

# Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/18-950\_V1**

*Mur de façade de types  
panneaux sandwich  
Sandwich wall*

## ISOBETON / ISOLEX

Relevant de la norme

**NF EN 14992**

**Titulaire :** SEVETON  
Meersbloem Leupegem 58  
B-9700 Oudenaarde  
  
Tél. : +32 55 232 560  
Fax : +32 55 232 570  
E-mail : [info@seveton.be](mailto:info@seveton.be)  
Internet : <http://www.seveton.be/fr>

**Groupe Spécialisé n° 3.2**

Murs et accessoires de mur

Publié le 25 juin 2018



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](http://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 15 février 2018, le procédé de panneaux sandwich « Isobeton / Isolex » présenté par la société SEVETON. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

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

Ces éléments de façade autoporteurs constituent l'enveloppe extérieure et peuvent également être utilisés comme murs séparatifs intérieurs.

La liaison des deux voiles est assurée par le système :

- FIXI DOUBLE PEAU de la société FIXINOX sous Avis Technique en cours de validité, ou
- MVA de la société HALFEN sous Avis Technique en cours de validité.

L'épaisseur totale des panneaux varie entre 20 et 50 cm et les panneaux sont constitués des épaisseurs suivantes :

- voile extérieur d'épaisseur au moins égale à 6 cm
- isolant thermique d'épaisseur comprise entre 3 et 20 cm
- voile intérieur d'épaisseur au moins égale à 10 cm

Ces panneaux, de dimensions maximales 13 m de longueur x 4 m de largeur (sans excéder une surface maximum de 39 m<sup>2</sup>), peuvent être superposés, dans la limite des performances mécaniques des fixations liant les voiles à l'ossature et de la capacité des panneaux à reprendre leur propre poids. Les peaux extérieures des panneaux de longueur supérieure à 7 m doivent être dissociées en deux parties.

La liaison du panneau à l'ossature s'effectue soit par des rails de fixation et des boulons ou douilles en acier galvanisé ou en acier inoxydable, soit par des équerres et de boulons de fixation en acier galvanisé. Les murs coupe-feu peuvent être glissés dans des feuillures des poteaux H en béton.

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.

Étanchéité des joints verticaux par dispositif à chambre de décompression, joint néoprène ou joint mécanique à gouttière ménagé dans le voile extérieur.

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

### Revêtements

- Extérieur : parements extérieurs lisses, lavés, sablés ou matricés
- Intérieur : finitions classiques sur béton

### 1.2 Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le produit « Isobeton / Isolex » fait l'objet d'une déclaration des performances établie par les fabricants 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 de façade non porteur de gymnases, de bâtiments à usage industriel, commercial, agricoles ou d'entrepôts, y compris en fermeture de locaux annexes à ces ouvrages tels que des bureaux, des vestiaires ou logements.

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

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), le panneau « Isobeton / Isolex » pourra comporter une partie enterrée de 1 m. La pose inclinée n'est pas visée.

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

Les systèmes de fixation FIXI DOUBLE PEAU de la société FIXINOX et MVA de la société HALFEN sont utilisés conformément aux prescriptions des Avis Technique en cours de validité dont ils relèvent.

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

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.21 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.

#### Construction en zone sismique

L'utilisation des panneaux non porteurs est acceptée, moyennant le respect des prescriptions données au paragraphe 2.32.

#### Sécurité au feu

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

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 avancées de la NF EN 1992-1-2 est alors nécessaire, sauf à utiliser les tableaux de températures donnés en annexe du Dossier Technique (pour des durées de stabilité au feu de 30 à 240 minutes et avec paroi intérieure exposée au feu) qui ont fait l'objet de l'appréciation de laboratoire n° AL17-220 du CSTB.

L'appréciation de laboratoire est établie pour des panneaux constitués d'une épaisseur d'isolant au moins égale à 5 cm, une paroi extérieure librement dilatable d'épaisseur au moins égale à 6 cm et une paroi intérieure :

- d'épaisseur minimale de 11 cm jusqu'à une durée d'incendie de 120 min ;
- d'épaisseur minimale de 18 cm jusqu'à une durée d'incendie de 240 min.

L'appréciation de laboratoire couvre uniquement l'utilisation des panneaux Isobeton/Isolex sur ossature support en béton et ne vise que le cas des panneaux exposés au feu du côté de la paroi intérieure (étant donnée l'utilisation du procédé en mur séparatif).

L'appréciation de laboratoire référencée n° AL17-220 comprend également une étude du maintien au feu de la peau extérieure du procédé de mur de façade Isobeton / Isolex 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 FIXI DOUBLE PEAU ou du système MVA pour suspendre la peau extérieure à la paroi intérieure. Les organes de suspension doivent être dimensionnés moyennant le respect des prescriptions données au paragraphe 2.32.

Les ancrs principales devront être disposées 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. Forfaitairement, l'appréciation de laboratoire du CSTB n°AL17-220 retient une hauteur enveloppe de 1 mètre au-dessus des linteaux en deçà de laquelle les ancrs ne devront pas être installées.

Les dispositions permettant le respect de l'IT249, notamment au pourtour des baies, sont décrites dans l'appréciation de laboratoire n°AL17-220.

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.

#### 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.

Ces dernières prennent en compte les ponts thermiques ponctuels réalisés par le système de liaison FIXINOX ou HALFEN.

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, etc.).

## 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  $D_{n,T,A,Tr} \leq 35\text{dB}$ . 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

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

## 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), dans le DTU 20.12 et le DTU 22.1.

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

Elle requiert :

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

## 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 vérification décrits dans le dossier technique établi par le demandeur sont effectifs.

## 2.24 Mise en œuvre

Effectuée par l'entreprise de pose titulaire du marché ou quelquefois par le tenant du système, la mise en œuvre 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 (généralement 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.

## 2.3 Prescriptions techniques

### 2.31 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)

### 2.32 Prescriptions techniques particulières au procédé

#### Conditions de conception

Le dimensionnement des panneaux (jonctions entre panneaux, paroi extérieure, fixation des panneaux à la structure porteuse) doit être réalisé par le titulaire ou par un bureau d'étude désigné par celui-ci.

Les murs de façade réalisés selon ce procédé ne doivent pas être pris en compte dans les vérifications de calculs de stabilité et de contreventement des structures qu'ils enveloppent. La structure elle-même doit être dûment contreventée.

D'une façon systématique les panneaux non percés d'ouvertures doivent disposer d'une section minimale d'armatures égales à 0,2% de la section 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 le procédé 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 Ø

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.

#### Utilisation du système d'accrochage MVA :

- Le dispositif d'accrochage MVA assurant la liaison entre les deux voiles doit être dimensionné, pour chaque type de panneau, par le bureau d'études du fournisseur (HALFEN) conformément aux prescriptions de l'Avis Technique MVA en cours de validité.

- Afin de respecter les conditions d'ancrage des ancrs définies dans l'Avis Technique en cours de validité du système MVA, les épaisseurs nominales des parois extérieures des panneaux Isobeton / Isolex doivent être égales aux épaisseurs minimales préconisées par l'Avis Technique MVA en cours de validité étant donnée l'existence d'une certification par un organisme extérieur sur le procédé de panneaux Isobeton / Isolex.

Conformément à l'Avis Technique en cours de validité du procédé MVA HALFEN, et étant donnée l'existence d'une certification par un organisme extérieur sur le procédé de panneaux Isobeton / Isolex, les plats SP-FA peuvent donc uniquement être utilisés dans une paroi d'épaisseur minimale de 6 cm pour une épaisseur d'isolant maximum de 12 cm (hors situation sismique), dans une paroi d'épaisseur minimale de 8 cm pour des épaisseurs d'isolant comprises entre 12 et 15 cm (utilisation en situation sismique visée dans ce cas) et dans une paroi d'épaisseur minimale de 8,5 cm pour des épaisseurs d'isolant supérieures à 15 cm (utilisation en situation sismique visée dans ce cas).

#### Utilisation du système d'accrochage FIXI DOUBLE PEAU :

- Le dispositif d'accrochage FIXI DOUBLE PEAU assurant la liaison entre les deux voiles doit être dimensionné, pour chaque type de panneau, par le bureau d'études du fournisseur (FIXINOX) conformément aux prescriptions de l'Avis Technique FIXI DOUBLE PEAU en cours de validité.
- Afin de respecter les conditions d'ancrage des ancrs définies dans l'Avis Technique en cours de validité du système FIXI DOUBLE PEAU, et étant donnée l'existence d'une certification par un organisme extérieur sur le procédé de panneaux Isobeton / Isolex, les épaisseurs nominales des parois extérieures des panneaux sont les suivantes :
  - paroi extérieure d'épaisseur minimale de 7 cm
  - paroi intérieure d'épaisseur minimale 12 cm.

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 (ancres et épingles), 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 de 5 mm pour les joints horizontaux, et une tolérance de fabrication telle que définie dans la norme NF EN 14992 (classe A).

Les inserts métalliques (rails) destinés à assurer l'ancrage des boulons galvanisés ou des plaques crantées doivent suivre les préconisations des fournisseurs et faire l'objet d'une Évaluation Technique Européenne (ETE) en cours de validité.

Les boulons insérés dans les rails doivent avoir un diamètre minimal de 12 mm.

Lorsqu'il est fait appel à une cheville métallique pour liaisonner les panneaux à l'ossature, celle-ci doit être marquée CE sur la base d'une Évaluation Technique Européenne (ETE) délivrée suivant les parties 1 à 5 de l'ETAG 001. La mise en œuvre doit être conforme aux dispositions décrites ou prescrites dans ces documents.

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

### **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 dormant des menuiseries doivent être au moins partiellement en applique sur la paroi intérieure.

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

A défaut de justification particulière, l'isolement entre deux pièces superposées ne peut être atteint avec des panneaux de bardage 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.

### **Utilisation en zone sismique**

Les dispositifs d'accrochage MVA et FIXI DOUBLE PEAU 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  $\gamma_a$  pris égal à 1. A défaut de justification particulière, la composante horizontale de l'effort dû à l'action sismique doit être reprise par l'ancrage principal (un cylindre ou 2 plats) seul dont les charges admissibles en situation sismique sont indiquées dans l'Avis Technique du procédé MVA ou FIXI DOUBLE PEAU. De plus, l'ancrage principal doit se situer dans une zone de béton fretté.

Les panneaux non porteurs ne participent pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment et doivent être dimensionnés conformément à l'article 4.3.5 de la norme NF EN 1998-1, avec un coefficient  $\gamma_a$  pris égal à 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.

Dans le cas particulier des rails et des 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 les ETE en cours de validité par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 2,5.

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.

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 et son Annexe Nationale.

Les largeurs des joints entre panneaux sont déterminées par le titulaire en fonction de l'accélération sismique à partir des raideurs moyennes en cisaillement des cylindres ou des plats indiquées dans l'Avis Technique en cours de validité dont ils relèvent. Ces largeurs, indiquées sur les plans, doivent être respectées.

### **2.33 Conditions de fabrication**

Dans les cas où la condition d'enrobage minimal extérieur de 2,5 cm des barres d'ancrage des dispositifs de liaison ne peut pas être respectée, ces barres doivent être soit en acier inoxydable soit en acier ordinaire muni d'un revêtement assurant sa protection contre la corrosion et évitant aussi le contact galvanique avec l'acier inoxydable des ancrs (résine époxy par exemple).

Afin de respecter les conditions d'ancrage du système de liaison entre voiles, la résistance caractéristique à la compression du béton des deux parois des panneaux doit être de classe de résistance au moins égale à C30/37 ou C35/45 conformément à l'Avis Technique en cours de validité du système de liaison retenu.

Afin d'éviter que les épingles de liaison reprennent le poids propre du voile extérieur (majoré éventuellement de l'effort d'adhérence au démoulage), la mise en position verticale du panneau doit obligatoirement être faite par l'intermédiaire d'une table basculante.

La résistance caractéristique du béton sur cube de 150 mm de côté 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 assurant l'ancrage des étrésoies galvanisées notamment,
- 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.

### **2.34 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.

### **2.35 Conditions de mise en œuvre**

Les menuiseries doivent 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.

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.

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

L'aptitude au levage n'est pas visée dans cet Avis.

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

- les plans de calepinage
- les plans de coffrage et de ferrailage

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 2.1) est appréciée favorablement.

### Validité

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 28 Février 2022.

*Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2  
Le Président*

---

### 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

Les systèmes de liaison entre voiles de panneaux sandwichs utilisés dans ce procédé ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de la procédure de l'Avis Technique. C'est pourquoi le présent Avis ne vaut que si les prescriptions des Avis Technique des systèmes de fixation MVA et FIXI DOUBLE PEAU en cours de validité sont respectées.

Toute la gamme des épaisseurs d'isolants ne permettent 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*

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Principe

Le procédé est destiné à la réalisation de murs extérieurs et intérieurs pour bâtiments industriels et agricoles, salles de sports, bâtiments commerciaux, bureaux, logement, ... par moyen des panneaux préfabriqués en béton.

Les panneaux sont des panneaux sandwich autoportants avec un voile extérieur librement dilatable. L'épaisseur de l'isolant peut varier entre 3 à 20 cm et la face extérieure des éléments est en béton armé de type lisse, lavé, sablé ou matricé. L'épaisseur minimale du voile intérieur (finition frôlée ou polie) est de 10 cm. L'épaisseur totale des panneaux varie entre 20 à 50 cm. La liaison des deux voiles est assurée par des ancrages et des épingles système MVA ou Fixi Double Peau.

