3.2/16-872_V4

Valide du **09 novembre 2026**

au **09 novembre 2033**

Sur le procédé

FIXI DOUBLE PEAU

Famille de produit/Procédé : Dispositif d'accrochage pour voile extérieur librement dilatable

Titulaire(s) : Société FIXINOX

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	Cette version, examinée le 23 avril 2026, annule et remplace l'Avis Technique 3.2/16-872_V2. Elle intègre les modifications suivantes : • Mise à jour des conditions d'identification • Mise à jour des références chantier	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Dispositif d'accrochage de paroi extérieure de panneaux sandwiches lourds ou de murs à coffrage et isolation intégrés à voile extérieur librement dilatable comportant un cylindre et/ou des plats, des épingles de maintien de l'écartement entre voiles et des dispositifs anti-couple. L'ensemble de ces pièces est en acier inoxydable austénitique.

Les ancres porteuses peuvent être mises en œuvre selon trois configurations : un cylindre MA seul, un cylindre MA associé à un plat FA, ou plusieurs plats FA.

Afin de respecter les conditions d'ancrage, les épaisseurs minimales des parois des panneaux sont les suivantes :

- Panneaux faisant l'objet d'une certification par un organisme extérieur :
  - Murs à coffrage et isolation intégrés : parois de 7 cm et noyau de 6 cm
  - Panneaux sandwichs : 7 cm pour la paroi extérieure et 12 cm pour le voile intérieur
- Panneaux ne faisant pas l'objet d'une certification par un organisme extérieur :
  - Murs à coffrage et isolation intégrés : parois de 7,5 cm et noyau de 6 cm
  - Panneaux sandwichs : 7,5 cm pour la paroi extérieure et 12,5 cm pour le voile intérieur

L'épaisseur de l'isolant et/ou du vide est compris entre 30 mm et 240 mm (200 mm si mise en œuvre d'un cylindre).

Le cylindre est destiné à rester non rempli de béton dans l'épaisseur de l'isolant.

Le présent Avis ne vise que le dispositif d'accrochage du voile de béton des panneaux sandwiches et des murs à coffrage et isolation intégrés et non les procédés qui le mettent en œuvre, et ne constitue pas un Avis Technique sur le panneau ou le mur dans lequel il est intégré.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 4
1.1. Domaine d'emploi accepté 4
1.1.1. Zone géographique 4
1.1.2. Ouvrages visés 4
1.2. Appréciation 4
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 4
1.2.2. Durabilité 5
1.2.3. Impacts environnementaux 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 5
2. Dossier Technique 6
2.1. Mode de commercialisation 6
2.1.1. Coordonnées 6
2.1.2. Identification 6
2.2. Description 6
2.2.1. Principe 6
2.2.2. Matériaux 6
2.2.3. Types d'ancrage 6
2.3. Dispositions de conception 8
2.3.1. Généralités 8
2.3.2. Positions des ancrages dans les parois 8
2.3.3. Dimensionnement 8
2.3.4. Dispositions parasismiques 9
2.3.5. Thermique 10
2.4. Assistance technique 10
2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 10
2.5.1. Réception de la matière première 10
2.5.2. Fabrication 10
2.5.3. Sous-traitance 10
2.5.4. Conditions de stockage et de transport 11
2.6. Mention des justificatifs 11
2.6.1. Résultats expérimentaux 11
2.6.2. Références chantiers 11
2.7. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 12
SYSTEME MA 31
SYSTEME MA-FA 33
SYSTEME FA-FA 35

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Le présent Avis est émis pour l'utilisation en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Dispositifs d'accrochage destinés à des panneaux sandwiches lourds et des murs à coffrage et isolation intégrés à voile extérieur librement dilatable avec des épaisseurs d'isolant variant de 30 à 200 mm pour les cylindres MA et de 30 à 240 mm pour les plats FA.

L'utilisation du dispositif de liaison « FIXI DOUBLE PEAU » comme moyen de levage des panneaux n'est pas visée par le présent Avis.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

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

1.2.1.1.1. Stabilité

La stabilité propre du voile extérieur des panneaux sandwiches et des murs à coffrage et isolation intégrés dans lesquels est incorporé ce dispositif d'accrochage, peut être normalement assurée (cf. les dispositions de conception présentes dans le Dossier Technique, §2.3).

1.2.1.1.2. Utilisation en zone sismique

L'utilisation en zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est possible pour une longueur libre n'excédant pas 200 mm pour les cylindres et 240 mm pour les plats, et moyennant le respect des dispositions prévues au Dossier Technique.

1.2.1.1.3. Sécurité au feu

L'incorporation, dans les panneaux sandwiches lourds et dans les murs à coffrage et isolation intégrés, de ce dispositif d'accrochage ponctuel du voile extérieur est sans influence sur l'aptitude de tels panneaux ou murs à satisfaire à la réglementation. Cette aptitude, qui dépend essentiellement de l'organisation des panneaux ou des murs et qui peut être influencée par la présence éventuelle d'une lame d'air derrière le voile extérieur, fait l'objet d'appréciations dans les Avis Techniques dont relèvent les procédés mettant en œuvre ce type de panneaux ou de murs.

1.2.1.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre du dispositif

Elle peut être normalement assurée moyennant l'application des dispositions du dossier et des prescriptions techniques.

1.2.1.1.5. Divers

Les procédés de murs en panneaux sandwiches lourds et de murs à coffrage et isolation intégrés sont hors du domaine traditionnel.

