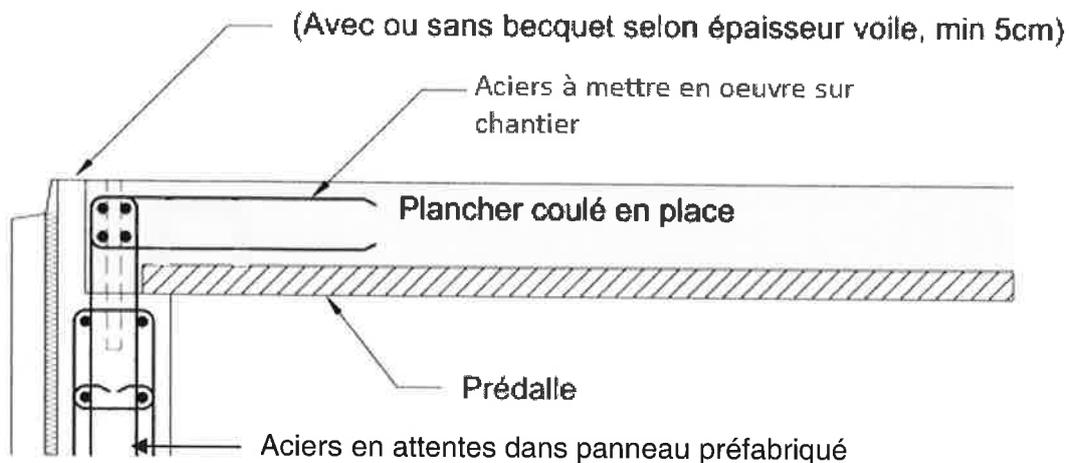
--- Acier à mettre en œuvre sur chantier



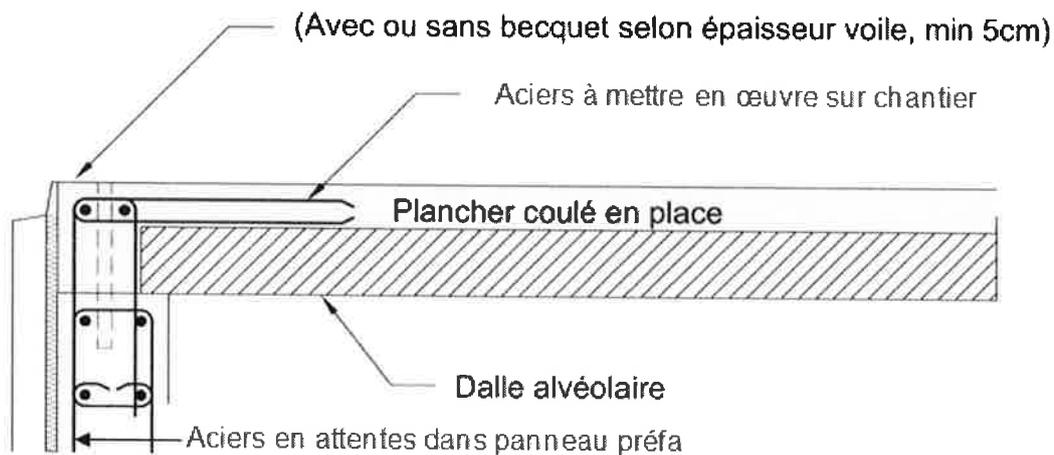
Hors situation sismique

Aciers en attente dans panneau préfa



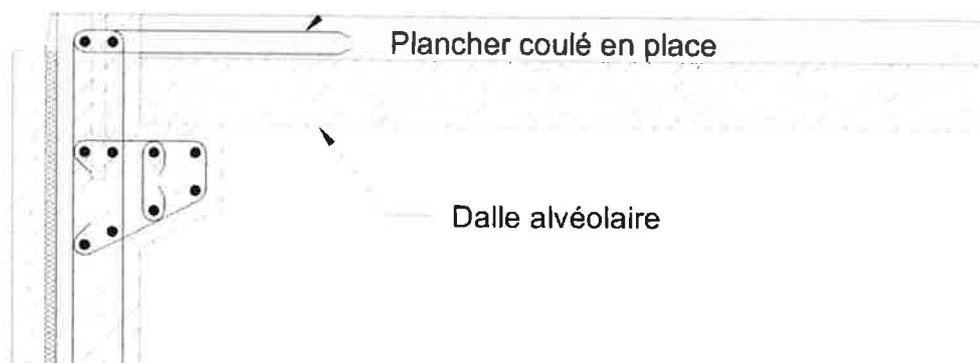


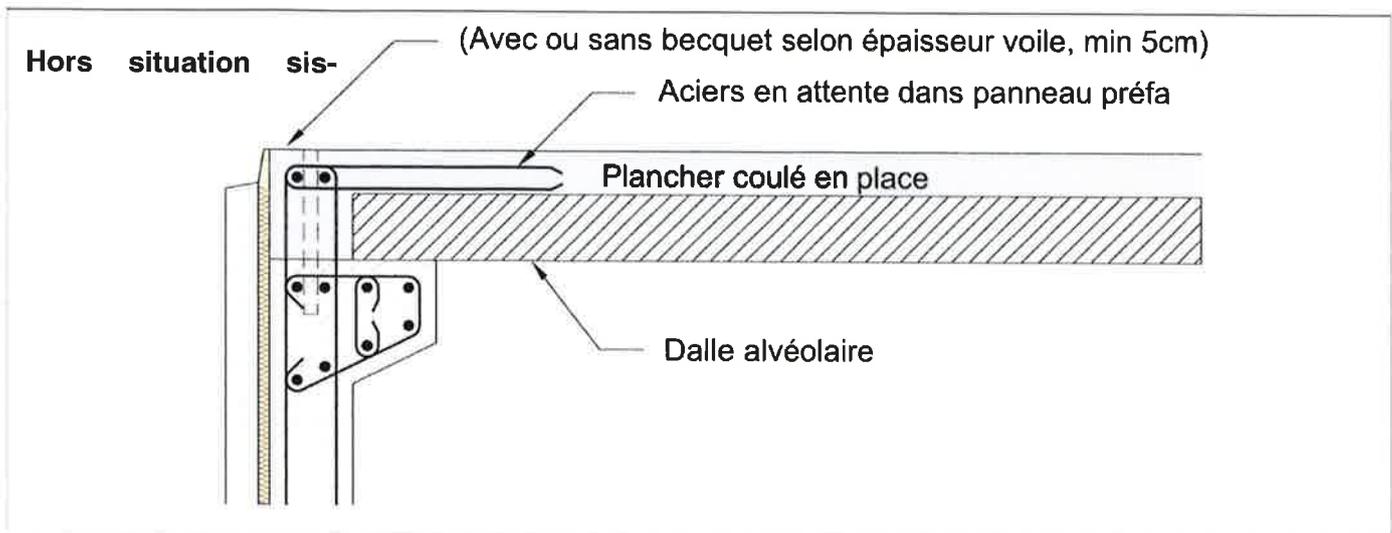
F3. Avec plancher préfabriqué (type dalle alvéolaire ou plancher TT) :