Les panneaux sont mis en œuvre par juxtaposition ou superposition sur plusieurs niveaux. Ils sont fixés à la structure principale (béton ou acier) du bâtiment au moyen de liaisons mécaniques. Les murs coupe-feu peuvent être glissés dans des feuillures des poteaux H.

### 2. Matériaux

#### 2.1 Béton

Pour les deux voiles, le béton est au minimum un C30/37, de consistance et de classification conforme à la norme NF EN 206/CN. Le dosage en ciment sera adapté à la destination des panneaux.

Granulométrie : pour le voile intérieur  $D_{max}$  de 20 mm ; pour le voile extérieur la granulométrie et la composition sont adaptées au traitement du parement.

#### 2.2 Acier d'armature

Aciers d'armature à haute adhérence B 500.

Treillis soudés B 500.

Aciers certifiés NF AFCAB.

#### 2.3 Accessoires de levage, de fixation et de liaison entre les voiles d'un panneau

- Liaison entre les voiles : la liaison entre le voile extérieur et le voile intérieur des panneaux se fait à l'aide d'un système d'ancrage en inox MVA ou Fixi Double Peau. Ils peuvent comporter un cylindre ou un plat d'ancrage principal, des épingles de maintien de l'écartement entre voiles, des dispositifs anti-couple et des plats d'ancrages complémentaires. Le dimensionnement et la disposition de ces accessoires sont faits conformément à l'Avis Technique dont relève le système utilisé.
- Rails de fixation à la structure : les rails sont profilés à froid et ont subi un traitement anti-corrosion. Ils sont en acier galvanisé à chaud (ou acier inox A4 dans le cas d'utilisation en ambiance agressive). Les rails sont fabriqués avec des pattes d'ancrage dans les mêmes matériaux. Les rails et douilles doivent faire l'objet d'un Agrément Technique Européen (ATE) ou Evaluation Technique Européenne (ETE). Le dimensionnement des fixations est réalisé sur la base des caractéristiques mécaniques résistantes indiquées dans les ATE ou ETE.
- Ancres de levage : chaque panneau comporte au moins les crochets de manutention suivant les prescriptions du fournisseur.
- Plaques, équerres, visserie et boulonnerie, boulons à tête marteau, le tout galvanisé à chaud pour fixation à l'aide des rails de fixation et à l'aide des équerres de fixation (cf. Figure 1 jusqu'à Figure 5 en annexe).

#### 2.4 Cales

Les panneaux sont posés l'un sur l'autre par l'interpose des cales. Des cales en HDPE sont principalement utilisées mais l'utilisation de cales en acier est aussi possible.

Les cales en HDPE d'épaisseur 5 mm ont une dimension d'environ 50 mm x 150 mm et peuvent être découpés. La contrainte maximale sur les cales en HDPE est de 10 MPa. Sous cette contrainte le fluage des cales à 28 jours doit se limiter à 0,2 mm/5mm.

#### 2.5 Mortier de pose

Les panneaux posés sur les fondations sont placés sur un lit de mortier. Ce mortier doit obtenir une résistance en compression minimale de 30 MPa à 28 jours.

### 2.6 Isolants

Les épaisseurs d'isolant thermique varient entre 3 et 20 cm. Tous les isolants font l'objet d'une certification ACERMI. Les caractéristiques minimales des isolants sont I2-S1-O2-L3-E2 en référence au guide du référentiel ACERMI. Les types d'isolants utilisés peuvent être les suivants (liste non limitative) :

#### Polyuréthane (PU)

Panneau d'isolation thermique en mousse de polyuréthane rigide.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0,023$  à  $0,028$  W/mK suivant modèle.

Densité : environ  $30 \text{ kg/m}^3$

#### Polyisocyanuréthane (PIR)

Panneau d'isolation thermique en mousse de Polyisocyanuréthane rigide revêtu sur chaque face soit d'une feuille d'aluminium, soit d'un voile de verre surfacé, soit d'un voile de verre bitumé, soit d'un complexe multicouche.

Conductivité thermique:  $\lambda = 0,021$  à  $0,026$  W/mK suivant modèle.

Densité : entre  $30$  et  $40 \text{ kg/m}^3$

#### Phénolformaldehyde (PF)

Les panneaux sont en mousse phénolique rigide.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0,018$  à  $0,023$  W/mK suivant modèle.

Densité : environ  $40 \text{ kg/m}^3$

#### Polystyrène (EPS ou XPS)

Les panneaux sont en mousse de polystyrène expansée ou extrudée.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0,028$  à  $0,038$  W/mK suivant modèle.

Densité : entre  $30$  et  $40 \text{ kg/m}^3$

#### Laine de roche

Panneaux en laine de roche rigide.

Conductivité thermique :  $\lambda = 0,034$  à  $0,038$  W/mK suivant modèle

Densité : entre  $50$  et  $155 \text{ kg/m}^3$

La laine de roche est uniquement utilisée en périphérie des ouvertures et des joints horizontaux pour les exigences de sécurité incendie.

### 2.7 Joints

#### 2.7.1 Joints verticaux

(cf. Figure 1 jusqu'à Figure 5 en annexe).

Joint d'étanchéité en mastic souple 1<sup>ère</sup> catégorie, appliqué sur fond de joint au niveau du voile extérieur. Les eaux de condensation doivent être canalisées à l'arrière du joint par la création d'une chambre de décompression intégrée à la paroi. Les chambres de décompression peuvent servir comme gouttière. Dans le cas où cette évacuation verticale de l'eau est gênée (fenêtres, longrines, ...) une bavette horizontale guide l'eau vers l'extérieure de la façade (Figure 17). Afin d'obtenir une bonne adhérence des joints, tous les panneaux ont des chanfreins lisses.

Pour logement l'étanchéité à l'air est assurée par la mise en œuvre, entre parois intérieures des panneaux contigus, d'un calfeutrement adéquat (joint mastic, Compriband, mortier de remplissage...).

La largeur  $u_j$  du joint vertical devra respecter la règle suivante :

$$u_j \leq \{ \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{\max} + \Delta_{\text{pose}} + \Delta_{\text{fabr}} ; 2 \cdot u_{\text{sis}} + \Delta_{\text{pose}} + \Delta_{\text{fabr}} \}$$

Avec

$\alpha = 1.10 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (coefficient de dilatation thermique du béton)

$\Delta T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$  (variation de température)

$L_{\max}$  = la distance entre deux points fixes 2de panneaux encadrant un joint

$u_{\text{sis}}$  = le déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique (éviter les risques d'entrechoquement : voir § 4.5 du Dossier Technique)

$\Delta_{\text{pose}}$  = les tolérances de mise en œuvre prise égale à 5 mm (§ 6.2 du dossier technique)

$\Delta_{\text{fabr}}$  = les tolérances de fabrication conformément aux prescriptions de la NF EN 14992 (classe A).

La largeur nominale du joint vertical entre panneaux est de 15 mm minimum.

## 2.72 Joints horizontaux

(cf. Figure 1 jusqu'à Figure 6 en annexe).

Joint d'étanchéité en mastic souple 1<sup>ère</sup> catégorie, appliqué sur fond de joint au niveau du voile extérieur. Les panneaux ont – dans le cas nécessaire – en rive supérieure un tenon et en rive inférieure une mortaise. Afin d'obtenir une bonne adhérence des joints, tous les panneaux ont des chanfreins lisses.

Pour logement : joint à deux étages, réalisé par un rejingot et un produit de calfeutrement en tête de rejingot (Compriband, mortier de pose...), selon DTU 22-1 (Figure 9 et Figure 10).

L'étanchéité à l'air est assurée par la mise en œuvre, entre parois intérieures de panneaux contigus, d'un calfeutrement adéquat (joint mastic, Compriband, mortier de remplissage...).

La largeur  $u_j$  du joint horizontal devra respecter la règle suivante :

$$u_j \leq \{ \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{\max} + \Delta_{\text{pose}} + \Delta_{\text{fabr}} ; 2 \cdot u_{\text{sis}} + \Delta_{\text{pose}} + \Delta_{\text{fabr}} \}$$

La largeur nominale du joint horizontal entre panneaux est de 15 mm minimum.

## 2.73 Pièces complémentaires

- Si un degré coupe-feu est requis pour le projet, alors, le joint entre les panneaux, au droit du voile intérieur sera coupe-feu : tresse du type Litafeu, Illbruck ou équivalent ou mastic coupe-feu.
- Dans ce cas, sur la périphérie des ouvertures, pour empêcher la propagation du feu au travers de l'isolant, une bande en laine de roche (de densité de 100 à 150 kg/m<sup>3</sup>) de 10 cm d'épaisseur viendra protéger l'isolant (bandes placées en usine). Afin de protéger l'isolant contre la propagation verticale du feu au niveau des joints horizontaux, une barrière coupe-feu horizontale est effectuée conformément à l'IT 249.

## 3. Description des panneaux

Les dimensions maximum des panneaux seront de 13 m dans une direction et 4 m dans l'autre.

### 3.1 Panneaux aveugles

L'armature des panneaux est calculée et adaptée aux conditions d'utilisation. La liaison du panneau à l'ossature s'effectue soit par des rails de fixation et des boulons ou douilles en acier galvanisé ou en acier inoxydable, soit par des équerres et de boulons de fixation en acier galvanisé. Les murs coupe-feu peuvent être glissés dans des feuillures des poteaux H. Les fixations peuvent donc être invisibles ou apparentes.

L'épaisseur totale de la paroi est de 20 à 50 cm, comprenant de l'extérieur vers l'intérieur :

- Un voile de béton extérieur de 6 cm d'épaisseur minimum, armé d'un treillis soudé; finition lisse, lavée, sablée ou matriciée.
- Un isolant thermique d'une épaisseur courante de 3 à 20 cm.
- Un voile intérieur, armé d'un treillis et armature additionnelle en fonction des calculs; finition frôlée ou polie.

Matériaux de parement :

- Béton lisse : de l'agent de démoulage avant coulage du béton. Pas de traitement après démoulage.
- Béton lavé : 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 sablé : Après démoulage et maturité du béton, projection d'un matériau abrasif sous pression (sable siliceux, corindon,...) afin de 'casser' la peau du béton et laisser apparaître en parement les sables contenus dans le béton.
- Béton matricé : application d'une matrice avant coulage du béton.
- Béton poli : après démoulage et maturité du béton, polissage par passes successives, à l'aide de meules adaptées pour laisser apparaître en parement les granulats du béton, tranchés et polis.

### 3.2 Position des organes d'ancrage

Les ancrages sont positionnés conformément aux prescriptions de l'Avis Technique dont relève le dispositif d'accrochage (MVA ou Fixi Double Peau). Le voile extérieur est relié au voile intérieur par un système d'ancrages pour panneaux sandwich. Ce système permet la dilatation libre de la paroi extérieure du panneau. Par panneau une ou plusieurs ancrages portantes, une ou plusieurs ancrages de torsion et d'épingles de liaison sont incorporées. Le nombre d'ancres par panneau et leur espacement maximal est déterminé par le fournisseur du système conformément à l'Avis Technique correspondant. Les ancrages sont reliés aux treillis.

Dans les panneaux dont la position, lors du transport, est différente de la position en œuvre (panneaux de grande hauteur, par exemple), on met en place des ancrages complémentaires dimensionnés pour assurer, en association avec l'ancrage principal, le maintien du voile extérieur pendant le transport.

## 3.3 Panneaux avec ouvertures

Seules les conditions de ferrailage sont différentes par rapport aux panneaux aveugles. Dans le cas des panneaux dont les dimensions des ouvertures sont supérieures à 2,40 m x 2,10 m pour une seule ouverture ou 1,20 m x 1,20 m pour deux ouvertures, une étude particulière doit être faite afin de prendre en compte les phénomènes de flambement et de voilement associé en cas d'empilage de panneaux. Cette armature est dimensionnée par le bureau d'étude.

Des exemples de détails au droit des menuiseries sont présentés dans les figures 14 à 17.

## 3.4 Panneaux d'angle

Figure 11 donne un exemple d'exécution des angles avec continuité de l'isolant.

## 3.5 Panneaux formant acrotère

Les acrotères en prolongement des panneaux sandwichs sont réalisés conformément aux prescriptions de l'article 7.2.4 du DTU 20.12 (ferrailage minimal, espacement maximal des joints, ...) et de l'article 2.4 du DTU 22.1.

Les détails du traitement des panneaux formant acrotère sont présentés dans Figure 18.

## 4. Dimensionnement

### 4.1 Dimensionnement du système de liaison entre les parois

Le dimensionnement des organes de liaison MVA ou Fixi Double Peau est réalisé par le fournisseur du système et doit être réalisé conformément à l'Avis Technique correspondant. L'étude est faite sur la base d'hypothèses techniques spécifiques transmises par l'usine de fabrication. Ces hypothèses sont déterminées par le bureau d'étude de l'usine même ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier (cahier de charges). Ces hypothèses doivent permettre de calculer les charges de vent et de séisme (p. ex. zone de vent, hauteur du bâtiment, classe d'exposition, zone de sismicité, catégorie d'importance,...).