Les dispositifs d'accrochage ont été examinés en tant que tels et toutes les performances thermiques, acoustiques, etc. du panneau et du mur doivent être déterminées par le concepteur du panneau et du mur en tenant compte des considérations du présent Avis.

1.2.1.2. Fabrication et contrôle des pièces

Elle nécessite du soin et un autocontrôle permanent, notamment de la qualité des soudures des cylindres, devant être mis en place par le titulaire.

1.2.1.3. Mise en œuvre du dispositif

Effectuée par les préfabriquant des murs en béton, elle nécessite du soin et de la précision.

Le titulaire de l'Avis apportera sur leur demande son assistance technique aux préfabriquant auxquels il fournira ce dispositif.

1.2.2. Durabilité

La liaison entre voiles de béton réalisée par ce dispositif est considérée comme durable et sans influence sur la durabilité des panneaux dans lesquels elle est incorporée. L'utilisation de barres d'ancrage en acier HA B500B conduit à respecter un enrobage minimal, toutes tolérances épuisées, du côté extérieur de 2,5 cm.

1.2.3. Impacts environnementaux

1.2.3.1. Données environnementales

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

1.2.3.2. Aspects sanitaires

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Cet avis ne dispense pas d'un calcul au vent et au séisme global, des calculs de liaisons des panneaux avec l'ouvrage ainsi que de l'intégrité des panneaux.

Les performances mécaniques des plats affichées en Annexe du Dossier Technique ont été déterminées de manière sécuritaire à partir de configurations d'essais ayant une épaisseur d'isolant de 240 mm.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire :

Société FIXINOX

ZI de JUMET

Première Rue, 8

B – 0640 JUMET

Belgique

Tél. : +32 71 81 05 26

Email : info@fixinox.be

Internet : http://www.bottaprefabbricati.it/

2.1.2. Identification

Les plats FA et cylindre MA sont identifieés par un marquage laser ou étiquettes. Les références affichées sont indiquées dans les paragraphes de chaque type d'ancrage.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Système de fixation ponctuelle des voiles extérieurs de Panneaux Sandwich (PSW) ou de Murs à Coffrage et Isolation Intégrés (MCII) à voile extérieur librement dilatable comportant un cylindre ou des plats comme ancrage principal, un plat comme dispositif anti-couple et des épingles de maintien de l'écartement entre voiles.

Le procédé se décline, pour les ancres porteuses, selon les trois configurations suivantes : un cylindre MA seul, un cylindre MA associé à un plat FA, ou plusieurs plats FA. Des exemples de dispositions correspondantes sont présentés en Annexe VI : Exemples de disposition.

Tous les éléments de liaison sont en acier inoxydable austénitique, les cylindres et les plats sont ancrés dans le béton de voiles à l'aide de barres de renfort en aciers HA B500B.

Le cylindre d'ancrage principal n'est pas rempli de béton dans l'épaisseur de l'isolant.

2.2.2. Matériaux

Les cylindres sont fabriqués à partir d'une tôle d'épaisseur 1,5 mm.

Les plats sont fabriqués à partir d'une tôle de 3 mm d'épaisseur.

La tôle est en acier inoxydable austénitique de limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % ≥ 280 MPa. La nuance est l'inox 1.4404 selon la NF EN 10088-1 (S31603 selon ASTM A959), 1.4571 selon la NF EN 10088-1 (S31635 selon ASTM A959) ou 1.4301 selon la NF EN 10088-1 (S30400 selon ASTM A959)

Ces matériaux présentent une bonne soudabilité ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion, notamment en milieux marins. (Tableau B.1 de la EN 1993-1-4).

Les épingles et étriers de liaison sont fabriqués à partir de fil rond lisse en acier inoxydable de limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % ≥ 450 MPa. La nuance de l'acier inoxydable utilisé est 1.4301 selon la NF EN 10088-1 (S30400 selon ASTM A959), 1.4401 selon NF EN 10088-1 (S31600 selon ASTM A959) ou 1.4362 selon NF EN 10088-1 (S32304 selon ASTM A959).

Les barres de renfort des cylindres et des plats sont en acier HA nuance B500B selon NF A35-080-1 de diamètre 6 mm et une longueur variable selon le diamètre de cylindre ou la longueur du plat.

2.2.3. Types d'ancrage

Ces ancrages permettent le transfert de charge entre la paroi extérieure et la paroi intérieure. Les ancrages doivent être choisis en fonction du poids de la paroi extérieure et des contraintes éventuelles exercées sur cette paroi.

2.2.3.1. Cylindres MA

Ce sont des cylindres fabriqués à partir de tôle en acier inoxydable austénitique d'épaisseur 1,5 mm. Les différents diamètres sont : Ø 51 mm, Ø 76 mm, Ø 102 mm, Ø 127 mm, Ø 153 mm, Ø 178 mm, Ø 204 mm, Ø 229 mm, 255 mm, Ø 280 mm (Voir Figure 1, Annexe I).

La charge de calcul à l'ELU exprimée en kN est donnée en fonction du diamètre du cylindre et de l'épaisseur de l'isolant par le Tableau 1 (Annexe IV).

Le cylindre est ancré dans les parois extérieure et intérieure. La profondeur d'ancrage et la hauteur totale varient suivant l'épaisseur de l'isolant et celle de la paroi extérieure. (Voir Tableau 3, Annexe IV). L'intégration du cylindre MA dans le panneau sandwich ou MCII est présentée sur la Figure 2 (Annexe I).