Hors situation sismique

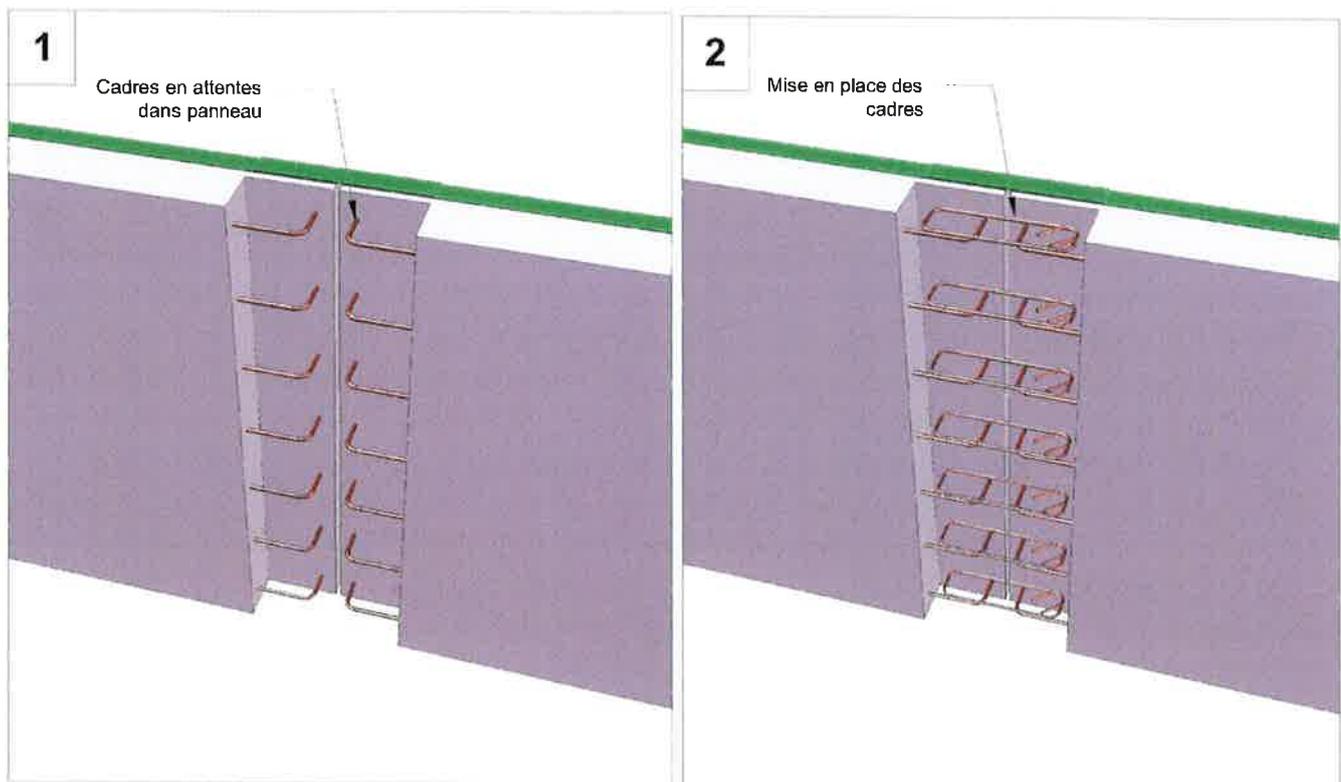
Aciers en attente dans panneau préfa

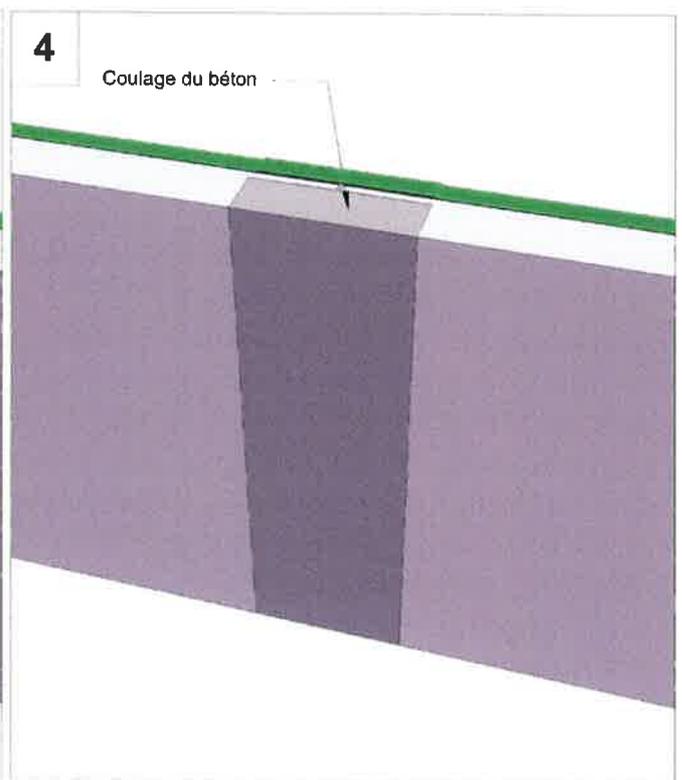
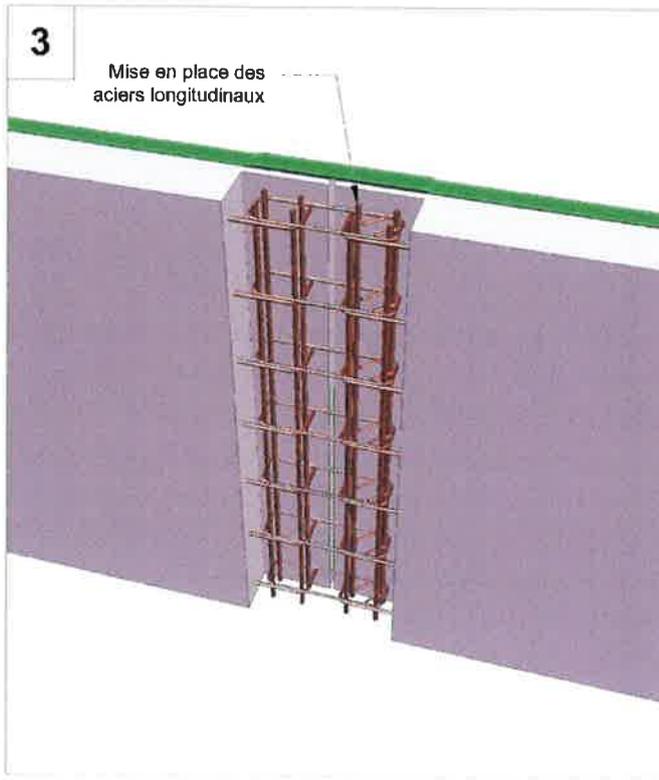




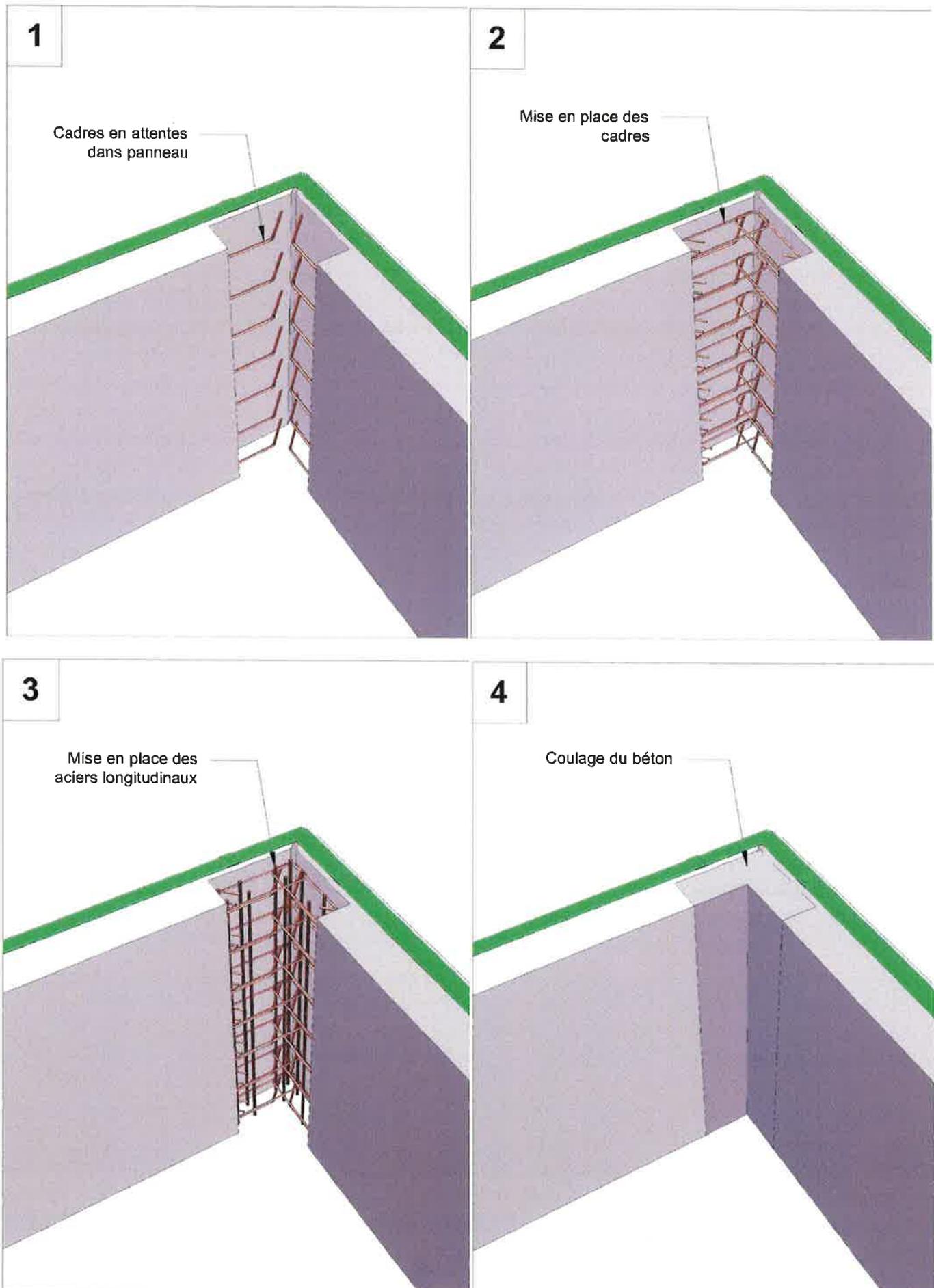
G. Principe de clavetage entre panneaux :

G1. Clavetage vertical entre panneaux courants :