### 4.2 Dimensionnement de la paroi intérieure

- Le dimensionnement de la paroi intérieure est fait par le bureau d'études de l'usine même, un bureau d'études du Groupe Willy Naessens ou un bureau d'études nommé par l'entreprise titulaire du chantier. Le dimensionnement est fait en fonction de l'épaisseur du voile intérieur, des efforts horizontaux (vent, séisme, etc... : calcul en flexion composée sous l'action simultanée des charges permanentes et des charges horizontales), des conditions d'appuis et de fixation des panneaux sur la structure (appuyés en pied, suspendus, ...) et des capacités de levage en usine et sur site. Tous ces données techniques sont transmises par l'entreprise titulaire du chantier ou sont déterminées par le bureau d'études des usines ou par un bureau d'études du Groupe Willy Naessens.
- Le dimensionnement des fixations des panneaux est réalisé par le bureau d'études en fonction des particularités du projet. Les fixations utilisées (rails et douilles) font l'objet d'une Évaluation Technique Européenne (ETE) : le dimensionnement des fixations est réalisé sur la base des caractéristiques mécaniques résistantes indiquées dans les ETE en fonction des charges appliquées sur le panneau (poids propre, vent, ...). Les systèmes de fixations des panneaux à la structure sont conçus de telle sorte que le panneau ne soit pas mis en charge par la déformation de la structure (rails de type HALFEN ou équivalent).

### 4.3 Dimensionnement de la paroi extérieure

Le dimensionnement de la paroi extérieure est fait par le bureau d'études de l'usine même ou un bureau d'études du Groupe Willy Naessens. Le dimensionnement est fait sur la base d'hypothèses techniques spécifiques déterminées par le bureau d'étude de l'usine ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier (cahier de charges).

- Les parois extérieures peuvent se dilater librement. La variation de température est déterminée suivant les prescriptions de la NF EN 1991-1-5 et son Annexe Nationale. On retiendra une variation de température  $\Delta T = 50$  °C.
- La stabilité de la paroi extérieure est vérifiée suivant les règles usuelles du béton armé (NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, en prenant en compte, en fonction des 3 directions de sollicitation, des principes de fonctionnement directement liés à l'implantation et aux rôles des composants du système de liaison MVA ou Fixi Double Peau.
- Sous sollicitations verticales, le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une double console sur appui centré (si un seul point de soutien : cylindre) ou à une poutre-voile appuyée sur les points de soutien (si plusieurs points de soutien : 2 plats ; zone de la paroi en porte à faux assimilée à un fonctionnement en console ou voile-drapeau).

- Sous sollicitations horizontales dans le plan le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une double console sur appui centré (si point de soutien (cylindre) sur une seule ligne horizontale sans plats de distorsion) ou à celui d'une poutre-voile appuyée sur les points de soutien (si points de soutien (cylindre ou plats) et plats de distorsion sur plusieurs lignes horizontales ; zone de la paroi en porte à faux assimilée à un fonctionnement en console ou voile-drapeau)
- Sous sollicitations horizontales perpendiculaires au plan le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une dalle « appuyée » sur les épingles (avec vérification des zones en porte à faux de la dalle = distance aux bords des connecteurs).
- Les dispositions minimales d'armature (renforts verticaux et horizontaux dans les angles des ouvertures, armatures de peau, ...) sont conformes aux prescriptions de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale.

#### 4.4 Dimensionnement en situation d'incendie

La vérification vis-à-vis de l'incendie comprend trois étapes :

- Détermination du champ de température dans la paroi intérieure afin d'en déduire sa résistance.
- Analyse de la tenue de la paroi extérieure suspendue à la paroi intérieure.
- Disposition constructives de protection de l'isolant lorsque celui-ci n'est pas MO.

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

Les coefficients réducteurs du béton et de l'acier sont calculés en utilisant les tableaux de températures donnés en Annexe qui ont fait l'objet d'une appréciation de laboratoire du CSTB n° AL17-220 (pour des durées de stabilité au feu de 30, 60, 90 120 et 240 minutes).

La tenue au feu de la peau extérieure du mur de façade type panneau sandwich a également fait l'objet d'une Appréciation de laboratoire du CSTB n° AL17-220 pour 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 MVA ou Fixi Double Peau pour suspendre la peau extérieure à la paroi intérieure.

La tenue des organes de suspension (cylindres ou plats) est assurée dans tous les cas pour une durée d'exposition au feu de 30 minutes. Pour des durées d'exposition au feu supérieures, la tenue au feu des organes de suspension (cylindres ou plats) est vérifiée en fonction de leur taux de chargement (chargement à chaud/capacité résistante à froid) qui doit rester inférieur au coefficient  $k_{fi,t,anc}$  donné en annexe (Tableau 2) du Dossier Technique.

La tenue des épingles est assurée vis-à-vis des sollicitations dues au vent et vis-à-vis des effets de dilatation de voile dans tous les cas pour une durée d'exposition au feu allant jusqu'à 240 minutes.

Les fixations des panneaux non porteurs (rails, équerres, ...) à la structure doivent être protégées afin d'éviter leur échauffement. Une étude au cas par cas est nécessaire pour la vérification de la tenue des systèmes de fixation des panneaux non porteurs. Dans le cas de fixations métalliques visibles, ces fixations seront protégées par un flocage ou une peinture intumescente.

#### 4.5 Dispositions parasismique

Le dimensionnement est fait par le fournisseur du système de liaison ou par le bureau d'études de l'usine même ou un bureau d'études du Groupe Willy Naessens. Le dimensionnement est fait sur la base d'hypothèses techniques spécifiques déterminées par le bureau d'étude de l'usine même ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier (cahier de charges). Ces hypothèses doivent permettre de calculer les charges de séisme (p. ex. classe d'exposition, zone de sismicité, catégorie d'importance,...)

Dans le cas de panneaux non porteurs et 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 est retenu.

Le dimensionnement des fixations des panneaux à la structure (rails et douilles couverts par une ETE) est effectué en déduisant la charge résistante de calcul de la charge de calcul statique par application à cette dernière d'un coefficient égal à 2,5.

Dispositions parasismiques pour la paroi extérieure :

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 son Annexe Nationale et de vérifier que :

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

Avec

$q_a$  = coefficient de comportement pris égal à 1  
 $n$  : nombre d'ancres reprenant l'effort sismique  $F_{a,hor}$  ( $n = 1$  dans le cas d'un cylindre;  $n = 2$  dans le cas de 2 plats)

$V_{rd,sis}$  : charge résistante de calcul en situation sismique par ancre (déterminée conformément aux prescriptions de l'Avis Technique ou par division de la valeur statique par 2.5)

La vérification de la largeur des joints entre les panneaux est effectuée par le bureau d'études. 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 et de fabrication) afin d'éviter le risque d'entrechoquement entre deux panneaux contigus :

$$u_{sis} = F_{a,ind} / K_{dyn} \leq u_j / 2$$

Avec

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

$$F_{a,ind} = F_{a,hor} / n$$

$K_{dyn}$  raideur moyenne en cisaillement dynamique des ancrs porteuses (cylindres ou plats); donnée dans l'Avis Technique du système d'accrochage. Dans le cas échéant à défaut d'essais dynamiques sur le système d'accrochage, la raideur moyenne en cisaillement est déduite de la raideur moyenne statique par application d'un coefficient égal à 2,5.

$u_j$  : largeur des joints (avec prise en compte des tolérances de pose et de fabrication : voir le § 2.5 du dossier technique)

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 assurance qualité

#### 5.1 Process de fabrication

Les panneaux sont préfabriqués dans les usines du groupe Willy Naessens :

- S.A. Seveton, B-9700 Oudenaarde
- S.A. Willy Naessens Construct, B-9700 Oudenaarde
- Tripan, B-3635 Dilsen-Stokkem

Le déroulement des opérations est identique dans chaque usine. Les panneaux sont coulés sur des tables métalliques horizontales (tables basculantes pour décoffrage).

- Après nettoyage des tables, les règles métalliques de coffrage sont mises en place et fixées. Un coffrage en bois est utilisé pour la réalisation d'ouvertures et découpes.
- Application de l'agent de démoulage ou de retardateur ou la matrice sur la table.
- Mise en place d'un treillis sur des écarteurs selon enrobage. Les ancrs portantes et les ancrs de torsion sont positionnées selon le plan et fixées sur le treillis.
- Une première couche de béton avec une épaisseur égale à l'épaisseur du voile extérieur, est coulée sur la table. Le compactage du béton se fait à l'aide de moteurs vibrants.
- La couche d'isolant est directement mise en place sur le béton frais. L'isolant est découpé au droit des ouvertures et découpes.
- Mise en place des treillis du voile intérieur. Une armature additionnelle peut être ajoutée en fonction des calculs et des efforts de suspension et de vent et selon les normes en vigueur. Les épingles de liaison sont appliquées à travers l'isolant dans le béton frais de la première couche.
- Mise en place et fixation des points de levage sur le treillis.
- Mise en place de l'armature du voile intérieur. Les crochets de manutention sont liés aux treillis.
- Coulage de la deuxième couche de béton.
- Finition de la surface avec règle vibrante et instruments de taloché.
- Insertion dans le béton frais des éléments métalliques pour la fixation à la structure des panneaux.



- Le lendemain, les panneaux sont décoffrés généralement après 18 heures de maturation sur les tables (lorsque le béton a atteint une résistance minimum à la compression de 15 MPa sur cube de 150 mm de côté). Si nécessaire les tables sont chauffées (environ 21°C) pendant la maturation. Le décoffrage se fait à l'aide de ponts roulants et des points de levage qui sont incorporés dans les panneaux. Les panneaux sont redressés et mis sur champ.
- Dans le cas des panneaux lavés, les panneaux passent une cabine de lavage à l'aide d'eau sous haute pression avant mise sur champ.

## 5.2 Contrôle interne

Durant le processus de production la qualité est assurée par le personnel de production suivant la procédure qualité décrite dans le manuel qualité. Les autocontrôles suivants sont effectués pendant le process de fabrication :

- Autocontrôle journalier du béton sur le facteur eau/ciment (maximum 0,55), et essais de compression sur éprouvettes après 18 heures et après 28 jours.
- Calibrage des installations de dosage et de pesage pour granulats, ciment, eau et adjuvants. (2 fois par an)
- Vérification dimensionnelle des coffrages avant et après le coulage par contrôleur interne. Approbation de coulage est exprimée par signature sur la fiche de contrôle du dessin de fabrication (NF EN 14992 classe A).
- Contrôle du positionnement des armatures et de l'épaisseur des différentes couches de béton pendant le coulage.
- Vérification des dimensions après démoulage.

## 5.3 Contrôle externe

La production des panneaux fait l'objet d'un marquage CE (système 2+) et KOMO.

Contrôle externe par institut indépendant KIWA (Pays-Bas) de notre système d'autocontrôle sur le béton, les dimensions, ferrailage et enrobage, contrôle sur l'origine et la qualité des composants et sur les résultats de calibrage des installations de production (4 visites par an).

## 5.4 Marquage

Tous les éléments sont marqués avec une étiquette contenant les données suivantes :

- Date de production
- Poids de l'élément
- Numéro de la table de production
- Numéro de l'élément
- Nom du client ou du projet
- Numéro et code du dossier de commande
- Nom et adresse de l'usine de production
- Marquage CE
- Logo KOMO

# 6. Mise en œuvre

## 6.1 Transport et levage des panneaux

Les panneaux sont transportés vers le chantier à l'aide de remorques spéciales. Ils sont placés verticalement (sur chant) dans les remorques. Sur le chantier, ils sont manipulés à l'aide d'une grue d'une capacité adaptée au poids des éléments.

## 6.2 Pose des panneaux

Les panneaux sont autoporteurs. Le premier panneau est placé directement sur le support. Il est mis au niveau à l'aide des cales (généralement en PE), et sa position est contrôlée. Les cales sont placées au niveau du voile intérieur (Figure 7 et Figure 8). Le panneau est fixé mécaniquement à la structure. Le type de fixation est déterminé par le type de structure portante (voir ci-après). La contrainte maximale sur les cales en PE est de 10 MPa.

Une étude spécifique de l'appui des éléments est faite pour chaque projet. Les cales sont placées de telle manière que le poids des panneaux est guidé en compression vers les supports. Si les cales des différents panneaux, posés l'un sur l'autre, ne peuvent pas être placées sur la même ligne verticale, un calcul spécifique est fait pour le panneau qui prend le poids des autres panneaux.

Afin d'assurer une bonne descente des charges des éléments superposés, deux cales ou plus peuvent être mises sur les extrémités de la rive supérieure. L'écartement horizontal créé par l'insertion de ces deux cales permet la pose d'un fond de joint après pose.

Après pose, un fond de joint est inséré dans les joints horizontaux et verticaux à l'extérieur des panneaux. Le diamètre des fonds de joint en mousse est déterminé par l'écartement entre les panneaux. Finalement, le dispositif d'étanchéité est mis en place sur le fond de joint.

## Les tolérances de mise en œuvre à respecter sont :

Désaffilement maximal entre panneaux superposés ou adjacents : 6 mm

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 10 mm.

Tolérance sur l'épaisseur des joints horizontaux : 10 mm

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).

La largeur des joints devra respecter les prescriptions du § 2.7 du Dossier Technique.

## 6.3 Fixation contre la structure porteuse

Pour reprendre des efforts du vent ou des excentricités des charges sur les panneaux, les panneaux sont fixés contre la structure porteuse. Dépendant du type de structure portante on a différents types de fixations. Quelques exemples de méthodes de fixations sont donnés ci-après.

### 6.31 Structure en béton

#### Fixation invisible

On peut créer une fixation invisible par incorporation d'un rail sur la face du poteau contre le panneau et d'un rail de fixation dans le panneau. Le rail est incorporé dans le voile intérieur. Le panneau est fixé contre le poteau par moyen d'une plaque tête de marteau et d'un boulon tête marteau. Un détail d'une fixation invisible pour un panneau est donné en Figure 1.