Chaque cylindre est identifié selon sa hauteur et son diamètre en suivant le format 05MA-[Epaisseur]-[hauteur]-[diamètre] - A4-FXex : 05MA-15-175-204-A4-FX (pour un cylindre de 204 mm de diamètre et de 175 mm de hauteur «épaisseur de tôle 1,5 mm).

L'ancrage est assuré à la fois grâce aux trous oblongs de scellement et les barres HA B500 B de répartition de 6 mm de diamètre qui traversent le cylindre dans des trous ronds de diamètre 8 mm. Les extrémités de ces barres sont ancrées dans le treillis soudé des parois (Voir Figure 5, Annexe I). Le nombre et la longueur des barres varient en fonction du diamètre du cylindre (Voir Tableau 4, Annexe IV).

Si besoin, le treillis soudé doit être reconstitué après installation du cylindre. (Voir Figure 3, Annexe I).

2.2.3.2. Plats FA

Ce sont des plats fabriqués à partir d'une tôle en acier inoxydable austénitique d'épaisseur 3 mm. Leurs dimensions varient en fonction de la charge de calcul et de l'épaisseur de l'isolant. Les longueurs standards sont : 80 mm, 120 mm, 160 mm, 200 mm, 240 mm, 280 mm, 320 mm, 360 mm et 400 mm (Voir Figure 6, Annexe II)

La charge de calcul à l'ELU exprimée en kN est donnée en fonction de leur longueur et de l'épaisseur de l'isolant par le Tableau 5 (Annexe IV).

La profondeur d'ancrage dans les parois extérieure et intérieure ainsi que la hauteur des plats sont données dans le Tableau 7. L'intégration du plat dans le panneau sandwich ou MCII est présentée en Figure 7 (Annexe II).

Le Tableau 8 (Annexe IV) donne la distance maximale admissible S_(adm,p) entre le plat et le point fixe du panneau (exemple : position du cylindre) pour permettre la dilatation différentielle entre les parois extérieure et intérieure sans dépasser les contraintes admissibles dans le plat ou dans le béton.

Chaque plat est identifié par sa hauteur, sa longueur et son épaisseur en suivant le format 05FA-[épaisseur]-[hauteur]-[longueur]-A4-FXex : 05-FA-30-175-200-A4-FX (pour un plat de 200 mm de longueur, 175 de hauteur et 3 mm d'épaisseur.

La transmission des efforts des parois à l'ancrage se fait par l'intermédiaire de barres de répartition en acier HA B500B de diamètre 6 mm et une longueur 400 mm qui traversent le plat dans des trous de Ø8 mm. Les extrémités de ces barres sont ancrées dans le treillis soudé des parois (Voir Figure 10, Annexe II). Leur nombre varie en fonction de la longueur du plat (Voir Figure 9, Annexe II)

2.2.3.3. Epingles

Les épingles maintiennent l'écartement des deux parois et assurent la reprise de l'effort perpendiculaire à la face de la paroi extérieure, elles se disposent perpendiculairement aux parois intérieure et extérieure. Elles sont sollicitées axialement.

Elles sont réalisées à partir d'un fil en acier inoxydable austénitique de diamètre 2.8, 4 et 5 mm, façonné en forme de u.

Les extrémités de ces épingles sont spécialement façonnées pour pouvoir s'ancrer soit dans le treillis de la paroi bétonnée en première phase (modèle NVB et NVA), soit directement dans le béton (modèle NVH).

Si l'isolant est mis en place avant les épingles, alors les épingles type NVH devront être utilisées.

Au cours des opérations de démoulage, le relevage des panneaux doit se faire par l'intermédiaire d'une table de préfabrication relevable.

Les épingles de liaison permettent de transmettre les charges normales (vents) de la paroi extérieure à la paroi intérieure.

Le choix du diamètre, de la profondeur minimale d'ancrage et de la hauteur totale de l'épingle (ou étrier) est donné dans le Tableau 10(Annexe IV).

L'entraxe des épingles ne doit pas dépasser 120 cm. la distance au bord des épingles de rive doit être supérieure à 10 cm et inférieure à 30 cm.

L'entraxe des épingles (ou étriers) est modulé en fonction de diamètre du fil le constituant et de l'effort perpendiculaire au plan de panneau. (Voir les Tableau 12 et Tableau 13, Annexe IV).

L'identification se fait par étiquetage de la boite d'emballage. Exemple : 05NVH-4,0-200-A4 (Type-Diamètre du fil-Longueur-nuance matériau)

2.2.3.4. Plats anti-torsion

Ils sont constitués par un plat identique à celui décrit au paragraphe 2.2.3.2.

Ce dispositif permet d'équilibrer les efforts liés aux tolérances de positionnement de l'ancrage principal par rapport au centre de gravité du voile extérieur.

En zone sismique, lorsque le système d'ancrage est constitué de plats, ce dispositif anti-couple est utilisé en position horizontale dans le panneau, afin de limiter le déplacement de la paroi extérieure et empêcher son entrechoquement avec les panneaux voisins.

Pour le dimensionnement, la charge de calcul de l'ancre qui reprend une action sismique doit être multipliée par un coefficient de 0,741. La raideur quant à elle sera multipliée par un coefficient de 0,5.

C'est également le cas lorsque l'ancrage est constitué d'un seul cylindre. Comme cette fixation est unique, il est nécessaire de prévoir une ancre plate, positionnée verticalement, afin d'éviter au panneau extérieur de pivoter autour du cylindre.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Les procédés de construction employant ce dispositif sont utilisés conformément aux Avis Techniques dont ils relèvent.