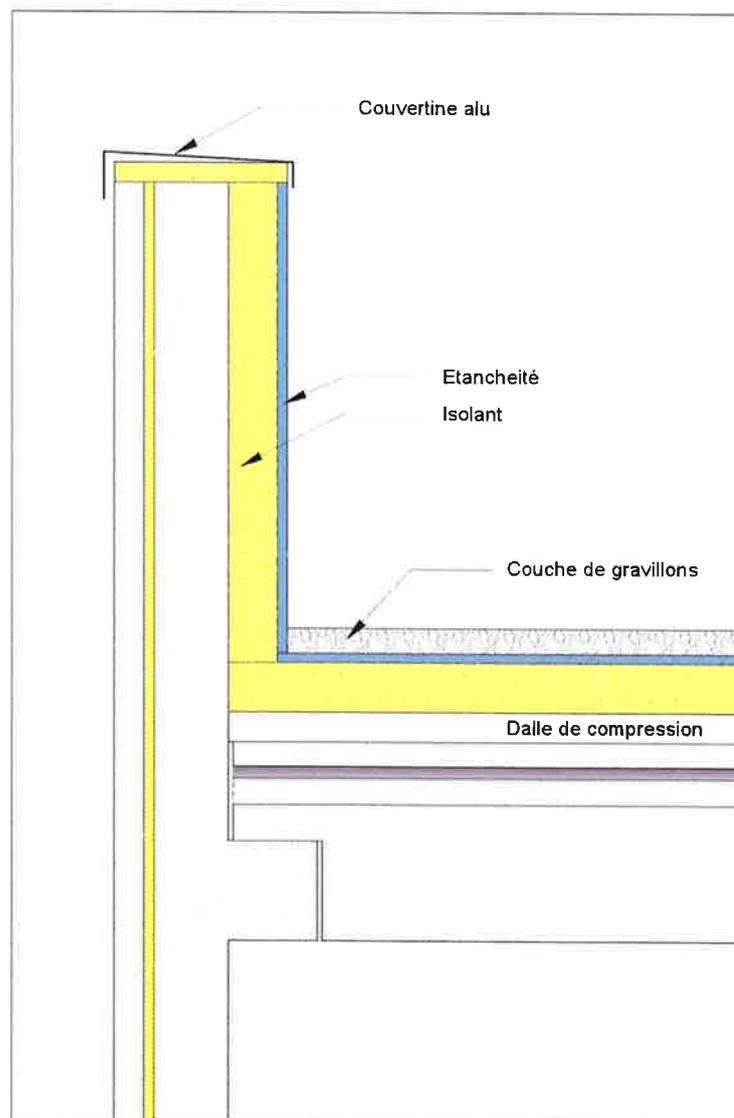
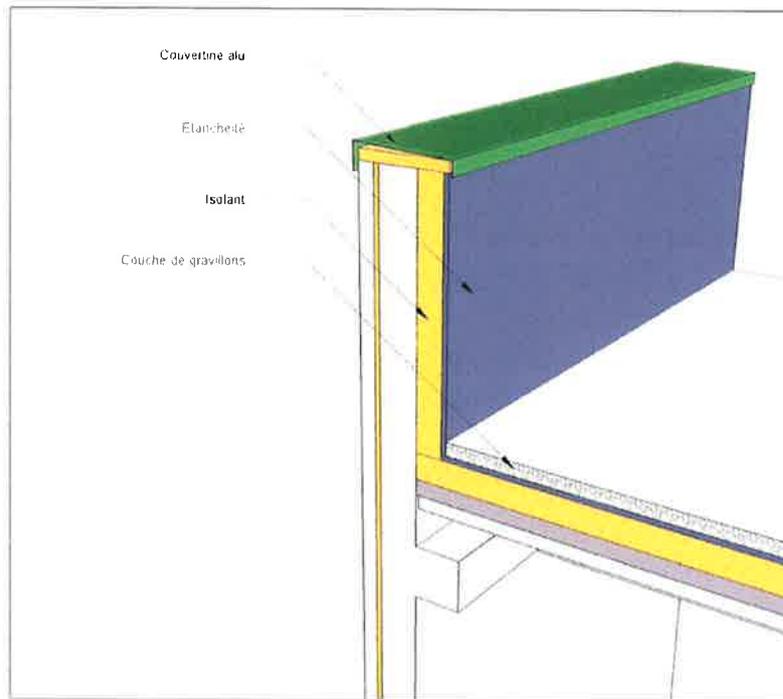




G2. Clavetage vertical entre panneaux d'angles :

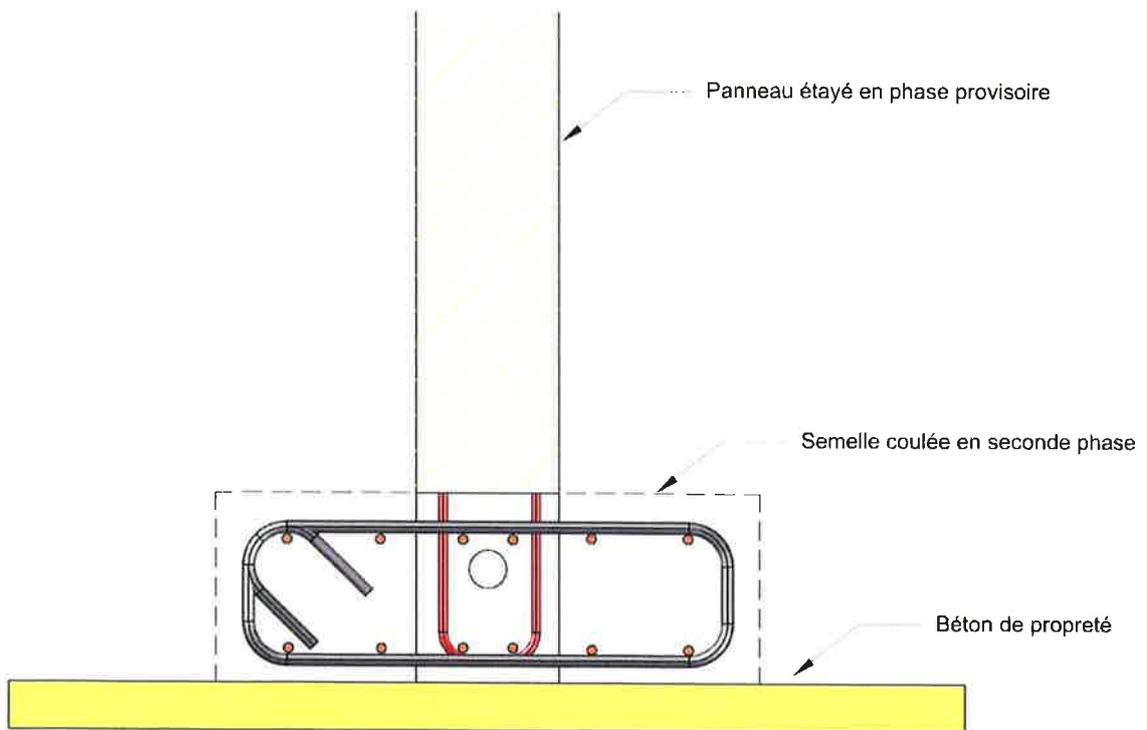
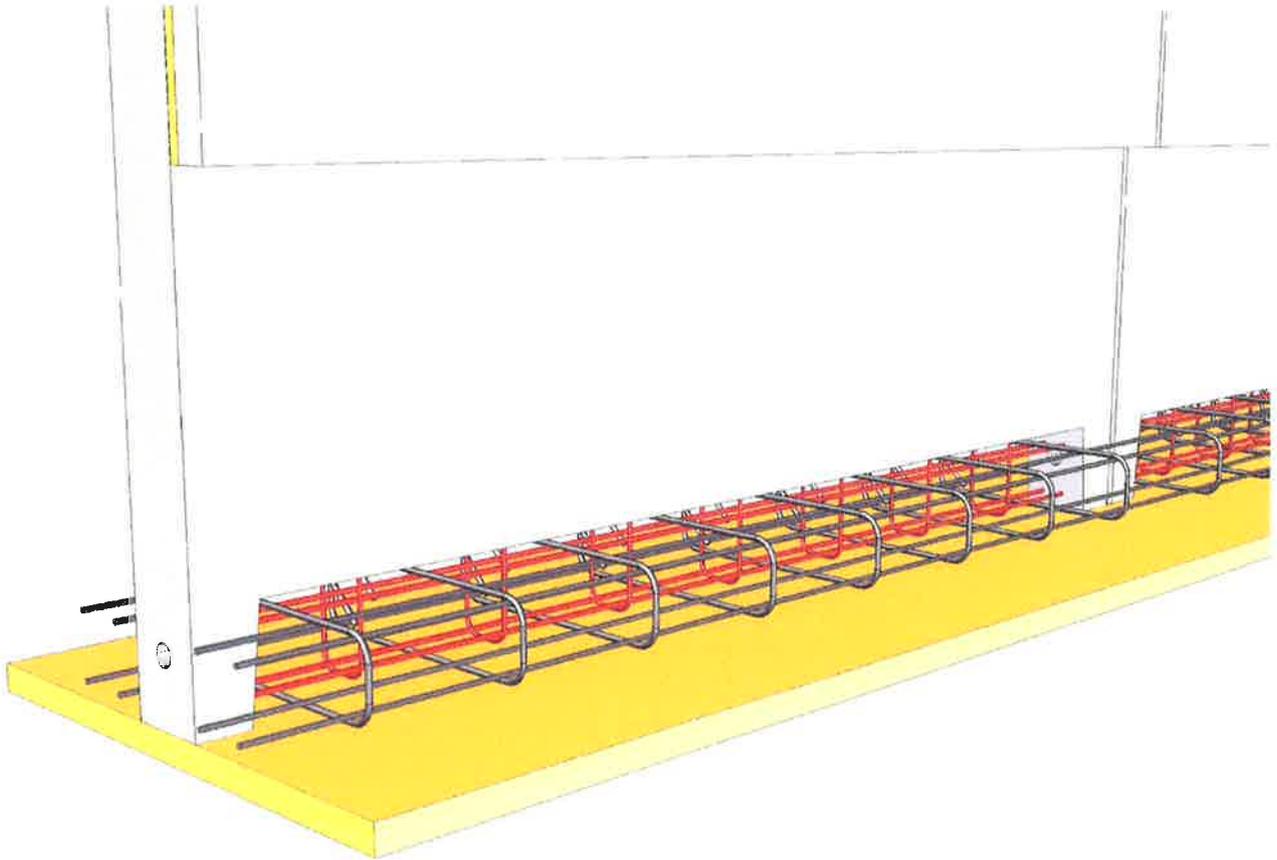