#### Fixation visible

On peut créer une fixation visible par incorporation d'un rail sur la face du poteau perpendiculaire sur le panneau et d'un rail de fixation dans le voile intérieur du panneau. Le panneau est fixé contre le poteau par moyen d'une plaque tête de marteau et d'un boulon tête marteau. Un détail d'une fixation visible pour un panneau est donné en Figure 2.

#### Fixation par chevilles

On peut fixer le panneau au poteau par pose d'une cornière de fixation, fixée par chevilles. Deux détails de fixations sont donnés en Figure 3. Il faut incorporer un rail dans le voile intérieur ou cheviller dans le voile intérieur du panneau.

### 6.32 Structure métallique

#### Fixation visible

On peut créer une fixation visible par incorporation d'un rail de fixation dans le voile intérieur du panneau. Le panneau est fixé contre le poteau par moyen d'un boulon tête marteau et une plaque baïonnette. Un détail d'une fixation est donné en Figure 4.

#### Fixation avec cheville expansive

On peut fixer le panneau au profil métallique par pose d'une plaque baïonnette au panneau (forage dans le voile intérieur). Un détail d'une fixation par forage est donné en Figure 5.

### 6.33 Pose en feuillure

On peut aussi placer les panneaux dans une feuillure d'un poteau en béton en forme H (ou un poteau métallique type HE- ou IPE). Dans ce cas on n'a pas besoin des rails ou des autres éléments de fixations. Un détail d'une pose en feuillure est donné en Figure 12 et Figure 13.

# 7. Conditions d'exploitation

La production du procédé de construction Isobeton / Isolex se résume en un cycle de production en partant de la conception jusqu'à la pose.

- Conception et dimensionnement

Le dimensionnement de la paroi intérieure est fait par le bureau d'études de l'usine même, un bureau d'études du Groupe Willy Naessens ou un bureau d'études nommé par l'entreprise titulaire du chantier. Le dimensionnement est fait sur base des données techniques transmises par l'entreprise titulaire du chantier ou déterminées par le bureau d'études de l'usine ou par un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens.

Le dimensionnement de la paroi extérieure est fait par le bureau d'études de l'usine même ou un bureau d'études du Groupe Willy Naessens. Le dimensionnement est fait sur la base d'hypothèses techniques spécifiques déterminées par le bureau d'étude de l'usine ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier (cahier de charges).

Le dimensionnement des organes de liaison est réalisé par le fournisseur. L'étude est faite sur la base d'hypothèses techniques spécifiques transmis par l'usine de fabrication.

Ces hypothèses sont déterminées par le bureau d'étude de l'usine même ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier.

Le dimensionnement parasismique est fait par le fournisseur du système de liaison ou par le bureau d'études de l'usine même ou un bureau d'études du Groupe Willy Naessens. Le dimensionnement est fait sur la base d'hypothèses techniques spécifique déterminées par le bureau d'étude de l'usine même ou obtenues d'un bureau d'étude du Groupe Willy Naessens ou d'un bureau d'étude nommé par l'entreprise titulaire du chantier.

- Fabrication

La production du procédé Isobeton / Isolex est réalisée par 3 usines identifiées au § 5.1 avec des contrôles internes et externes.

- Mise en œuvre

La mise en œuvre est réalisée par l'entreprise titulaire du chantier par l'intermédiaire d'une notice de pose transmis à la première livraison et à la demande. Il est prévu une assistance technique du titulaire de l'Avis à l'entreprise de pose au montage.

## B. Résultats expérimentaux

- Appréciation de laboratoire du CSTB n° AL17-220
- Essais de fluage sur les cales réalisés à l'Université de Gand, rapport n° 17-348-SM/BS/TDG

## C. Références

### C.1. Données environnementales et sanitaires

Le procédé de mur sandwich Isobeton / Isolex ne fait pas l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES).

Les données issues des FDES ont pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels le procédé Isobeton / Isolex visé est susceptible d'être intégré.

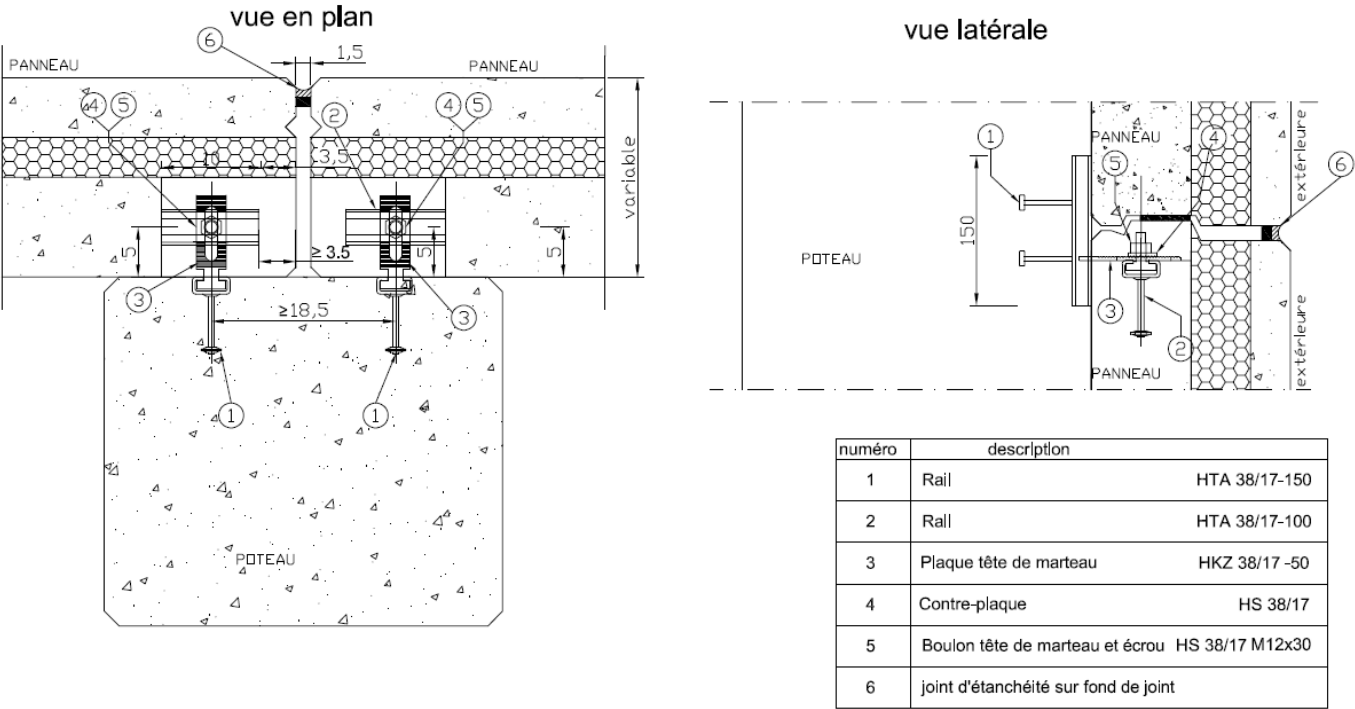
### C.2. Autres références

Le groupe Willy Naessens produit des panneaux Isobeton / Isolex depuis 1991. A ce moment les 3 usines mentionnées ont une production quotidienne des panneaux Isobeton / Isolex d'environ 1.800 m<sup>2</sup>. Ce qui résulte dans une production annuelle des panneaux Isobeton / Isolex d'environ 400.000 m<sup>2</sup>. La firme Willy Naessens Bâtiment Industriels a construit des bâtiments avec des panneaux Isobeton / Isolex en France depuis 1996. Fin de 2017 cela représente 205.000 m<sup>2</sup> sur le marché français et 2.500.000 m<sup>2</sup> sur le marché du BENELUX. Une liste avec quelques références en France est donnée ci-dessous.

Maître d'ouvrage	Localisation	Entreprise	Quantité (m <sup>2</sup> )	Année
Wilcol	Marck (62)	Willy Naessens Construct N.V	265	2017
Hanova	Ruitz (62)	SEVETON N.V.	1872	2017
ACCB (Emmaus)	Wambrechies (59)	SEVETON N.V.	1993	2016
Decathlon	Neuville en Ferrain (59)	Willy Naessens Construct N.V	2557	2016
EDF	Velaines (55)	Willy Naessens Construct N.V	17383	2016

# Tableaux et figures du Dossier Technique

FIXATION INVISIBLE AVEC RAILS 38/17



Double fixation invisible avec rails 38/17

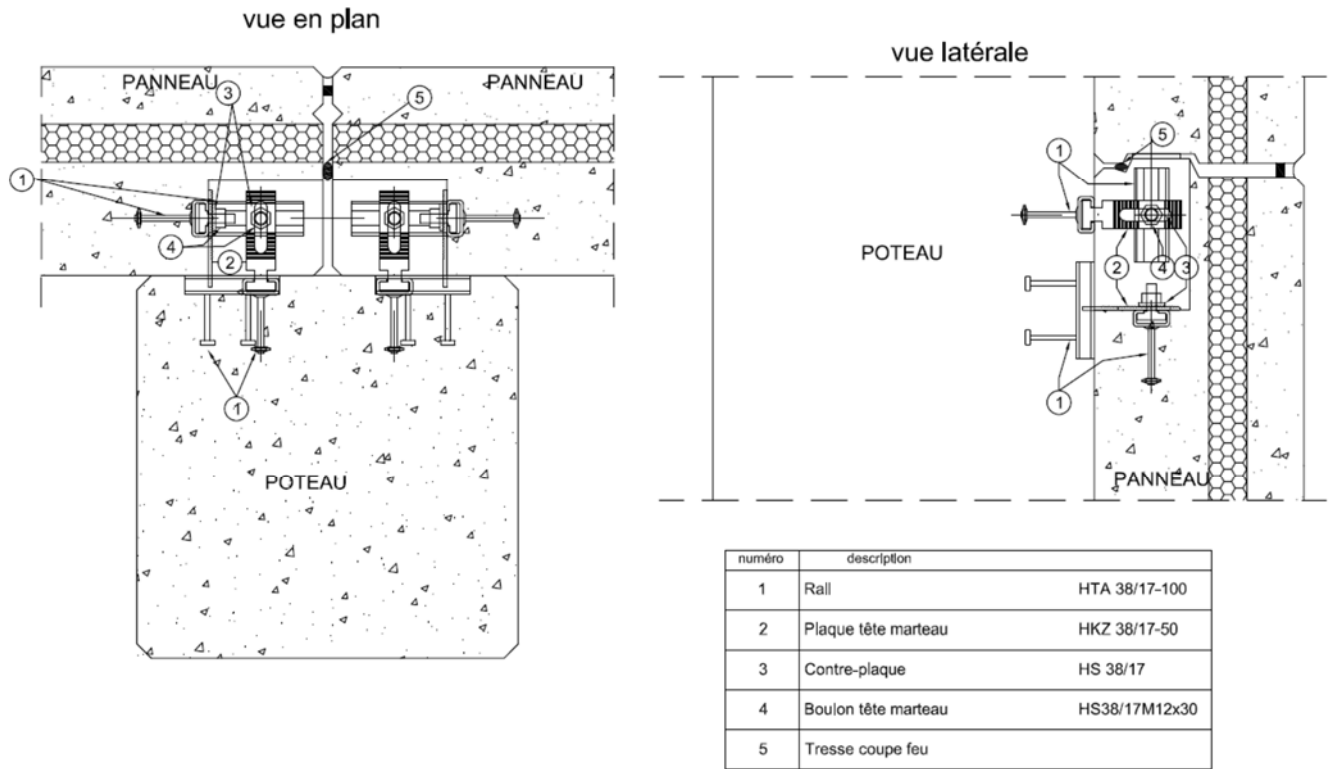
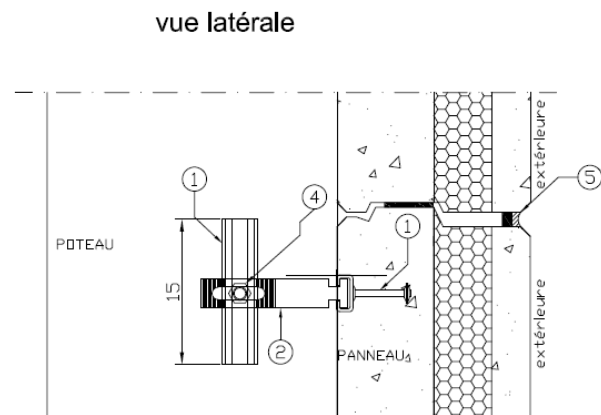
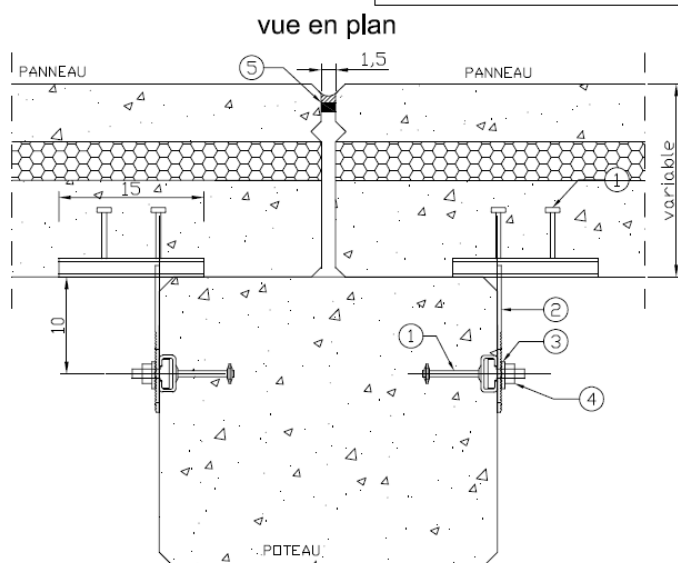