Dans le cas d'intégration du procédé FIXI DOUBLE PEAU aux procédés de murs à coffrage et isolation intégrés, la stabilité en phase provisoire des panneaux ne peut pas être réalisée sur la base de cet Avis Technique.

L'organisation des murs constitués de panneaux sandwich et des murs à coffrage et isolation intégrés dans lesquels est incorporé ce dispositif sont conçus 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.

L'épaisseur minimale de la paroi est de 7 cm quel que soit le type d'ancrage utilisé.

Afin de respecter les conditions d'ancrage, les épaisseurs minimales des parois des panneaux sont les suivantes :

- Panneaux faisant l'objet d'une certification par un organisme extérieur :
    - Murs à coffrage et isolation intégrés : parois de 7 cm et noyau de 6 cm
    - Panneaux sandwichs : 7 cm pour la paroi extérieure et 12 cm pour le voile intérieur
- Panneaux ne faisant pas l'objet d'une certification par un organisme extérieur :
    - Murs à coffrage et isolation intégrés : parois de 7,5 cm et noyau de 6 cm
    - Panneaux sandwichs : 7,5 cm pour la paroi extérieure et 12,5 cm pour le voile intérieur

2.3.2. Positions des ancrages dans les parois

L'ancrage principal est, lorsque cela est possible, positionné à la verticale du centre de gravité de la paroi extérieure du panneau et à mi-hauteur de celle-ci.

Lorsque la verticale du centre de gravité traverse une baie, l'ancrage principal sera alors positionné dans l'allège de cette baie, tout en respectant une distance minimale entre l'axe de cet ancrage et les bords haut et bas de l'allège.

Lorsque la verticale du centre de gravité traverse une porte, ou lorsque les dimensions de l'allège et du linteau de baie n'ont pas les dimensions suffisantes pour positionner un ancrage, alors les ancrages seront positionnés suivant l'axe du centre de gravité de chaque trumeau et suivant la même horizontale.

Dans tous les cas, une distance minimale sera respectée entre les rives de la paroi et l'axe du cylindre ou du plat (en règle générale : trois fois son diamètre pour un cylindre et trois fois sa hauteur pour un plat avec une limitation à 500 mm pour un cylindre et 250 mm pour un plat).

La distance entre un cylindre et un plat dans le cas d'un système MA-FA (cylindre + plat comme éléments porteurs) doit être supérieure ou égale à 750 mm.

La distance entre deux plats FA devra être, dans tous le cas, supérieure ou égale à 500 mm.

Les épingles sont placées sur toute la périphérie du panneau et des baies, ainsi qu'à l'intérieur du panneau, suivant un calepinage respectant un espacement maximal (selon les Tableau 12 et Tableau 13, Annexe IV). Cet entraxe maximal peut-être optimisé en tenant compte des efforts admissibles fournis dans le Tableau 9 (Annexe IV). L'entraxe minimale des épingles est de 17 cm.

Les épingles de rive doivent être à une distance comprise entre 10 et 30 cm du bord.

Il convient de doubler les épingles si la paroi extérieure est en porte-à-faux par rapport à la paroi intérieur sur toute la ligne de démarcation. Dans ce cas, le porte-à-faux ne doit pas excéder 80 cm. Pour toute autre situation spéciale, le nombre d'épingles sera déterminé par calcul, par le bureau d'étude FIXINOX.

Un dispositif anti-couple est à mettre en place, sur l'horizontale ou la verticale passant par l'ancrage principal, pour reprendre l'effort engendré par l'excentricité de ce dernier par rapport au CDG de la paroi extérieure.

Lorsque pour des problèmes de hauteur de transport, le panneau est stocké dans une position différente de celle de sa mise en œuvre (transport sur chantier par exemple), alors des ancrages complémentaires seront positionnés pour assurer le maintien de la paroi extérieure pendant les phases de transport et de basculement sur chantier.

Dans tous les cas, au droit des ancrages porteurs, un frettage doit être réalisé.

Concernant la longueur d'ancrage pour les différents composants du système FIXI DOUBLE PEAU :

- La longueur d'ancrage minimale pour les cylindres MA est de 55 mm pour des épaisseurs de vide inférieures ou égales à 90 mm. Pour des épaisseurs de vide supérieures à 90 mm, la longueur d'ancrage sera alors de 62 mm.
- La longueur d'ancrage minimale pour les plats FA est de 55 mm pour tout leur domaine d'emploi.
- La longueur d'ancrage minimale du côté des extrémités ondulées des épingles NVA et NVH est de 55 mm. Concernant les étriers NVB, ils sont ancrés au treillis soudé de la paroi extérieure positionné à une profondeur minimale de 40 mm (Figure 11)

Le Tableau 10(Annexe IV) et les Figure 11 à Figure 15 (Annexe III) représentent l'intégration des épingles NVH, NVA et l'étrier NVB

2.3.3. Dimensionnement

La classe du béton ne peut pas être inférieure à C25/30. Le béton des panneaux doit être exempt de composé chloré.