H. Principe de réalisation des acrotères :

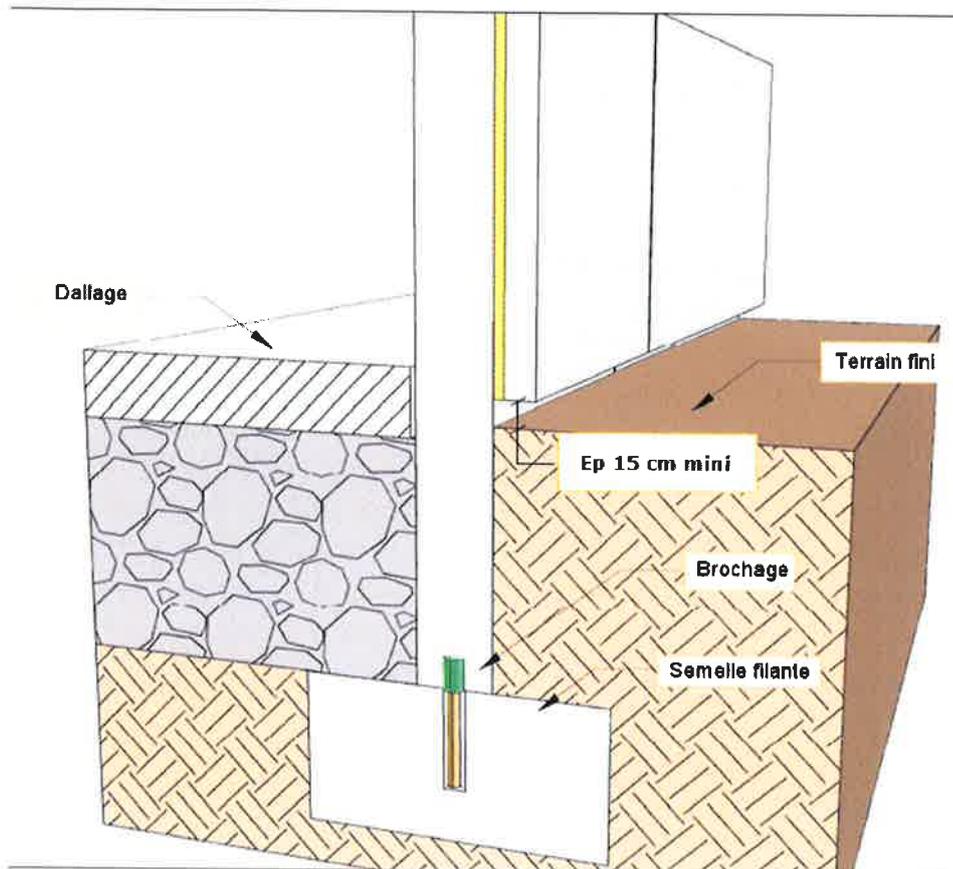


I. Principe de fondation pour les panneaux porteurs :

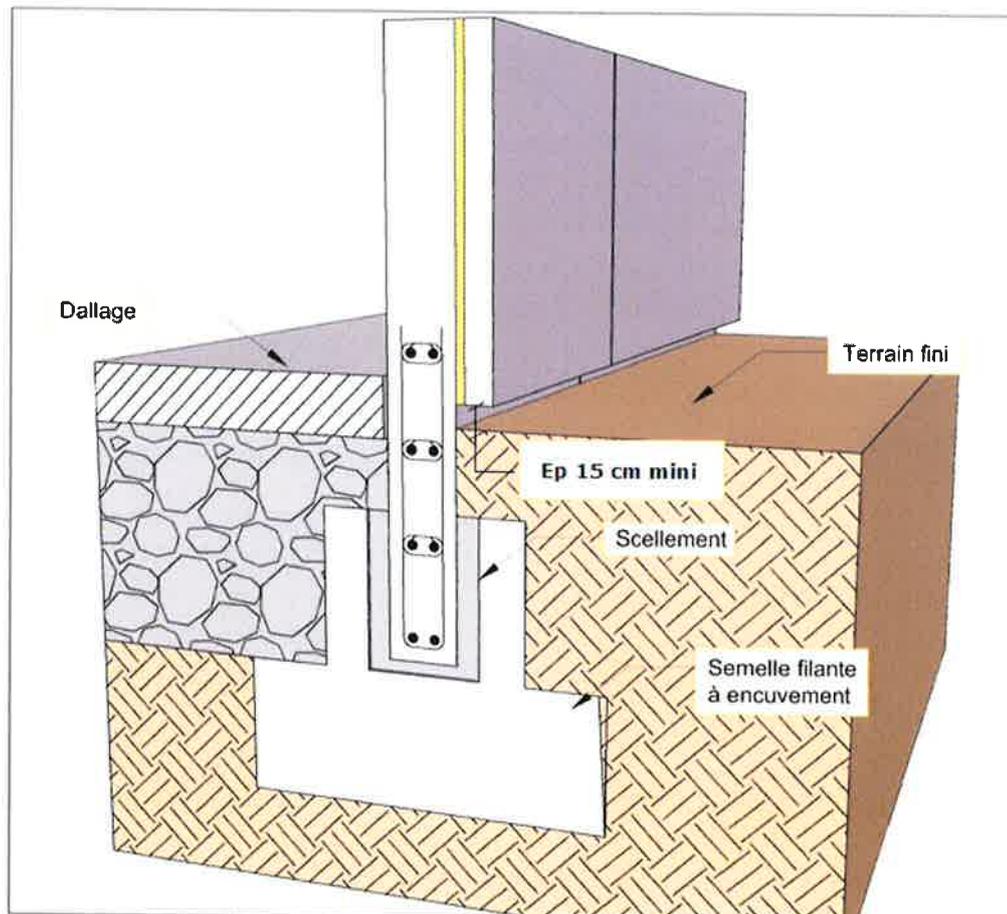
I.1. Panneau Claveté sur semelle filante :



I.2. Panneau broché sur la semelle :