Figure 1 - Fixation invisible – simple ou double - avec rails (exemple)

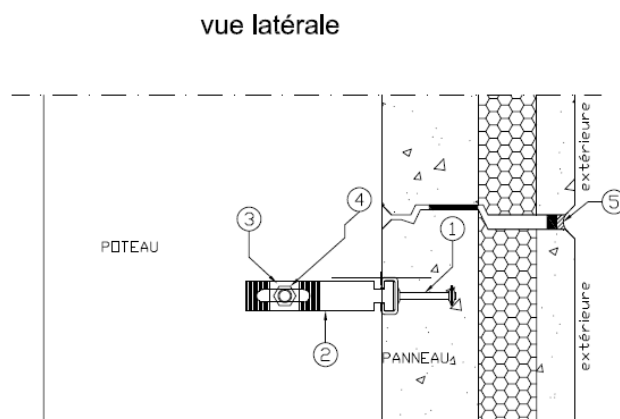
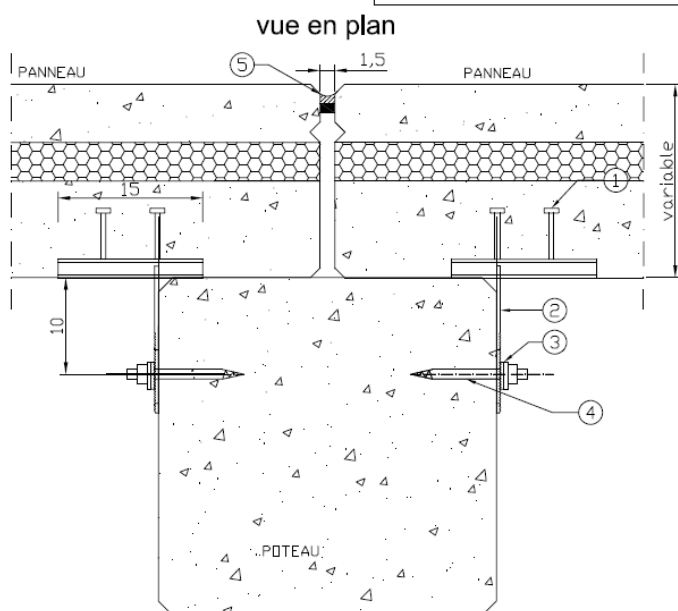
### FIXATION VISIBLE AVEC RAILS 38/17



numéro	description	
1	Rail	HTA 38/17-150
2	Plaque tête de marteau	HKZ 38/17 -50
3	Contre-plaque	HS 38/17
4	Boulon tête de marteau et écrou	HS 38/17 M12x30
5	Joint d'étanchéité sur fond de joint	

Figure 2 - Fixation visible avec rails (exemple)

### FIXATION VISIBLE AVEC CHEVILLE A EXPANSION

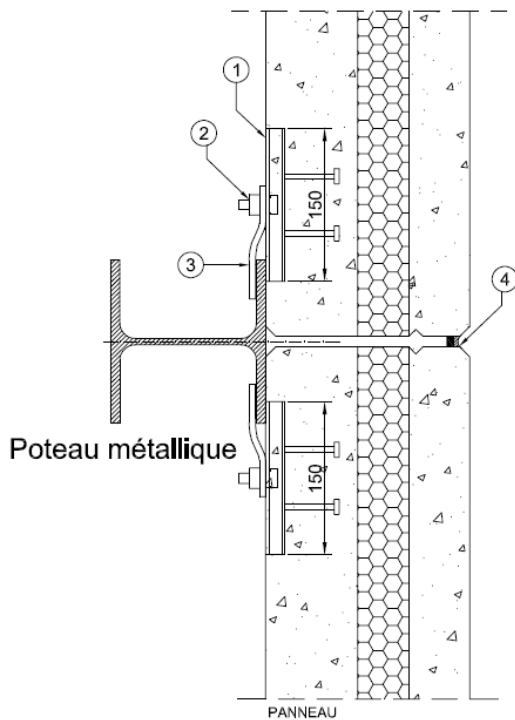


numéro	description	
1	Rail	HTA 38/17-150
2	Plaque tête de marteau	HKZ 38/17 -50
3	Contre-plaque	HS 38/17
4	Cheville à expansion	
5	Joint d'étanchéité sur fond de joint	

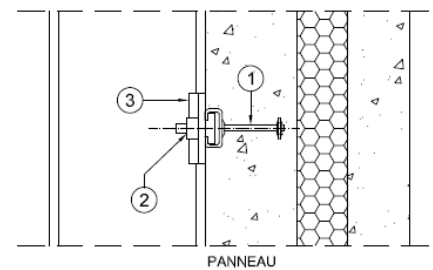
Figure 3 - Fixation visible avec cheville à expansion (exemple)

## FIXATION VISIBLE AVEC RAILS AU POTEAU METALLIQUE

vue en plan



vue latérale



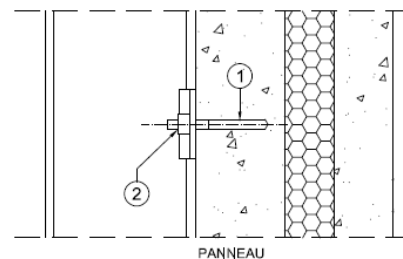
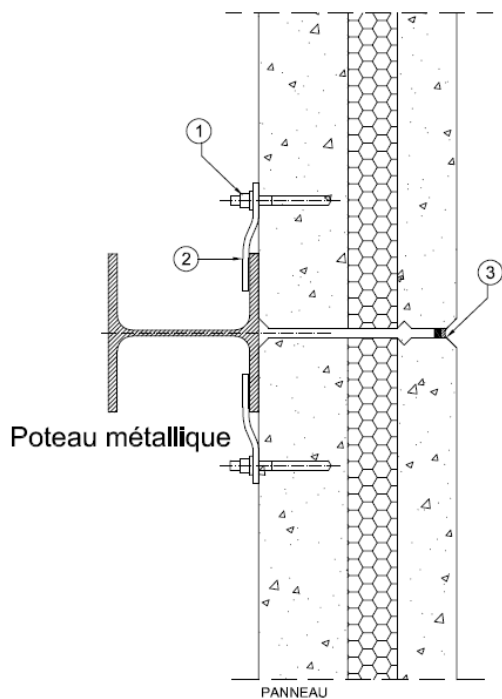
numéro	description
1	Rail HTA 38/17-150
2	boulon tête marteau + écrou 38/17 M12
3	Plaque baïonette
4	Joint d'étanchéité sur fond de joint

**Figure 4 - Fixation avec rail au poteau métallique – cas hors sismique (exemple)**

# FIXATION VISIBLE AU POTEAU METALLIQUE AVEC CHEVILLE A EXPANSION

vue en plan

vue latérale



numéro	description
1	Cheville à expansion
2	Plaque baïonette
3	Joint d'étanchéité sur fond de joint

Figure 5 - Fixation au poteau métallique avec cheville à expansion (exemple)

Tenon - mortaise

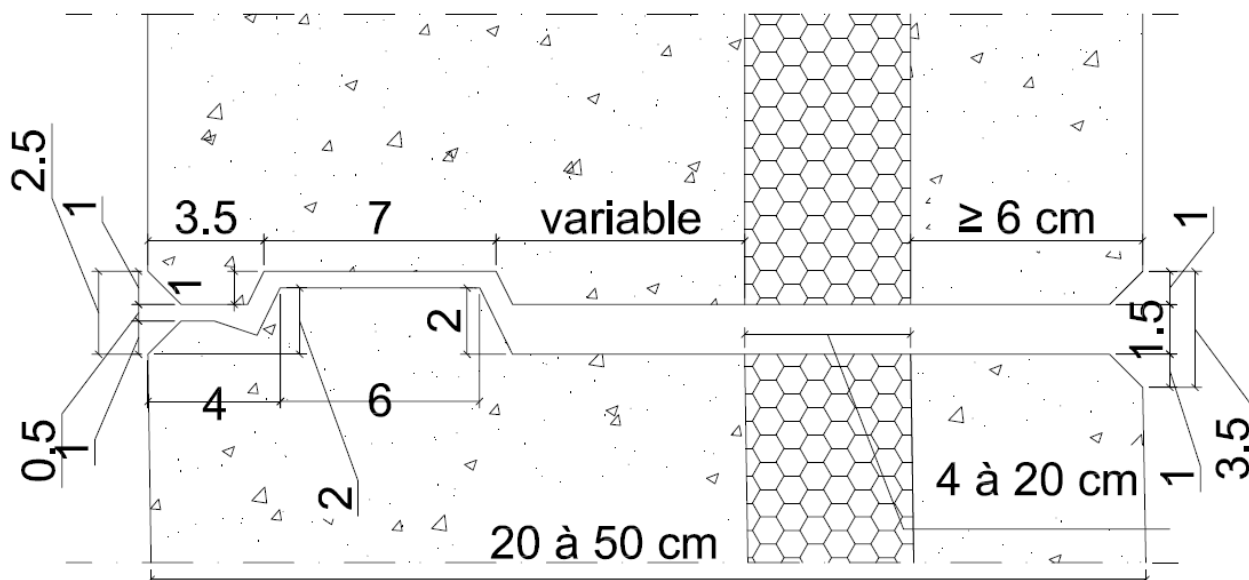


Figure 6 - Tenon-mortaise (non logement)

### POSE DES PANNEAUX - JOINT HORIZONTALE - CAS COURANT

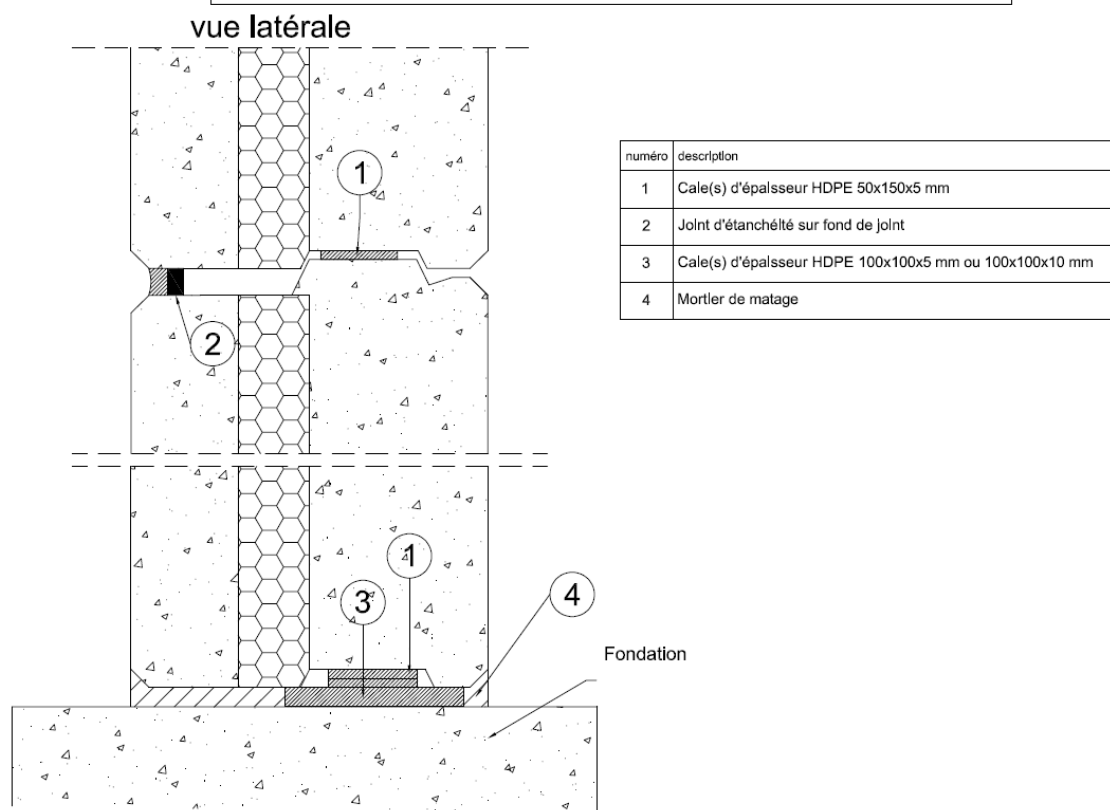


Figure 7 - Pose des panneaux dans le cas courant (exemple)