Les charges de calcul à l'ELU sur les ancrages et les épingles définis en Annexes ne peuvent être retenues que si la résistance caractéristique minimale à la compression à 28 jours du béton, sur cylindre, des panneaux est de 30 MPa (béton de classe de résistance C30/37)

Lorsque la résistance caractéristique en compression du béton sur cylindre f_{ck}des panneaux est inférieure à la résistance de référence indiquée précédemment, tout en restant supérieure ou égale à 25 MPa, les valeurs à retenir pour les charges de calcul à l'ELU s'obtiennent en multipliant par $(f_{ck}/f_{ck\,réf})^{0.5}$les charges de calcul à l'ELU dans le Tableau 1.

Dans chaque cas d'application, le choix de la dimension des pièces de liaison, leur position dans le panneau et l'organisation des aciers de renfort dans le voile de béton, seront déterminés par le bureau d'études techniques, en fonction des efforts à équilibrer.

La résistance du voile intérieur des panneaux aux charges verticales doit être justifiée en prenant en compte le moment engendré dans ce voile par le scellement de l'ancrage principal et des ancrages complémentaires éventuels.

Le poids propre du voile extérieur doit être équilibré par l'ancrage principal (soit 1 cylindre MA positionné sur l'axe du centre de gravité, OU 1 cylindre MA + 1 plat OU n plats FA de section identique) et, éventuellement, l'ancrage complémentaire (plat « anti-torsion ») à l'exclusion des épingles.

Les efforts de vent à prendre en compte pour le dimensionnement des pièces de liaison qu'ils sollicitent, et notamment des épingles, sont ceux correspondant au vent extrême. Ils devront être déterminés conformément aux prescriptions de la NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA.

La sollicitation à l'ELU fondamental dans les épingles sous l'effet de l'action du vent ne doit pas excéder la capacité d'ancrage de ces dernières déterminée dans le Tableau 9 du Dossier Technique.

A défaut d'essais d'arrachement sur les épingles dans un béton à jeune âge (de résistance caractéristique à la compression sur cylindre au plus égale à 12 MPa), les épingles ne doivent pas être sollicitées lors de la phase de démoulage des panneaux sandwiches ou des murs à coffrage et isolation intégrés. Afin d'éviter que les épingles reprennent le poids propre du voile extérieur (majoré éventuellement de l'effort d'adhérence au démoulage), la mise en position verticale du panneau sandwich ou du mur à coffrage et isolation intégrés doit obligatoirement être faite par l'intermédiaire d'une table relevante.

Si la position du panneau lors de la manutention ou du transport est différente de celle en œuvre, le dimensionnement des ancrages doit être justifié dans l'hypothèse de fonctionnement la plus défavorable.

Un frettage doit être réalisé au droit des ancrages principaux selon les dispositions constructives définies dans les Avis Technique de panneaux utilisant ce procédé.

En situation normale (hors sismique), la répartition des sollicitations sur les ancres (plats et/ou cylindres) est réalisée de la manière suivante :

- Dans le cas d'un cylindre MA positionné sur l'axe du centre de gravité de la paroi extérieure :
    - Le poids propre doit être équilibré par le cylindre seul ;
    - L'effort sur le plat anti-torsion est déterminé en considérant une excentricité forfaitaire de l'ancre principale par rapport au centre de gravité de la paroi extérieure correspondant à 5 % de la longueur de la paroi extérieure.
- Dans le cas d'un cylindre MA et un plat FA, les sollicitations dues au poids propre de la paroi extérieure sont déterminées sur chaque ancre en considérant un fonctionnement en poutre sur 2 appuis de la paroi extérieure.
- Dans le cas de n plats FA identiques :
    - Si le centre de gravité et le centre de rigidité coïncident, le poids propre est distribué de manière égalitaire sur les n plats identiques
    - Si le centre de gravité et le centre de rigidité ne coïncident pas, le moment de torsion en résultant devra être pris en compte dans le dimensionnement. L'effort de dimensionnement sera égal à l'effort le plus défavorable calculé sur un plat ;
    - Le plat anti-torsion est dimensionné pour reprendre un effort égal à 10 % du poids de la peau extérieure.

2.3.4. Dispositions parasismiques

Les dispositifs d'accrochage doivent être dimensionnés 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 1. A défaut de justification particulière, la composante horizontale de l'effort dû à l'action sismique doit être reprise soit par un cylindre MA soit par n plats FA identiques disposés horizontalement sur une même ligne verticale. Dans ce dernier cas, l'évaluation de l'effort de dimensionnement est réalisée de la manière suivante :

- Dans le cas où le centre de rigidité et le centre de raideur coïncident, l'effort sismique est repris de manière uniforme par les n plats ;
- Dans le cas où le centre de rigidité et le centre de raideur ne coïncident pas, le moment de torsion en résultant devra être pris en compte dans le dimensionnement. L'effort de dimensionnement sera égal à l'effort le plus défavorable calculé sur un plat

A défaut d'essais dynamiques sur les dispositifs d'accrochage, l'ancrage principal MA ou FA doit être dimensionné en déduisant la charge de calcul en situation sismique de la charge de calcul en situation normale indiquée dans le Tableau 1 et Tableau 5 en Annexe IV : Performances mécaniques du système FIXI DOUBLE PEAU) par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 1,35.

De plus, l'ancrage principal MA doit se situer dans une zone de béton fretté. 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.

Les largeurs des joints entre panneaux sont déterminées en fonction de l'accélération sismique à partir des raideurs moyennes en cisaillement des cylindres MA ou des plats FA indiquées en Annexe (Tableau 2 et Tableau 6, Annexe IV). A défaut d'essais dynamiques sur les dispositifs d'accrochage, les raideurs moyennes en cisaillement des cylindres MA et des plats FA seront déterminées à partir des raideurs statiques par application d'un coefficient de sécurité de 2.