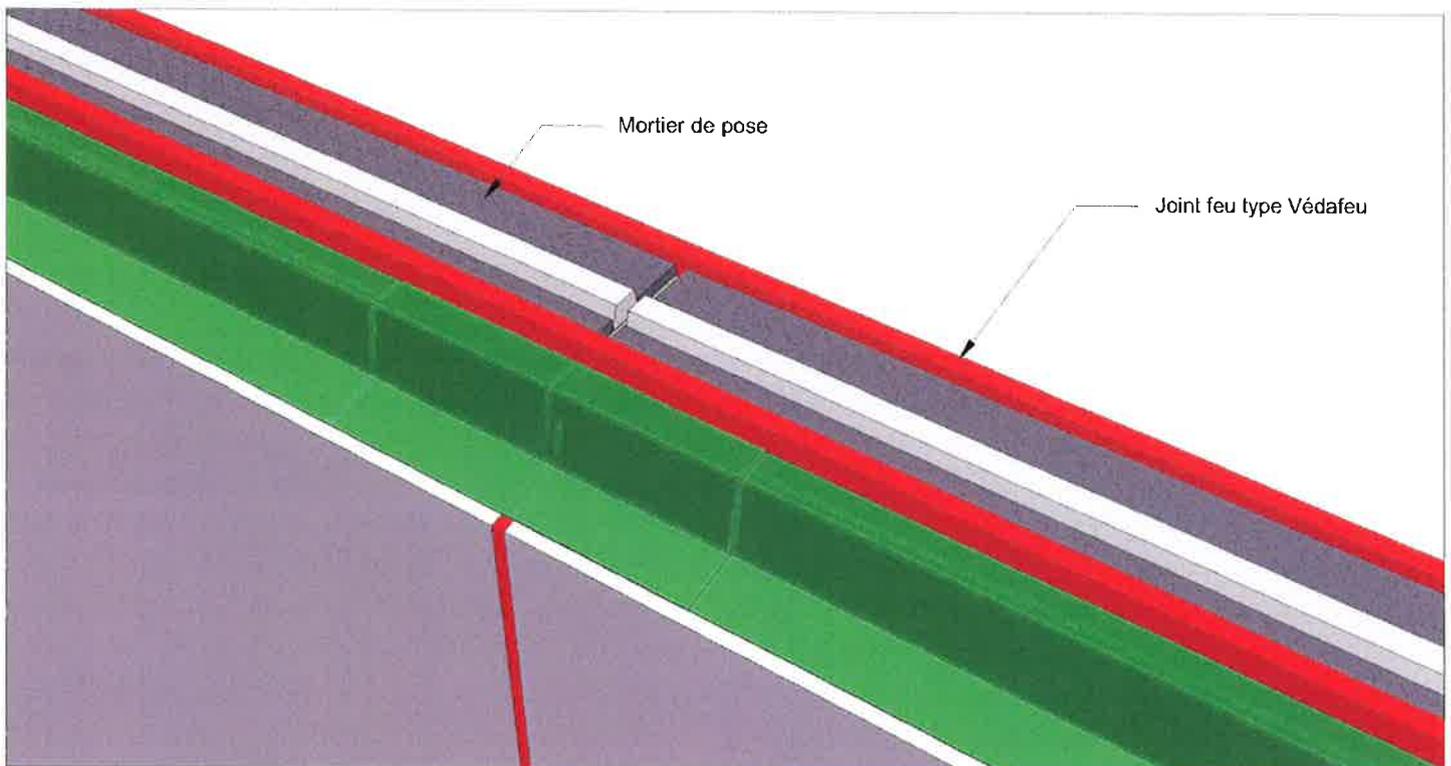
I.3. Panneau encuvé dans la semelle :



J. Tableau de détermination de la température dans les panneaux BARDAL+ et BARDAL pleins :

Distribution de la température dans les voiles exposés au Feu. Calcul sous un feu conventionnel ISO R834 suivant la méthode de l'Eurocode 2 partie 1-2. Les tableaux de températures ci-dessous sont issus du calcul numérique établi par le CERIB avec le logiciel Cast3M.

J.1 Détails sur joint coupe-feu type VEDAFEU (appréciation de laboratoire n° 2013 CERIB 2474):



J.2 Epaisseur de l'élément porteur (paroi intérieure pleine)= 15 cm :

Distance / Face exposé X(mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
30 min	755	622	512	423	350	290	240	198	164	139	122	107	93	82	72	63
60 min	897	784	685	598	523	457	401	351	308	270	236	207	182	159	143	130
90 min	971	871	780	699	626	561	503	451	405	364	328	295	266	240	217	197
120 min	1021	931	846	769	699	636	579	527	481	439	401	367	337	309	284	262
180 min	1090	1012	939	870	806	747	692	642	597	555	516	481	450	420	394	370
240 min	1137	1069	1004	942	883	828	777	729	685	644	606	572	540	511	484	459

Distance / Face exposé X(mm)	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
30 min	63	56	49,6	44	40	36	33	31	28	27	26	24	24	23	23	23
60 min	130	119	109	99	91	84	77	72	67	63	59	56	54	53	52	51
90 min	197	178	162	149	140	132	124	118	112	108	104	100	98	96	95	95
120 min	262	242	224	208	194	182	171	162	155	149	145	142	140	138	137	137
180 min	370	348	328	310	294	280	267	256	247	238	231	226	221	218	217	216
240 min	459	437	416	398	381	367	353	342	331	323	315	309	305	302	300	300

J.3 Epaisseur de l'élément porteur (paroi intérieure pleine)= 20 cm :

Distance /Face exposé X(mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
30min	755	622	512	423	350	290	240	198	164	139	122	107	93	82
60min	897	784	685	598	523	457	400	351	307	269	236	207	181	158
90min	971	871	780	698	625	560	502	450	404	362	325	292	262	236
120min	1021	930	845	768	697	633	575	523	476	433	395	359	328	299
180min	1089	1010	935	865	799	738	682	631	584	540	500	464	430	399
240min	1136	1066	998	933	872	814	761	711	664	622	582	545	510	479

Distance /Face exposé X(mm)	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
30min	72	63	55,8	50	44	40	36	33	30	28	27	25	24	23
60min	142	129	117	107	97	89	81	74	67	62	57	52	48	44
90min	212	190	171	154	141	131	121	113	104	97	90	84	78	73
120min	272	248	227	207	189	173	158	146	137	129	121	114	108	102
180min	370	344	320	298	278	259	242	226	212	198	186	176	166	157
240min	449	422	397	374	352	332	314	297	281	267	254	242	231	221

Distance /Face exposé X(mm)	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
30min	22	22	21,4	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20
60min	41	39	36,1	34	32	31	29	28	27	27	26	26	26
90min	68	64	60	57	54	51	49	47	46	45	44	43	43
120min	97	92	87	83	80	77	74	72	70	69	68	67	67
180min	150	145	140	136	132	129	126	124	122	121	119	119	119
240min	211	203	196	189	184	179	175	171	168	166	164	164	163

J.4 Epaisseur de l'élément porteur (paroi intérieure pleine) = 25 cm

Distance /Face exposé X(mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
30min	755	622	512	423	350	290	240	198	164	139	122	107	93
60min	897	784	685	598	523	457	400	351	307	269	236	207	181
90min	971	871	780	698	625	560	502	450	404	362	325	292	262
120min	1021	930	845	768	697	633	575	523	476	433	394	359	327
180min	1089	1010	935	864	798	737	681	629	582	538	498	461	426
240min	1136	1065	996	931	869	811	757	706	660	616	575	538	503

Distance /Face exposé X(mm)	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
30min	82	72	63	56	50	44	40	36	33	30	28	27	25
60min	158	142	129	117	107	97	89	81	74	67	62	57	52
90min	236	212	190	170	153	141	130	121	112	104	96	89	83
120min	298	271	247	225	205	187	170	155	144	135	126	118	110
180min	395	366	339	314	292	270	251	233	216	200	186	173	160
240min	470	440	412	386	361	339	318	298	280	263	247	232	218

Distance /Face exposé X(mm)	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
30min	24	23	22	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
60min	48	44	41	38	36	34	32	30	28	27	26	25	24
90min	77	71	66	62	57	54	50	47	44	42	39	37	35
120min	103	97	91	85	80	75	71	66	63	59	56	53	50
180min	150	142	135	128	122	116	111	106	101	97	93	89	85
240min	206	194	183	172	163	155	148	142	137	133	128	125	121

Distance /Face exposé X(mm)	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250
30min	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
60min	24	23	23	22	22	22	21	21	21	21	21	21
90min	34	32	31	30	29	28	27	27	26	26	26	26
120min	48	46	44	42	41	40	38	38	37	36	36	36
180min	82	79	77	75	73	71	69	68	67	67	66	66
240min	118	115	112	109	107	106	104	103	102	101	101	100

J.5 Epaisseur de l'élément porteur (paroi intérieure pleine) = 30 cm :

Distance Face exposé X(mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
30min	755	622	512	423	350	290	240	198	164	139	122	107	93	82	72	63
60min	897	784	685	598	523	457	400	351	307	269	236	207	181	158	142	129
90min	971	871	780	698	625	560	502	450	404	362	325	292	262	236	212	190
120min	1021	930	845	768	697	633	575	523	476	433	394	359	327	298	271	247
180min	1089	1010	934	864	798	737	681	629	581	538	497	460	426	395	365	339
240min	1136	1065	996	931	869	811	756	706	659	615	574	537	501	469	438	410

Distance Face exposé X(mm)	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155
30min	56	50	44,3	40	36	33	30	28	27	25	24	23	22	22	21	21
60min	117	107	97,4	89	81	74	67	62	57	52	48	44	41	38	36	34
90min	170	153	141	130	121	112	104	96	89	83	77	71	66	62	57	53
120min	225	205	187	170	155	144	134	126	118	110	103	97	90	85	79	74
180min	314	291	269	250	231	215	199	184	171	158	148	140	132	126	119	113
240min	384	359	336	315	295	276	258	242	227	212	199	187	175	164	154	146