### POSE DES PANNEAUX - JOINT HORIZONTALE - CAS MUR CF

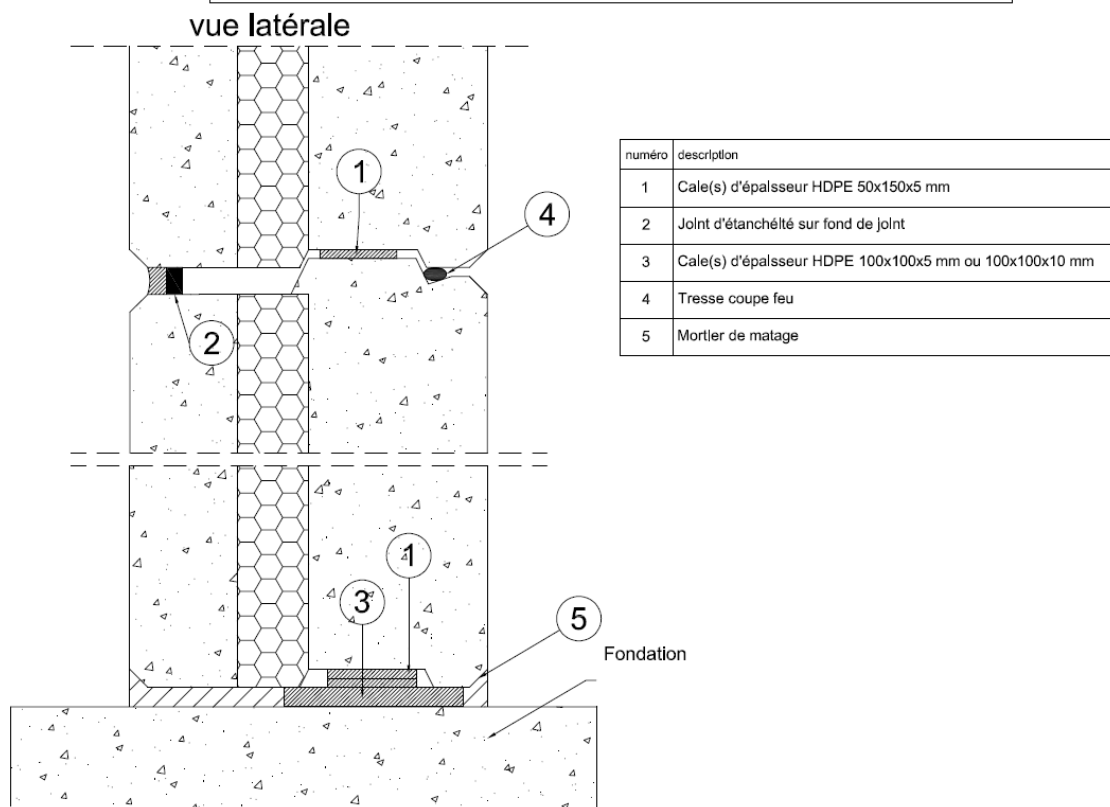


Figure 8 - Pose des panneaux dans le cas d'un mur CF (exemple)

### POSE DES PANNEAUX - JOINT HORIZONTALE - CAS LOGEMENT

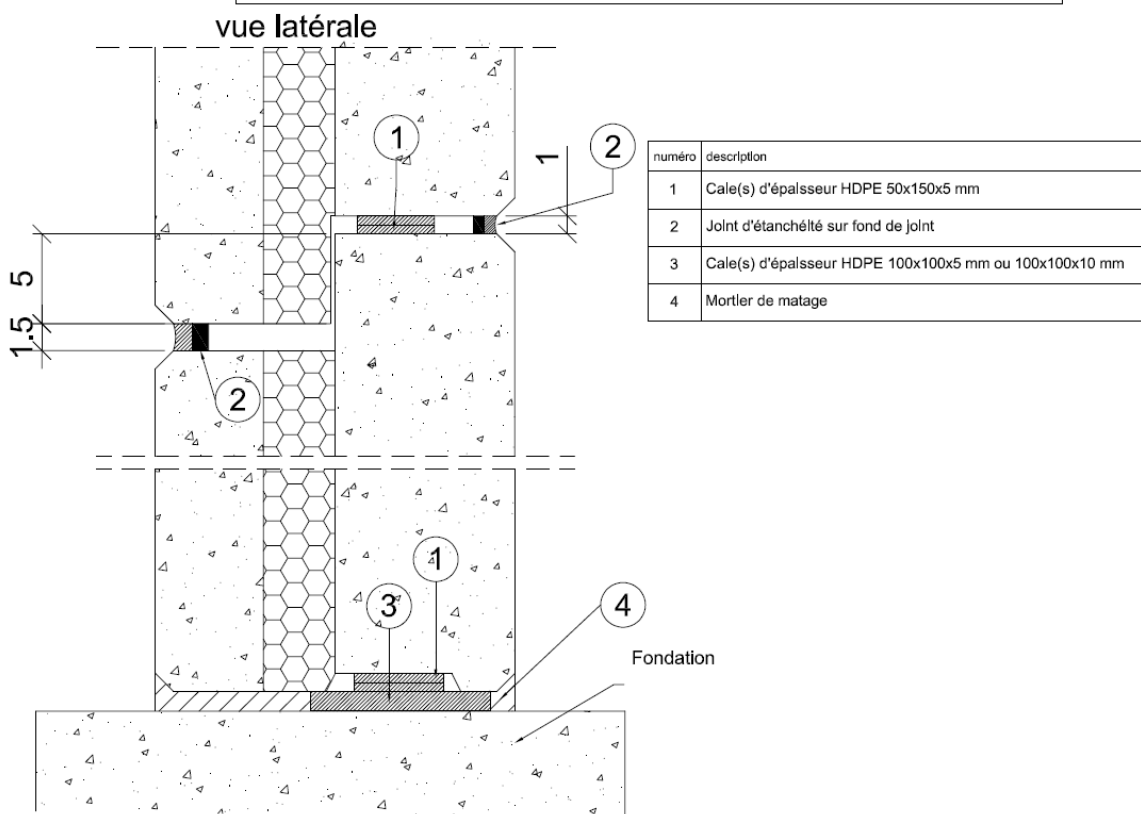


Figure 9 - Pose des panneaux dans le cas d'une façade d'un bâtiment de logement (exemple)

### POSE DES PANNEAUX - JOINT HORIZONTALE - CAS LOGEMENT

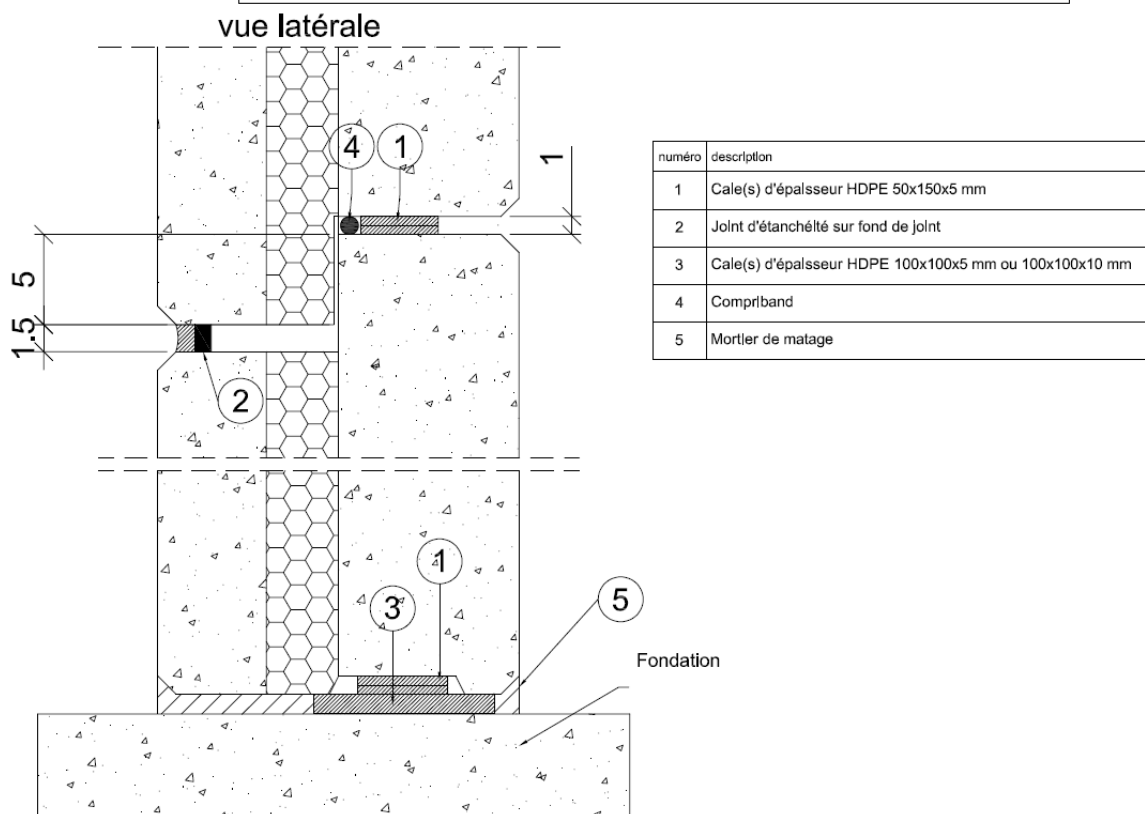


Figure 10 - Pose des panneaux dans le cas d'une façade d'un bâtiment de logement (exemple)



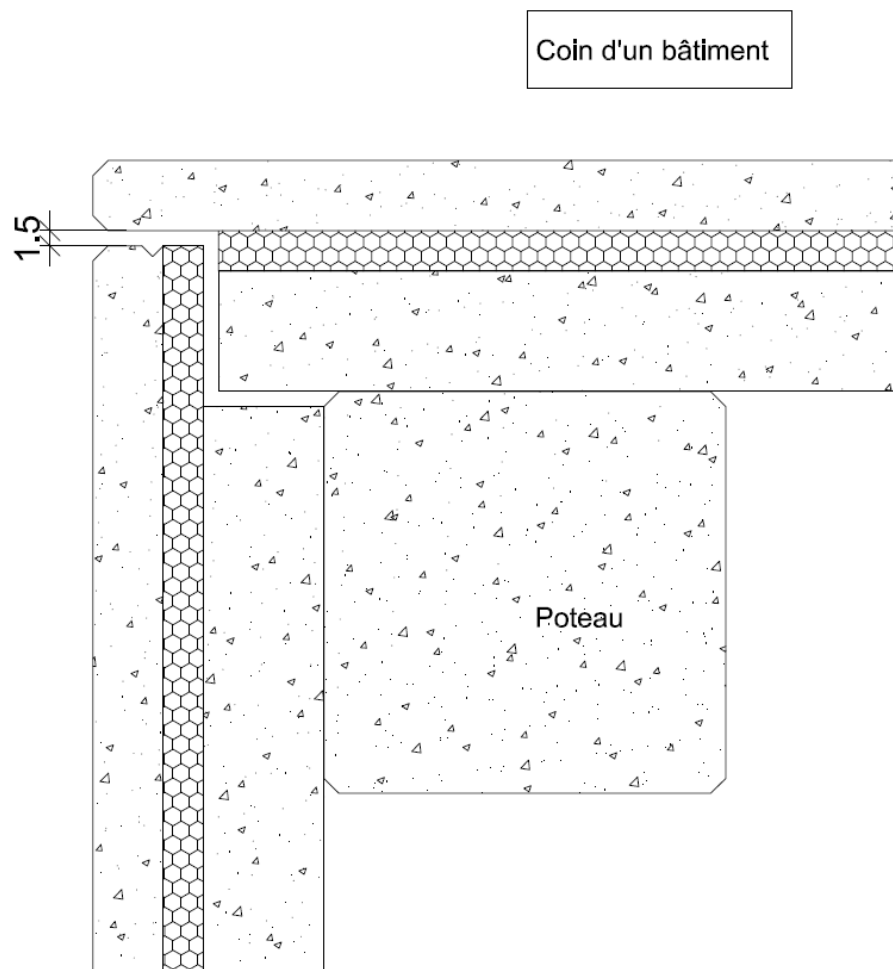


Figure 11 - Coin d'un bâtiment (exemple)

PANNEAU EN FEUILLURE - MUR CF 2H

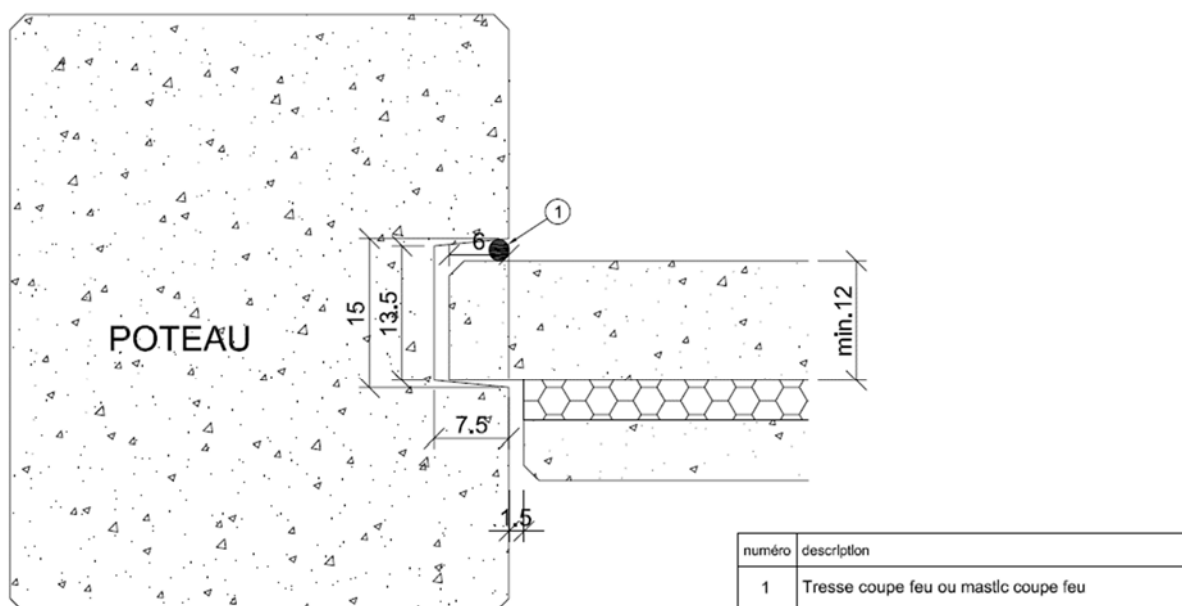


Figure 12 - Panneau en feuillure dans le cas d'un mur CF 2H suivant l'appréciation de laboratoire n°AL17- 220 (exemple)