2.3.5. Thermique

Pour le calcul de la résistance thermique des murs, FIXINOX a déterminé les valeurs des ponts thermiques ponctuels des différents ancrages pour différentes valeurs de λ et présentées dans l'Annexe V :

- Tableaux 14, 15, et 16 : Pont thermique ponctuel engendré par un cylindre.
- Tableaux 17, 18 et 19 : Pont thermique ponctuel engendré par un plat.
- Tableaux 20 et 21 : Pont thermique ponctuel engendré par une épingle.

2.4. Assistance technique

Le dimensionnement et l'implantation des ancrages et des épingles sont déterminés par le bureau d'études FIXINOX qui, sur base des plans de production de chaque panneau transmis par l'unité de préfabrication, positionne les différents organes de liaison.

Les instructions pour l'intégration de l'ensemble des organes de liaison, lors de la fabrication des panneaux, sont transmises lors de leur livraison.

Une assistance technique sur le site de production des panneaux est possible, sur demande, pour compléter la formation du personnel chargé de la mise en œuvre de ces organes de liaison.

2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

Les différents éléments d'ancrage sont fabriqués sous la responsabilité de FIXINOX S.A., soit à son usine à Jumet soit chez des sous-traitants (fourniture et découpage des tôles).

2.5.1. Réception de la matière première

Un plan de suivi et qualité est mis en place par la société FIXINOX. La matière première (tôles, fils ronds lisses, ...) est livrée par différents fournisseurs. Le contrôle industriel de la fabrication est fait par le responsable qualité de FIXINOX ; il comporte le contrôle des matières premières, l'autocontrôle lors de la fabrication et le contrôle des pièces finies.

A chaque arrivage, les tôles sont contrôlées, puis un n° de lot leur est attribué, ce n° garantit le lien entre le fournisseur, le fabriquant et l'utilisateur.

Le certificat matière de type 3.1 est fourni à chaque livraison, il est analysé et archivé. Dans le cas où la limite élastique de référence Rp02 est inférieur à 280 MPa, la matière est refusée puis une réclamation est faite au fournisseur.

Réception - Analyse certificat et contrôle - Blocage / Refus - Réclamation fournisseur - Echange / Reprise

2.5.2. Fabrication

Une fiche suiveuse accompagne les pièces à fabriquer et sur laquelle est indiqué un n° de lot, ce dernier garanti la traçabilité des pièces produites. Ces fiches sont jointes à la commande et elles sont archivées informatiquement.

L'exécution des soudures des cylindres est automatisée, elles sont réalisées à l'aide d'un robot ou d'un banc horizontal. Le coordinateur de soudure chez FIXINOX évalue, forme et assure la qualification des opérateurs. La machine de soudage est paramétrée pour respecter le DMOS (Descriptif du mode opératoire de soudage) destinés à la bonne exécution des soudures. L'opérateur contrôle visuellement la gorge de soudure pour éviter tout défaut comme : manque de fusion, rochage, trou, mauvaise reprise, fissure, ...

A chaque série de production, des mesures sont réalisées par le Responsable Qualité. Elle se déroule comme suit :

- Un lot de pièces inférieur à 50 pièces, les mesures se limitent à un échantillon de 5 pièces choisies au hasard, au-delà de 50 pièces produites, les mesures se limitent à 10 %.
- En cas de cote hors tolérances, les mesures sont effectuées sur toutes les pièces produites, avec une correction et une prise en charge des pièces dont la(s) cote(s) est (sont) hors tolérances :
- Les instruments de contrôle sont suivis rigoureusement, ils sont étalonnés en interne à l'aide des cales étalons qui sont calibrées à leur tour.

En cas de problème (non-conformité produit ou composant ou process) nécessitant une décision, les produits sont identifiés et isolés, le traitement de l'anomalie se fait en collaboration de l'engineering, la production et la qualité.

Défaut mineur : Correction et sensibilisation du personnel dans l'immédiat / OU acceptation du défaut avec une émission d'une dérogation autorisée.

Défaut majeur : Mise en place d'actions correctives et préventives (ouverture d'une Déclaration de Non-conformité). Un encodage se fait dans le fichier « Enregistrement des non-conformités internes ». Le défaut ou l'anomalie sont traités selon le degré de gravité.

Les tolérances de fabrication pour les plats FA, cylindres MA, étriers NVB et épingles NVH sont indiquées sur les Figure 4(Annexe I), Figure 8 (Annexe II), Figure 12 et Figure 14 (Annexe III).

Dans le cas de l'intégration des éléments dans les panneaux, pour assurer à la fois l'enrobage des tiges de scellement et celui du treillis soudé ainsi que l'ancrage minimal des cylindres ou des plats dans les parois en béton, des cales en plastique peuvent être utilisées.

2.5.3. Sous-traitance

Concernant la sous-traitance de la fabrication, elle est partielle, et porte sur la fourniture et la découpe des tôles. Dans ce cas, le fabricant est tenu de respecter le cahier de charges de fabrication et de contrôle émis par FIXINOX. Ce document contient

l'ensemble de contrôles et vérifications que la sous-traitance est tenue de réaliser avant, durant et après la découpe des tôles. Les tolérances de fabrication à respecter (pratiquées par FIXINOX et présentées en Annexe I, II et III du Dossier Technique) sont également indiquées dans ce document. A la réception des tôles découpées par la sous-traitance, FIXINOX effectue les différents contrôles qualité décrits précédemment tout en exigeant les certificats de matière première.