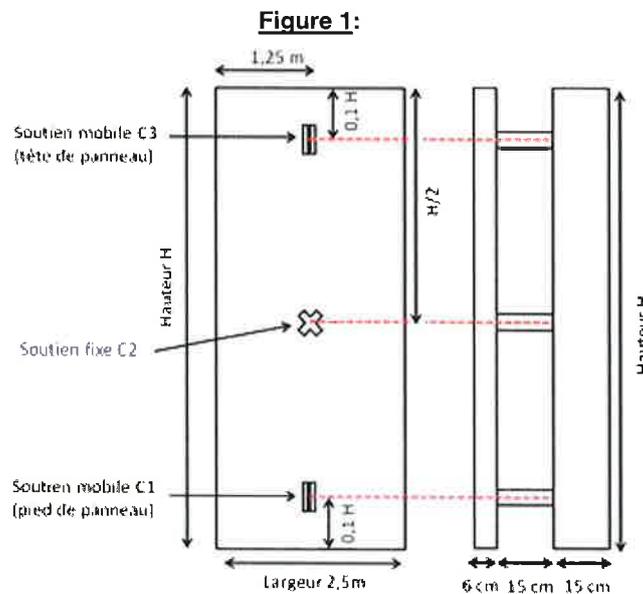
Distance Face exposé X(mm)	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
30min	21	21	20,4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
60min	32	30	28,4	27	26	25	24	24	23	23	22	22	21	21	21	21
90min	50	47	44	41	39	37	35	33	32	30	29	28	27	26	25	25
120min	70	66	62	58	55	51	49	46	44	41	39	37	36	34	33	32
180min	107	101	96	91	87	82	78	74	71	68	64	62	59	56	54	52
240min	139	133	128	122	117	112	107	103	99	95	91	88	85	82	79	76

Distance Face exposé X(mm)	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	195	300
30min	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
60min	21	20,5	20,4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
90min	24	23	23	23	22	22	22	22	21	21	21	21	21
120min	31	30	29	28	27	27	26	26	25	25	25	25	25
180min	50	48	47	45	44	43	42	41	41	40	40	40	39
240min	74	72	70	68	67	65	64	63	62	62	61	61	61

K. Tenue au feu de la paroi extérieure librement dilatable (panneaux avec paroi intérieure obligatoirement pleine) : détermination des dimensions maximales des panneaux en fonction de la durée de stabilité au feu requise (Appréciation de laboratoire du CERIB n 2013 CERIB 2474).

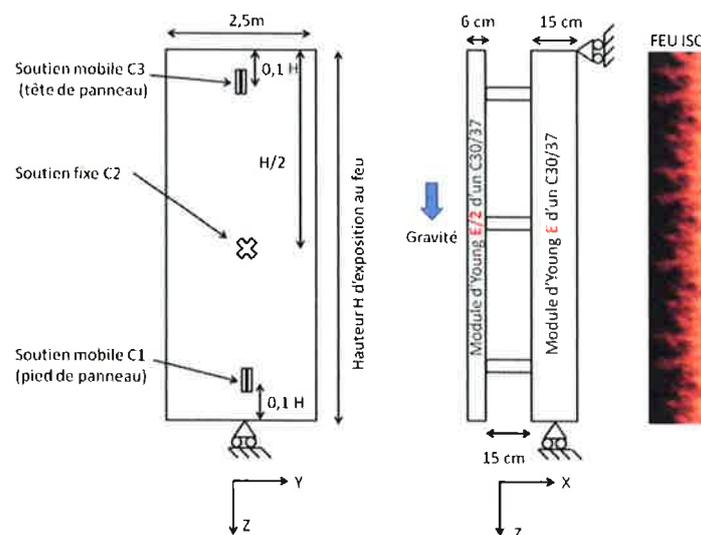
Les tableaux 1 et 2 ci-dessous sont uniquement valables pour l'implantation des soutiens illustrée aux figures 1, 3, 4, 5 et 6 suivant le cas concerné, pour les conditions aux limites en pied et en partie supérieure du panneau définies au paragraphe K2, pour une épaisseur d'isolant comprise entre 30 et 150 mm et pour une épaisseur de la paroi intérieure supérieure ou égale à 15 cm.

K1. Implantation des soutiens fixe et coulissants :



K2. Conditions aux limites en pied et en partie supérieure du panneau :

Figure 2: Conditions limites du modèle numérique d'un panneau vertical



Les conditions aux limites illustrées dans la figure ci-dessus correspondent au cas le plus défavorable (déplacement vertical autorisé en partie supérieure). Les résultats de l'étude et les tableaux 1 et 2 ci-dessous sont également utilisables pour des liaisons bloquées en tête et en pied de panneau (rotule ou encastrement).

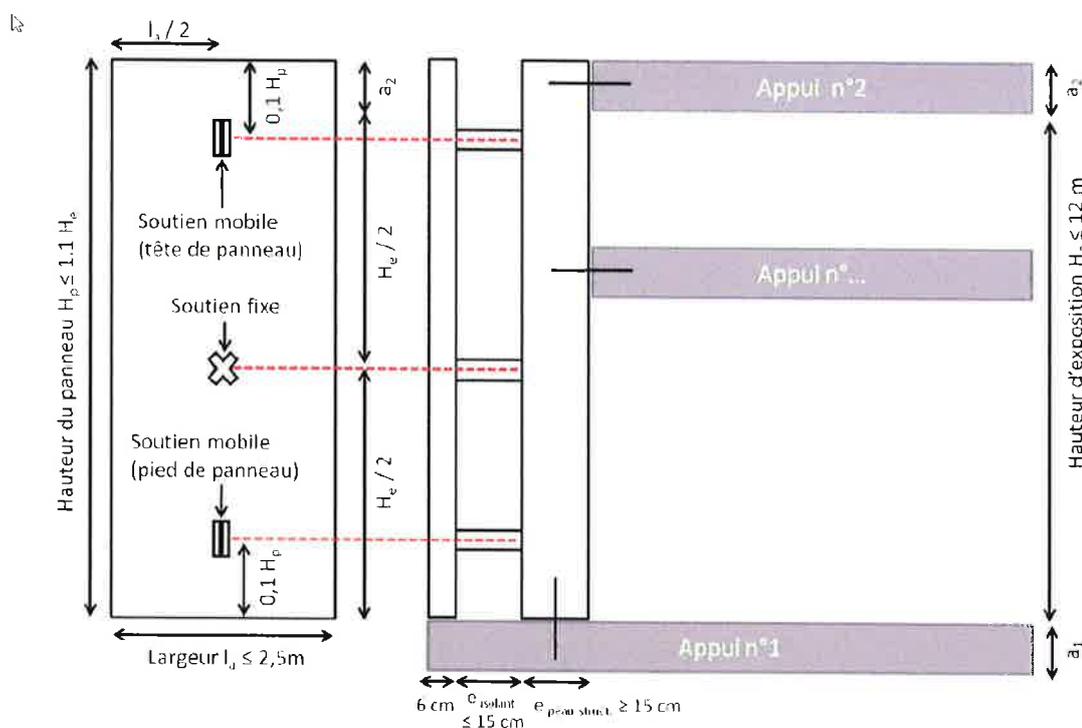
K3. Dimensions maximales des panneaux non porteurs verticaux :

Tableau 1: Table regroupant les différentes combinaisons hauteur d'exposition - durée d'exposition au feu d'un panneau vertical d'une largeur de 2,5 m (dimension du panneau= $H_p \times 2.5 \text{ m}^2$, où H_p est la hauteur du panneau)

		Durée d'exposition (min)					
		30	60	90	120	180	240
Hauteur d'exposition au feu H_e (m)	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	5	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	6	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	7	OK	OK	OK	OK	OK	
	8	OK	OK	OK	OK		
	9	OK	OK				
	10	OK					
	11	OK					
	12	OK					
	13						

Pour le cas des panneaux non porteurs verticaux, la figure 3 ci-dessous illustre la hauteur d'exposition au feu H_e et les dispositions pour lesquelles le tableau 1 est valable :

Figure 3: Définition de la hauteur d'exposition au feu H_e et disposition des points de soutien d'un panneau non porteur vertical :