PANNEAU EN FEUILLURE - MUR CF 4H

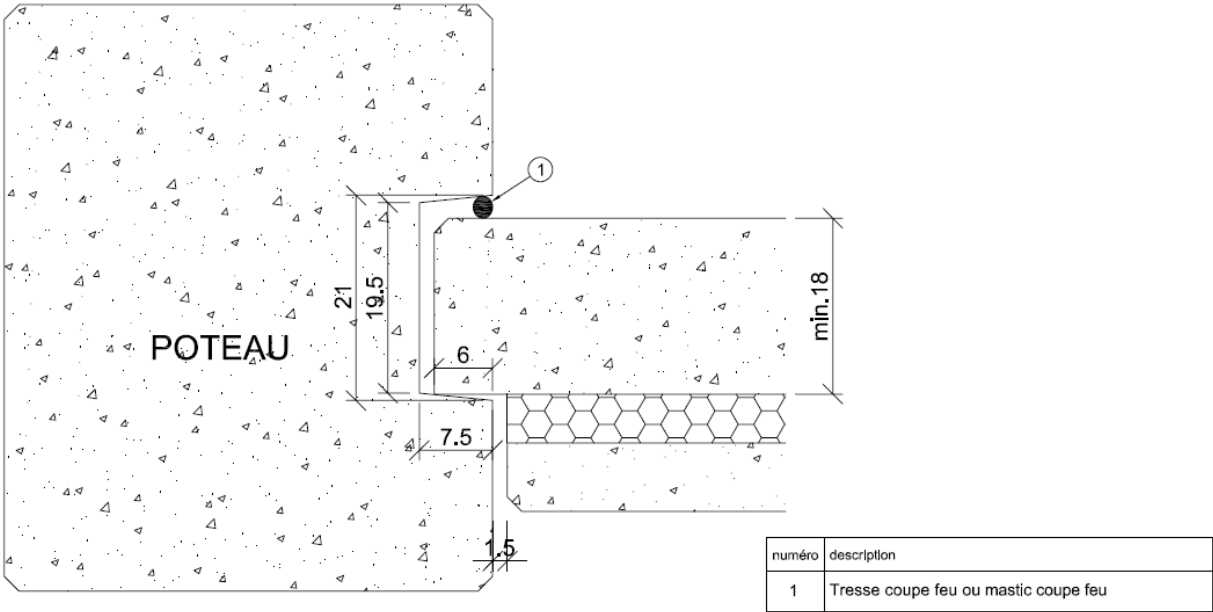
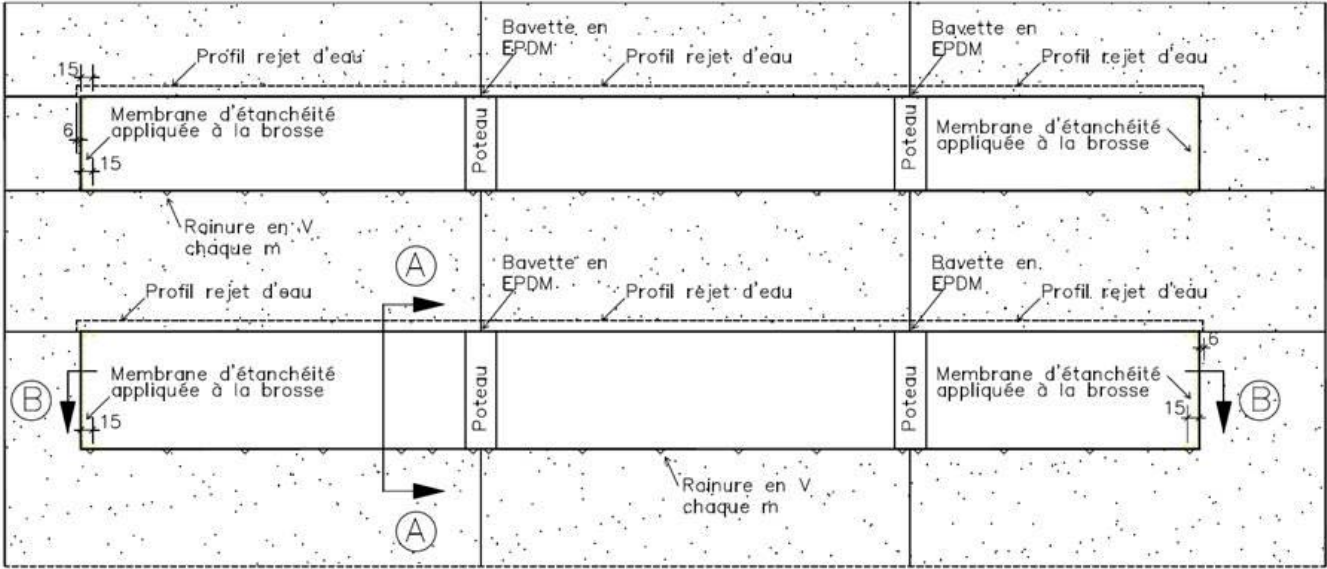


Figure 13 - Panneau en feuillure dans le cas d'un mur CF 4H suivant l'appréciation de laboratoire n°AL17- 220 (exemple)

POSE DE FENÊTRES



Plan de façade

Figure 14 - Pose de fenêtres: plan de façade (exemple)

## POSE DE FENÊTRES

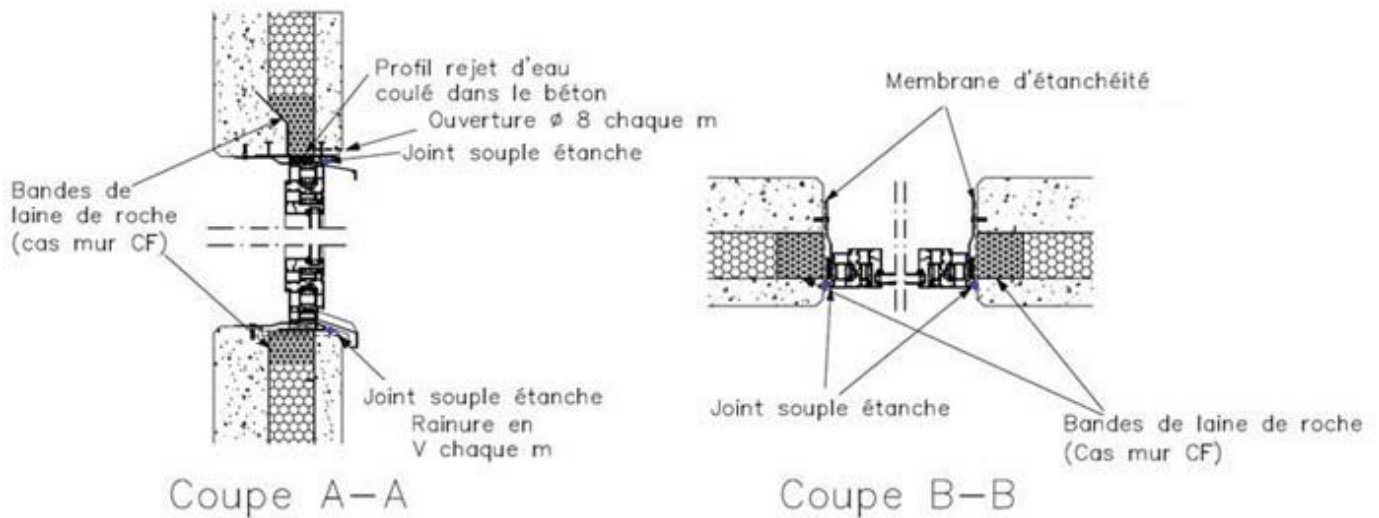


Figure 15 - Pose de fenêtres : coupes A-A et B-B de Figure 14 dans le cas de pose de menuiserie Alu Willy Naessens (exemple)

## POSE DE FENÊTRES

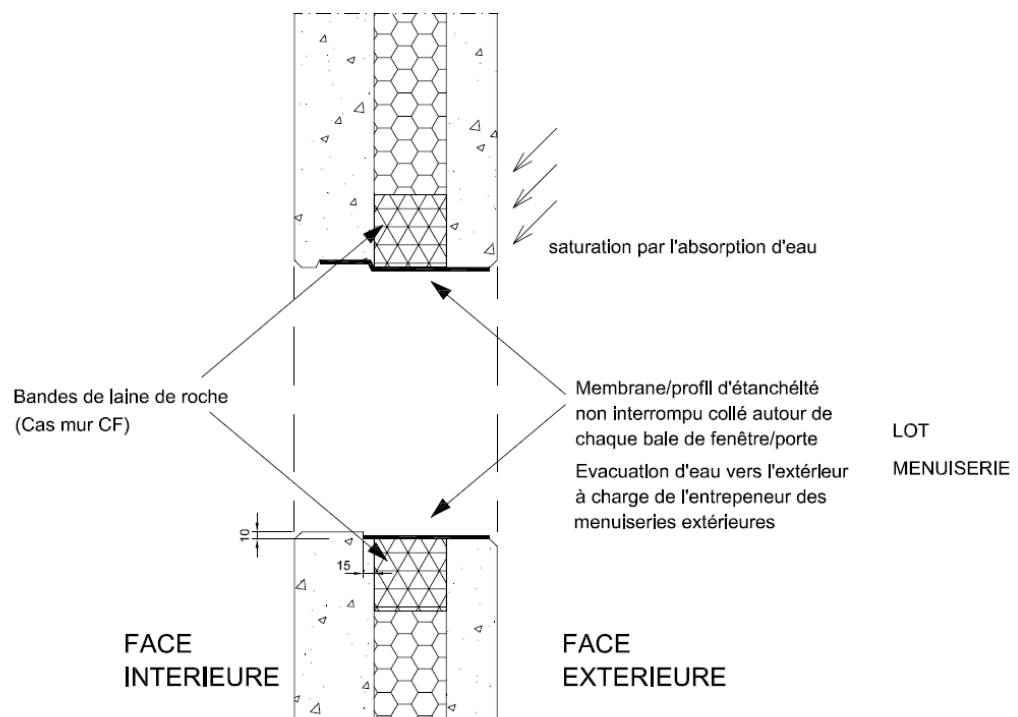


Figure 16 - Pose de fenêtres : exemple d'exécution (exemple)