2.5.4. Conditions de stockage et de transport

Les diverses pièces constituant ce dispositif sont groupées en lots clairement identifiés en fonction des charges de calcul à l'ELU sur chacune d'elles.

2.6. Mention des justificatifs

2.6.1. Résultats expérimentaux

2.6.1.1. Structure

- Essais de caractérisation en cisaillement sur les ancrages cylindres MA et plats FA :
    - Plat FA : Laboratoire de Génie Civil de Trinity College Dublin : Report on shear testing of precast concrete sandwich panels (2014)
    - Cylindre MA et Plat FA : Rapport CSTB n° MRF 15 260555076
    - Plat FA : Rapport CSTB n° MRF 18 26078808
- Les essais d'arrachement sur les épingles NVH et NVB :
    - Laboratoire de Mécanique des Matériaux et Structure de l'université de Liège N° 4/ENM/71376
    - Laboratoire CEPESI Charleroi (Centre de Services et de Recherche Laboratoires d'essais, d'analyses et d'étalonnages) N° M 15703.

2.6.1.2. Thermique

- Rapport CSTB DEIS/HTO 16-003_V2 : Validation de coefficients de transmission thermique ponctuels pour des éléments de fixation de panneaux sandwichs lourds.

2.6.2. Références chantiers

Liste de certaines références chantier en France

Année	**Client**	**Lieu**	**Connecteurs utilisés**
2020	MTG Prefa	Labège	Plat FA3/Epingle NVH
2020	CIR PREFA	Begles	Plat FA3/Epingle NVH
2022	CIR PREFA	Bruch	Plat FA3/Epingle NVH
2022	MTG PREFA	Mondouzil	Plat FA3/Epingle NVH
2022	CIR PREFA	Villegats	Plat FA3/Epingle NVH
2022	MTG PREFA	Blagnac	Plat FA3/Epingle NVH
2022	MTG PREFA	Castelsarrasin	Plat FA3/Epingle NVH
2022	Hanny ETS	Paris 16	Plat FA3/Epingle NVH
2020	MTG Prefa	Labège	Plat FA3/Epingle NVH
2020	CIR PREFA	Begles	Plat FA3/Epingle NVH