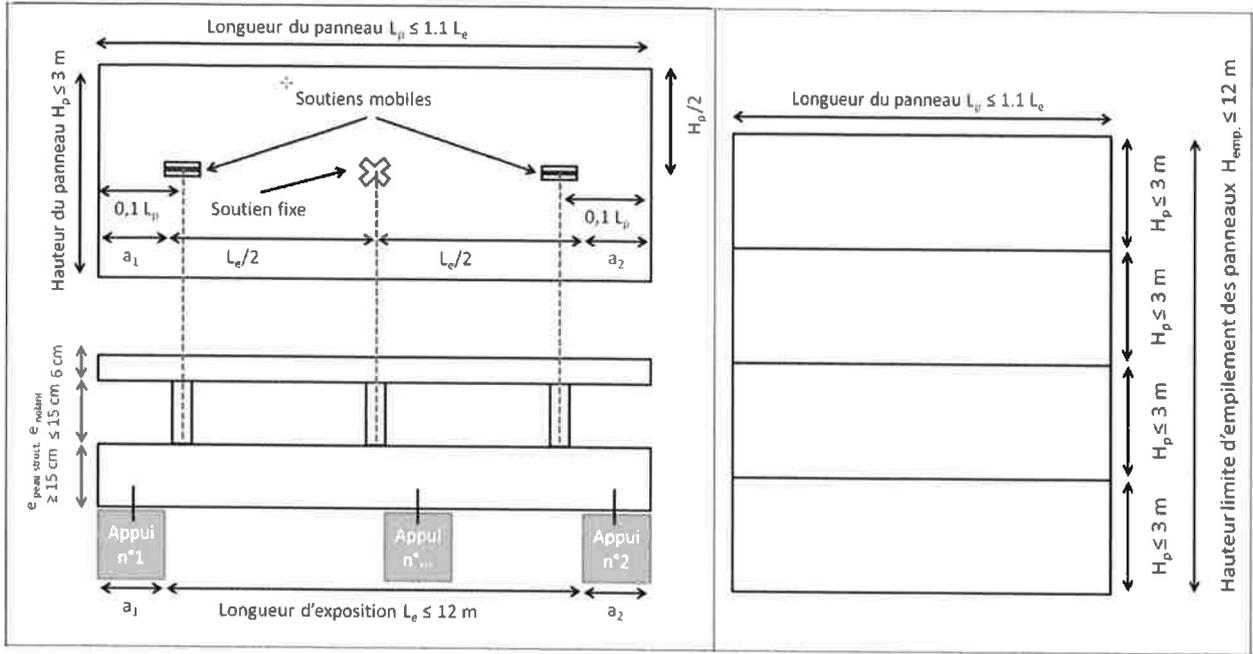


K4. Dimensions maximales des panneaux non porteurs horizontaux :

Le tableau 1 ci-dessus est étendu aux panneaux non porteurs horizontaux ne dépassant pas une hauteur de 3.00m (panneaux de dimension $L_p \times 3 \text{ m}^2$, où L_p est la longueur du panneau) avec dans ce cas $L_e = H_e$, où L_e est la longueur d'exposition au feu.

Pour le cas des panneaux non porteurs horizontaux, la figure 4 ci-dessous illustre la longueur d'exposition au feu L_e (avec $L_e = H_e$ pour l'utilisation du Tableau 1) et les dispositions pour lesquelles le tableau 1 est valable :

Figure 4: Définition de la longueur d'exposition au feu L_e et disposition des points de soutien d'un panneau non porteur horizontal:

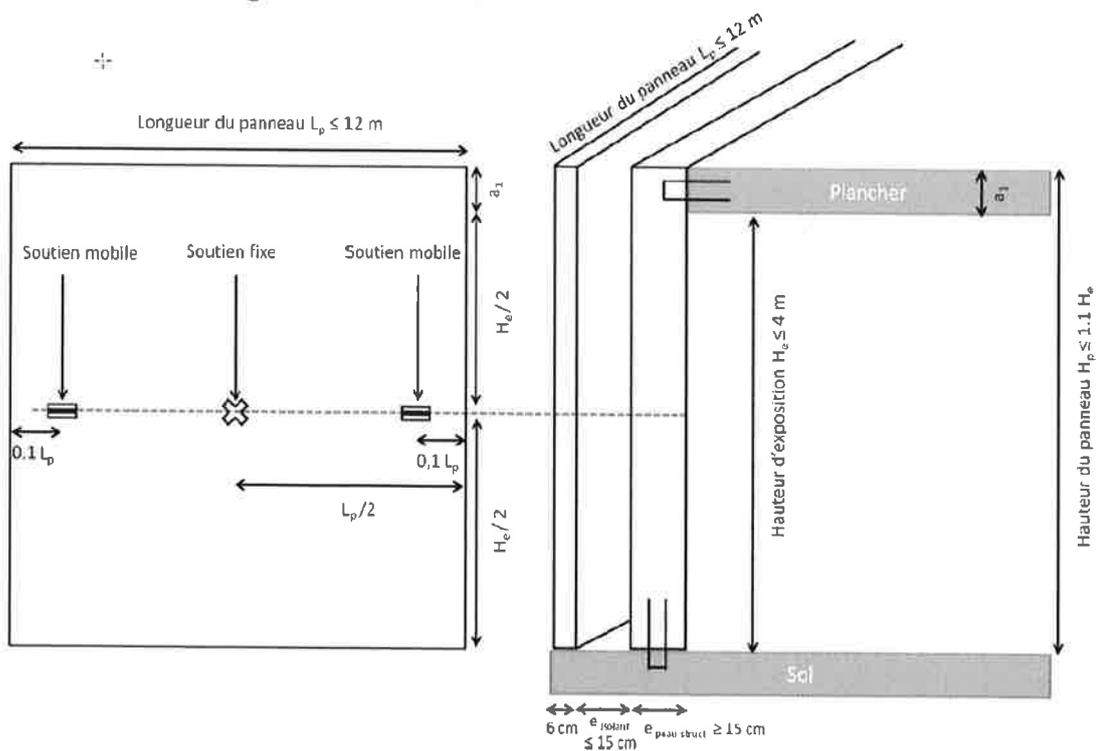


K5. Dimensions maximales des panneaux porteurs verticaux et horizontaux:

Pour des panneaux porteurs verticaux et horizontaux dont la distance entre appuis est inférieure ou égale à 4 m (recouvrement par les planchers) avec une hauteur ou longueur d'exposition H_e ou L_e limitée à 12 m, on peut se reporter à la première ligne du tableau 1 (hauteur d'exposition $H_e=4m$) sans vérification complémentaire (tenue au feu de la paroi extérieure assurée pour une durée d'exposition allant jusqu'à 240 min).

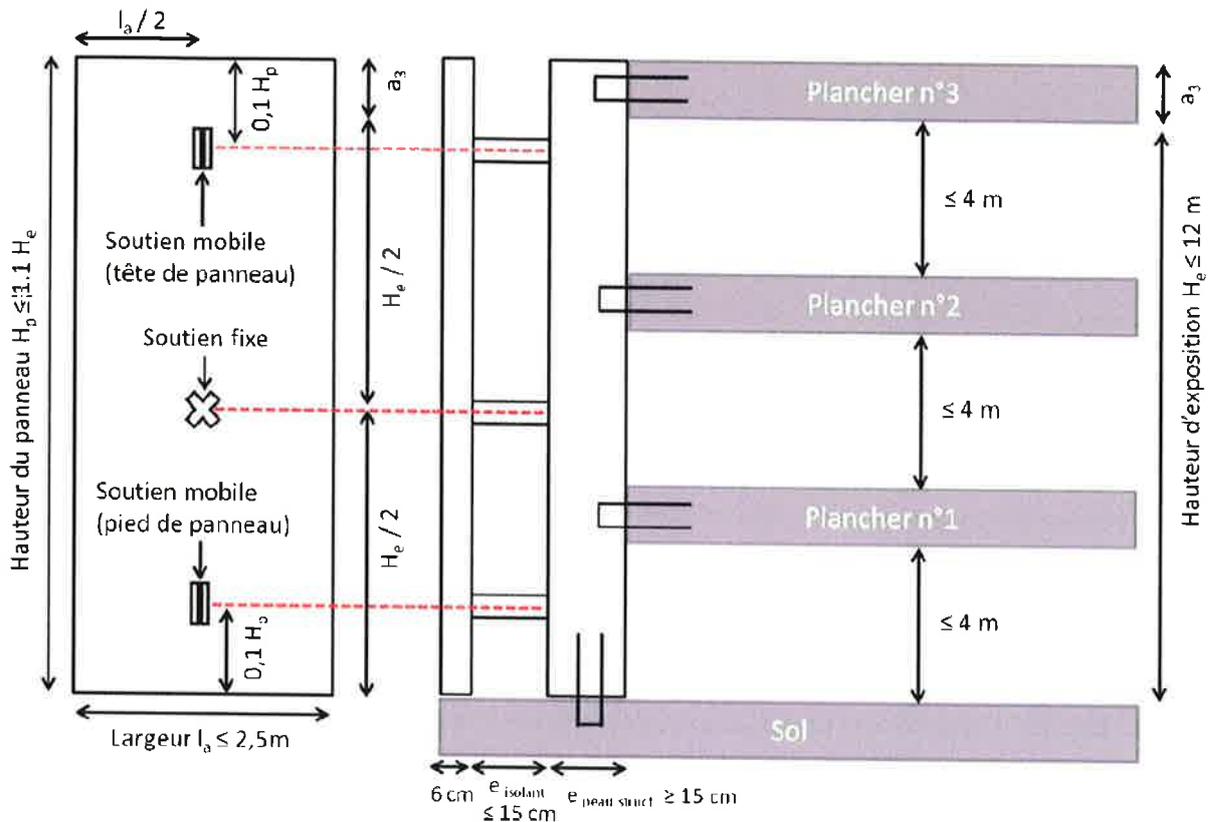
Pour le cas des panneaux porteurs horizontaux, la figure 5 ci-dessous illustre la hauteur d'exposition au feu H_e et les dispositions pour lesquelles la 1^{ère} ligne du tableau 1 est valable :

Figure 5: Définition de la hauteur d'exposition au feu et disposition des points de soutien d'un panneau porteur horizontal:



Pour le cas des panneaux porteurs verticaux, la figure 6 ci-dessous illustre la hauteur d'exposition au feu et les dispositions pour lesquelles la 1^{ère} ligne du tableau 1 est valable :

Figure 6: Définition de la hauteur d'exposition au feu et disposition des points de soutien d'un panneau porteur vertical:



Pour des panneaux porteurs verticaux dont la distance entre appuis est supérieure à 4m et dont l'espacement des appuis de la paroi porteuse est égal à la hauteur H_e d'exposition au feu, le Tableau 1 est valable sous réserve :

- de respecter la répartition des points de soutien définie à la figure 6 (sans planchers intermédiaires)
- de ne pas excéder les limites de flèche indiquées dans le Tableau 2 ci-dessous (flèche de la paroi structurale calculée sous combinaison accidentelle : poids propre G , charge d'exploitation Q , gradient thermique A).