## ÉVACUATION DE L'EAU PAR UNE BAVETTE EN EPDM

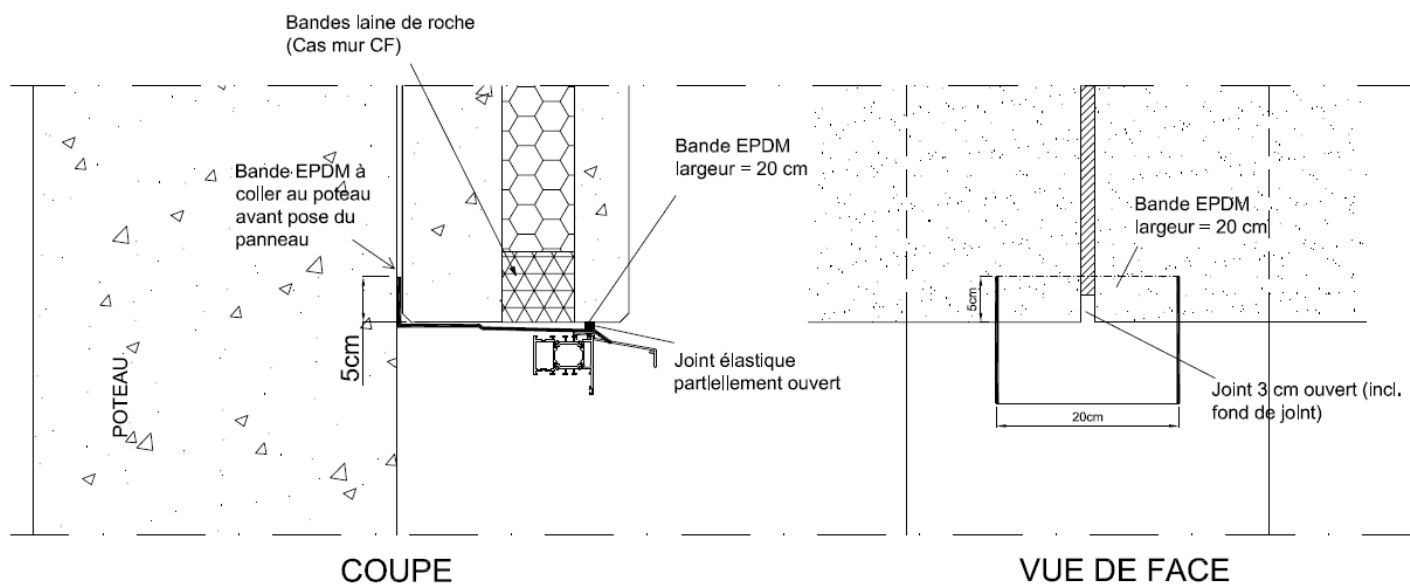
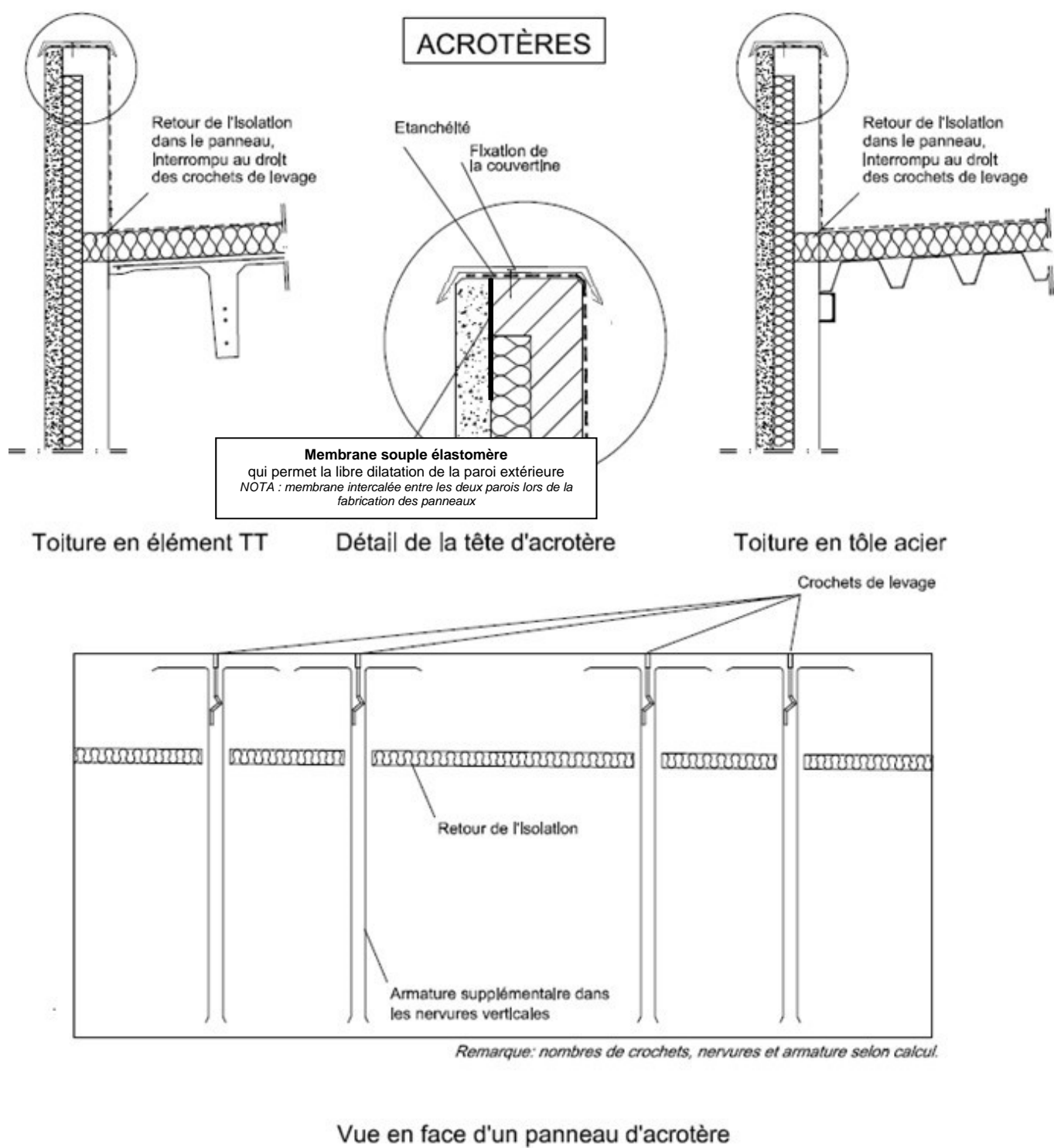


Figure 17 - Pose des fenêtres ; évacuation de l'eau par une bavette en EPDM (exemple)



**Figure 18 - Exécution des acrotères (exemple)**

## **Tableaux de détermination de la température dans les panneaux suivant l'appréciation de laboratoire n°AL17- 220**

Températures dans le voile exposé du procédé « Isobeton / Isolex » lors de l'exposition à un incendie conventionnel ISO R834 (hypothèses de calcul selon l'Eurocode 2 partie 1-2 et son Annexe Nationale) :

### **Température dans l'épaisseur du voile structural de 11 cm d'épaisseur**

Profondeur [cm]	Température [°C]			
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]
11	34	110	194	273
10,5	35	110	195	274
10	36	113	198	278
9,5	39	118	204	283
9	42	124	211	290
8,5	47	132	220	300
8	53	143	231	312
7,5	60	155	245	326
7	70	170	262	343
6,5	81	187	281	362
6	95	208	303	385
5,5	111	231	328	410
5	131	258	357	439
4,5	154	289	390	472
4	181	324	427	509
3,5	214	365	469	551
3	254	412	516	598
2,5	301	465	570	651
2	358	527	632	710
1,5	427	599	701	776
1	512	683	780	850
0,5	617	781	870	932
0	747	894	969	1020

Température dans l'épaisseur du voile structural de 12 cm d'épaisseur

Profondeur [cm]	Température [°C]			
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]
12	28	86	160	230
11,5	29	87	160	231
11	30	89	163	234
10,5	31	92	167	238
10	34	98	173	244
9,5	37	104	181	252
9	41	112	190	262
8,5	46	122	202	274
8	52	134	215	289
7,5	60	148	231	305
7	69	164	249	324
6,5	81	183	269	345
6	95	204	293	369
5,5	111	228	319	396
5	131	255	349	427
4,5	154	287	383	461
4	182	323	421	499
3,5	215	364	464	542
3	254	410	512	590
2,5	301	464	567	644
2	358	527	629	704
1,5	428	599	699	772
1	512	683	779	847
0,5	617	781	869	930
0	747	894	969	1020

Température dans l'épaisseur du voile structural de 14 cm d'épaisseur

Profondeur [cm]	Température [°C]			
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]
14	23	54	107	163
13,5	23	55	108	164
13	23	56	110	166
12,5	24	58	112	169
12	25	61	117	173
11,5	26	65	122	179
11	27	71	128	186
10,5	30	77	136	195
10	32	84	146	205
9,5	36	93	156	217
9	40	103	169	230
8,5	45	115	182	245
8	52	128	198	262
7,5	60	143	216	281
7	69	160	236	302
6,5	81	179	258	326
6	95	201	283	352
5,5	111	225	311	381
5	131	253	342	413
4,5	154	285	377	449
4	182	321	415	488
3,5	215	363	459	533
3	254	410	508	582
2,5	301	464	563	637
2	358	526	626	698
1,5	428	599	697	767
1	512	683	777	843
0,5	617	780	868	928
0	747	893	969	1019



# Température dans l'épaisseur du voile structural de 16 cm d'épaisseur

Profondeur [cm]	Température [°C]			
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]
16	21	37	72	116
15,5	21	37	73	116
15	21	38	74	118
14,5	21	39	76	120
14	21	41	79	123
13,5	22	43	82	127
13	22	46	87	133
12,5	23	50	92	139
12	24	55	99	146
11,5	26	60	106	154
11	27	66	115	164
10,5	30	73	124	175
10	32	81	135	187
9,5	36	90	147	200
9	40	101	161	215
8,5	45	113	176	232
8	52	126	192	250
7,5	60	142	211	271
7	69	159	232	293
6,5	81	178	255	318
6	95	200	280	345
5,5	111	225	308	374
5	131	253	340	407
4,5	154	285	375	444
4	182	321	414	484
3,5	215	362	458	529
3	254	410	507	579
2,5	301	464	563	634
2	358	526	625	696
1,5	428	599	696	765
1	512	683	777	842
0,5	617	780	868	927
0	747	893	969	1019

Température dans l'épaisseur du voile structural de 18 cm d'épaisseur

Profondeur [cm]	Température [°C]					
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]	180 [min]	240 [min]
18	20	28	50	82	153	221
17,5	20	28	50	82	153	222
17	20	28	51	83	154	223
16,5	20	29	52	85	156	225
16	20	30	54	87	159	228
15,5	20	31	57	90	163	232
15	21	33	60	94	167	237
14,5	21	35	64	99	173	242
14	21	38	68	104	179	249
13,5	22	41	73	110	186	256
13	22	44	79	117	194	265
12,5	23	48	85	125	203	275
12	24	53	93	134	213	285
11,5	25	59	101	143	224	297
11	27	65	110	154	236	310
10,5	29	72	120	166	250	324
10	32	80	132	179	264	339
9,5	36	90	144	194	281	356
9	40	100	158	209	298	374
8,5	45	112	174	227	317	394
8	52	126	191	246	338	416
7,5	60	141	210	267	361	439
7	69	158	230	289	385	464
6,5	81	178	254	314	412	492
6	94	200	279	342	441	521
5,5	111	225	308	372	473	554
5	130	253	339	406	508	588
4,5	154	285	374	442	546	626
4	181	321	414	483	587	667
3,5	214	362	457	528	633	712
3	254	409	507	578	682	761
2,5	301	464	562	634	737	813
2	358	526	625	696	796	870
1,5	427	599	696	765	861	931
1	512	683	777	842	932	996
0,5	617	780	868	927	1008	1064
0	747	893	969	1019	1088	1135

Température dans l'épaisseur du voile structural de 20 cm d'épaisseur

Profondeur [cm]	Température [°C]					
	30 [min]	60 [min]	90 [min]	120 [min]	180 [min]	240 [min]
20	20	23	37	59	115	174
19,5	20	23	37	59	116	174
19	20	24	37	60	117	175
18,5	20	24	38	61	118	177
18	20	24	39	63	120	179
17,5	20	25	41	65	123	182
17	20	26	43	68	127	186
16,5	20	27	45	71	131	190
16	20	29	48	75	135	196
15,5	21	30	52	79	141	201
15	21	32	55	84	147	208
14,5	21	34	60	90	154	216
14	21	37	65	96	162	224
13,5	22	40	70	103	170	233
13	22	44	76	111	179	243
12,5	23	48	83	120	190	254
12	24	53	91	129	201	266
11,5	26	58	99	139	213	279
11	27	65	109	151	226	293
10,5	29	72	119	163	241	309
10	32	80	131	177	256	325
9,5	36	90	144	191	273	343
9	40	100	158	207	291	362
8,5	45	112	173	225	311	383
8	52	126	190	244	333	405
7,5	60	141	209	265	356	429
7	69	158	230	288	381	455
6,5	81	178	253	314	408	484
6	94	200	279	341	438	514
5,5	111	225	307	372	470	547
5	130	253	339	405	505	582
4,5	154	285	374	442	543	621
4	181	321	414	483	585	663
3,5	214	362	457	528	631	708
3	254	410	507	578	681	757
2,5	301	464	562	634	735	810
2	358	526	625	696	795	867
1,5	428	599	696	765	861	929
1	512	683	777	842	931	994
0,5	617	781	868	927	1008	1063
0	747	894	969	1019	1088	1135

Résistance résiduelle des ancrs porteuses en fonction de la durée d'incendie :

Le processus de vérification consiste à comparer la capacité de résistance résiduelle de l'ancr porteuse en situation d'incendie, à l'action agissante en situation d'incendie. Il en résulte que la condition de stabilité du cylindre s'écrit :

$$E_{d,fi} \leq k_{fi,t,anc} \times R_d$$

Où :

- $R_d$  : Capacité résistante de calcul du cylindre à température ambiante ;
- $E_{d,fi}$  : Effet d'actions de calcul en situation d'incendie ;
- $k_{fi,t,anc}$  : Facteur de réduction de la capacité résistante de l'ancr en situation d'incendie.

**Facteurs de réduction de la résistance caractéristique (limite conventionnelle d'élasticité) des ancrs porteuses pour le système MVA de la société Halfen**

		Type d'ancr	Cylindre					Plat				
		Nuance	1,4571					1,4571				
	Enrobage	Durée d'exposition [min]	30	60	90	120	240	30	60	90	120	240
Voile porteur 11 cm	35 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,82	0,74	0,70	0,67	-	0,77	0,47	0,26	0,10	-
Voile porteur 18 cm	105 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,99	0,93	0,88	0,85	0,76	0,99	0,93	0,88	0,85	0,55

**Facteurs de réduction de la résistance caractéristique (limite conventionnelle d'élasticité) des ancrs porteuses pour le système Fixi Double Peau de la société Fixinox en fonction de la nuance d'acier**

		Type d'ancr	Cylindre					Plat				
		Nuance	1,4301					1,4301				
	Enrobage	Durée d'exposition [min]	30	60	90	120	240	30	60	90	120	240
Voile porteur 11 cm	40 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,71	0,63	0,58	0,54	-	0,71	0,55	0,35	0,18	-
Voile porteur 18 cm	110 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,98	0,90	0,81	0,74	0,64	0,98	0,90	0,81	0,74	0,58

		Type d'ancr	Cylindre					Plat				
		Nuance	1,4404					1,4404				
	Enrobage	Durée d'exposition [min]	30	60	90	120	240	30	60	90	120	240
Voile porteur 11 cm	40 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,78	0,70	0,65	0,63		0,78	0,55	0,35	0,18	
Voile porteur 18 cm	110 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,99	0,90	0,87	0,82	0,71	0,99	0,90	0,87	0,82	0,58

		Type d'ancr	Cylindre					Plat				
		Nuance	1,4571					1,4571				
	Enrobage	Durée d'exposition [min]	30	60	90	120	240	30	60	90	120	240
Voile porteur 11 cm	40 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,84	0,76	0,71	0,69		0,84	0,55	0,35	0,18	
Voile porteur 18 cm	110 mm	$k_{fi,t,anc}$	0,99	0,90	0,88	0,86	0,77	0,99	0,90	0,88	0,86	0,58