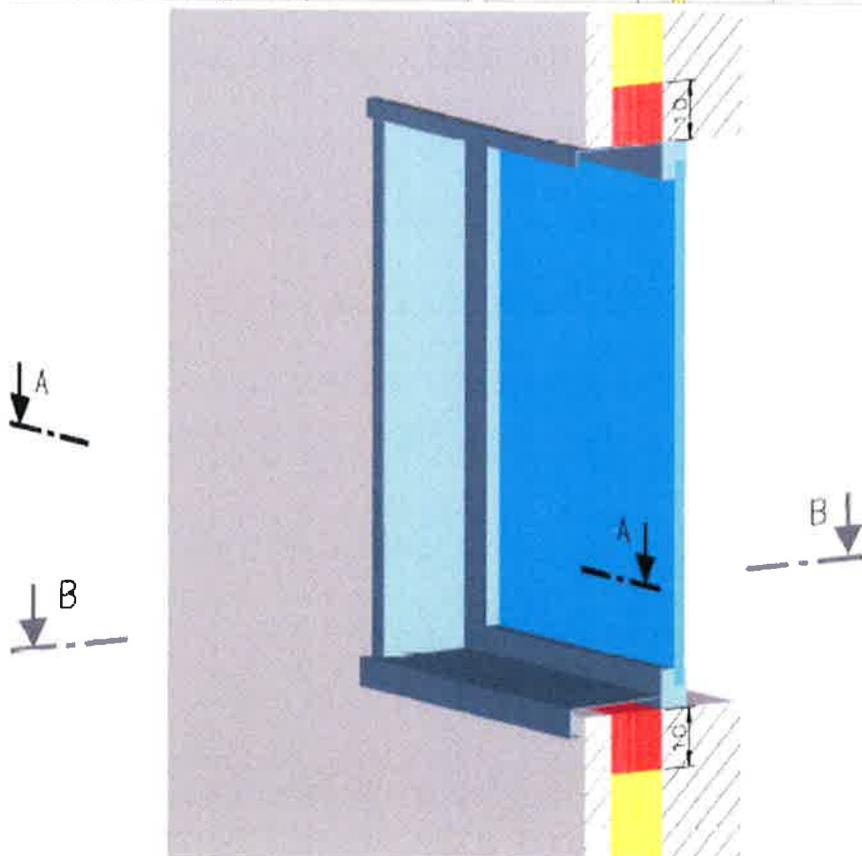
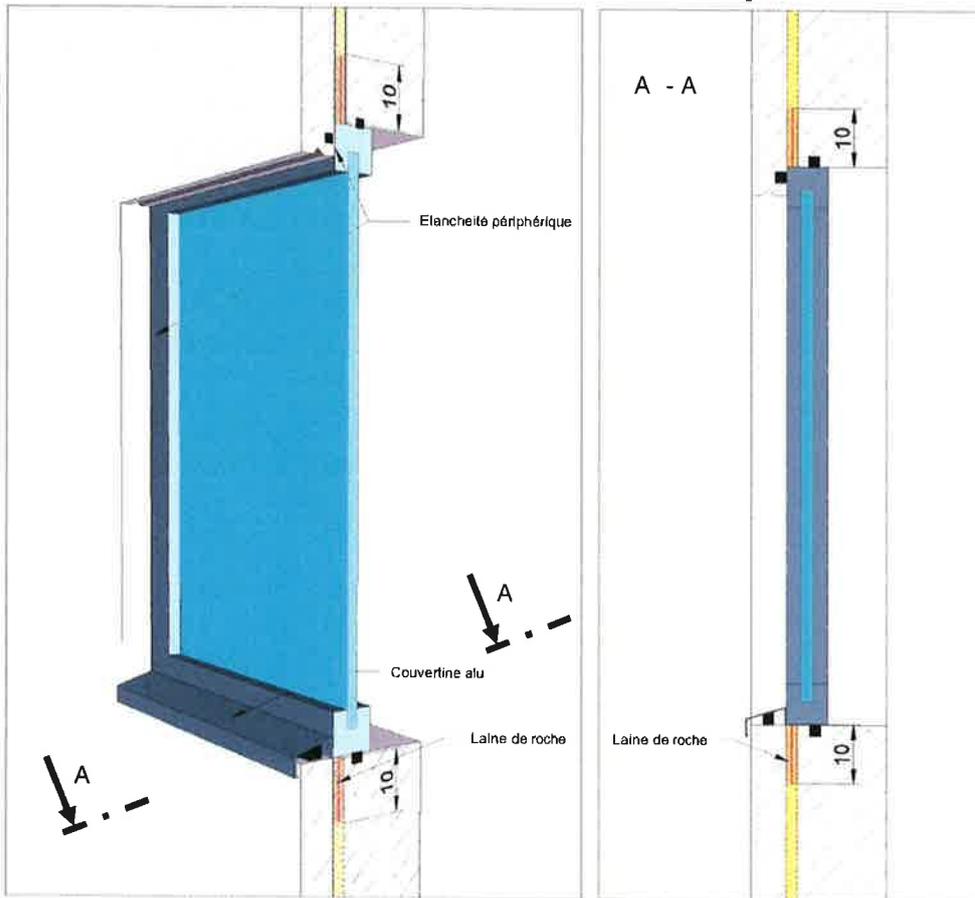
Tableau 2 : Limites de flèches (valeurs encadrées en rouge) en cm autorisées pour une hauteur d'exposition H_e égale à l'espacement entre appuis d'un panneau porteur vertical.

		Limite de flèche en cm
Hauteur d'exposition au feu H_e (m)	4	≤ 11,4
	5	≤ 16,7
	6	≤ 23,5
	7	≤ 30,2
	8	≤ 34,8
	9	≤ 34,7
	10	≤ 31,6
	11	≤ 38,8
	12	≤ 47,4
	13	

Une interpolation linéaire des valeurs de flèche est possible pour des hauteurs d'exposition intermédiaires.

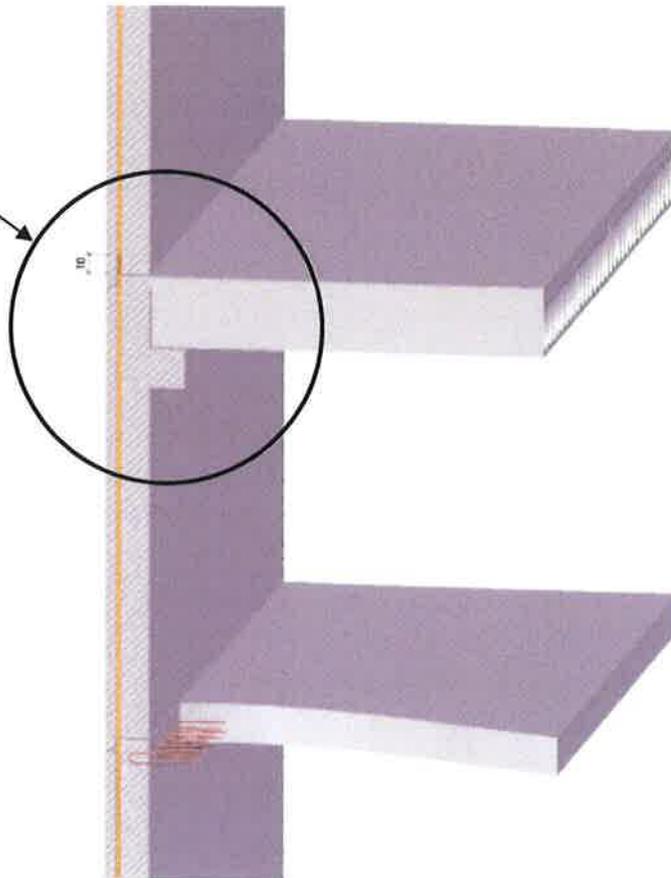
L. Respect des principes de l'IT249:

L1. Bande de laine de roche de 10cm sur le pourtour des ouvertures :



L2. Bande laine de roche de 10cm en pied de voile tous les 2 niveaux de plancher :

DETAIL L



DETAIL L