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

Annexe I : Cylindres MA

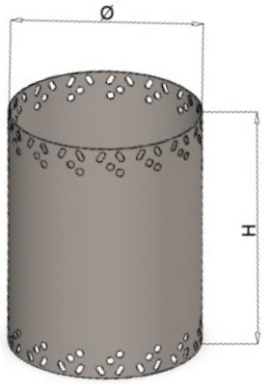


Figure 1 Cylindre MA

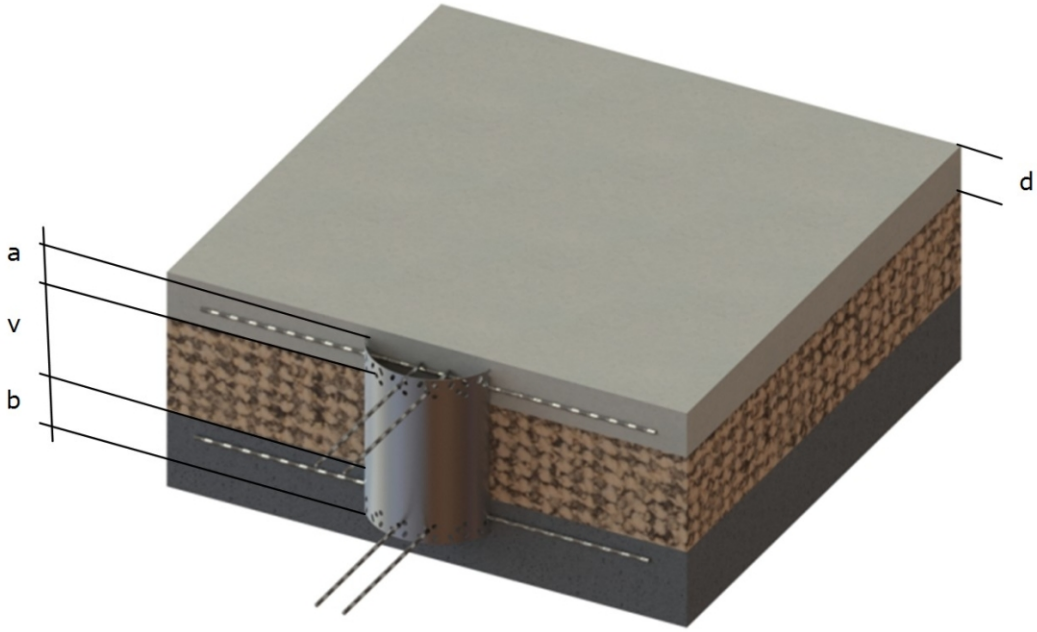


Figure 2 Intégration du cylindre MA

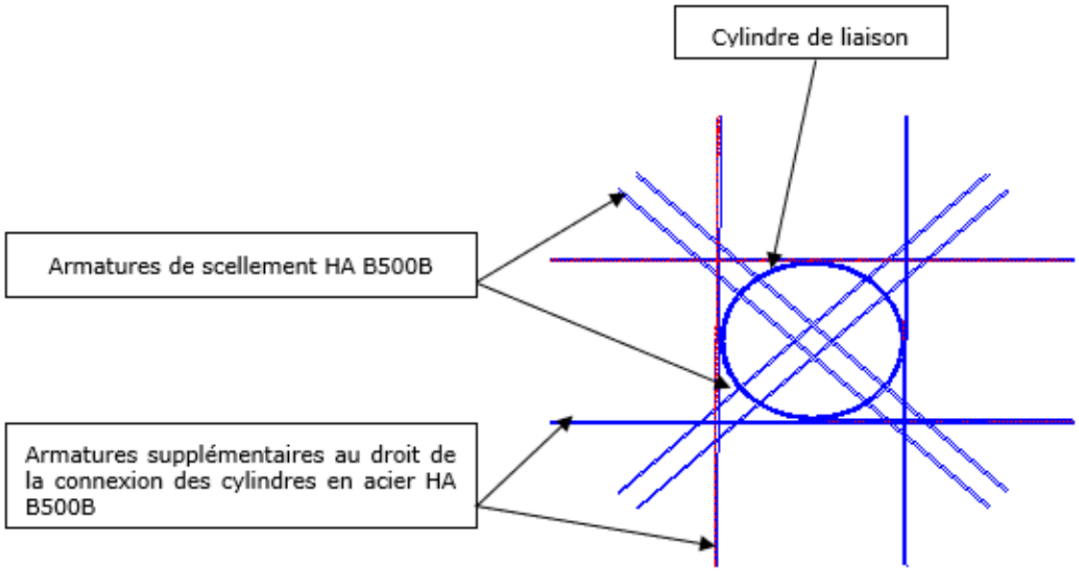
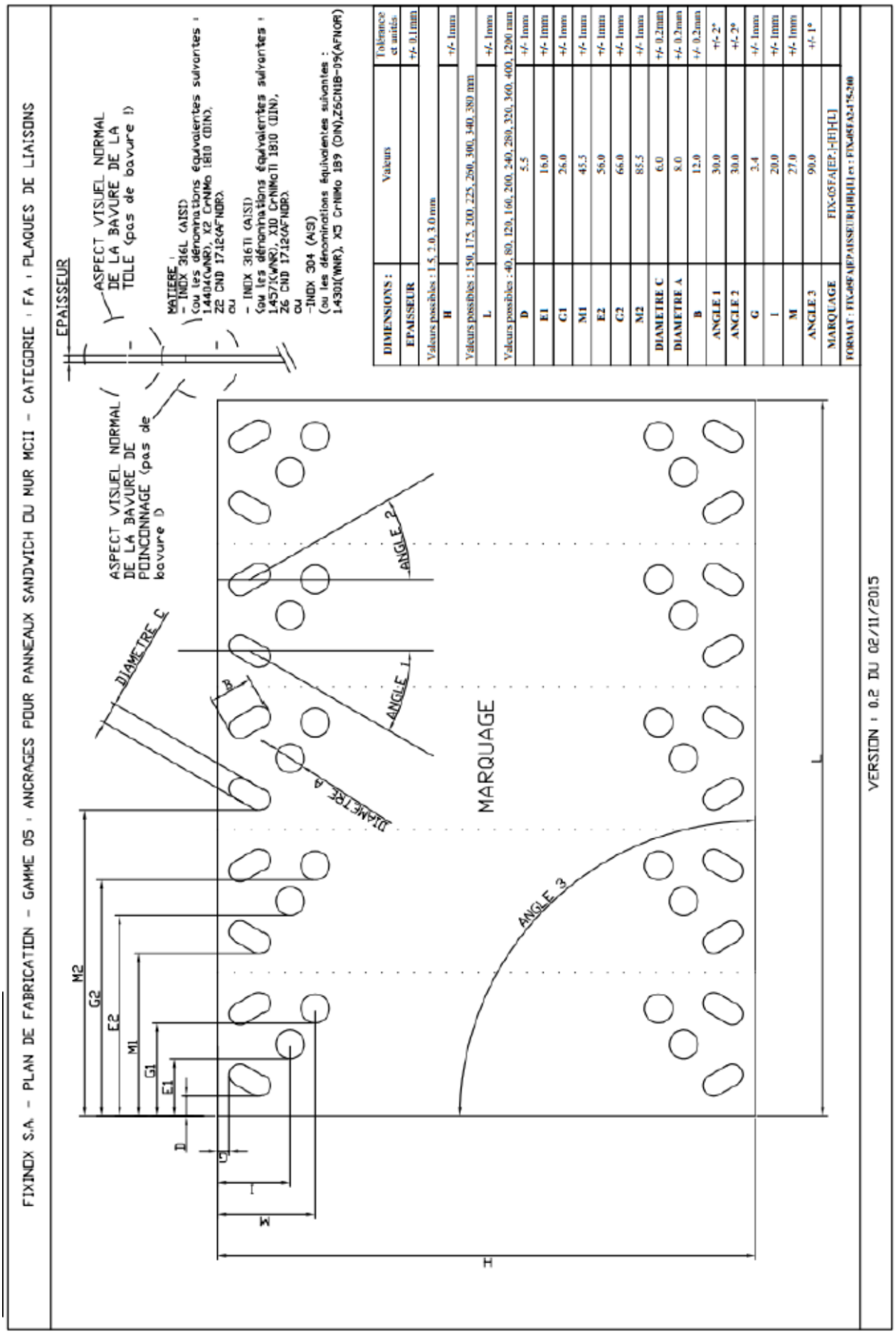
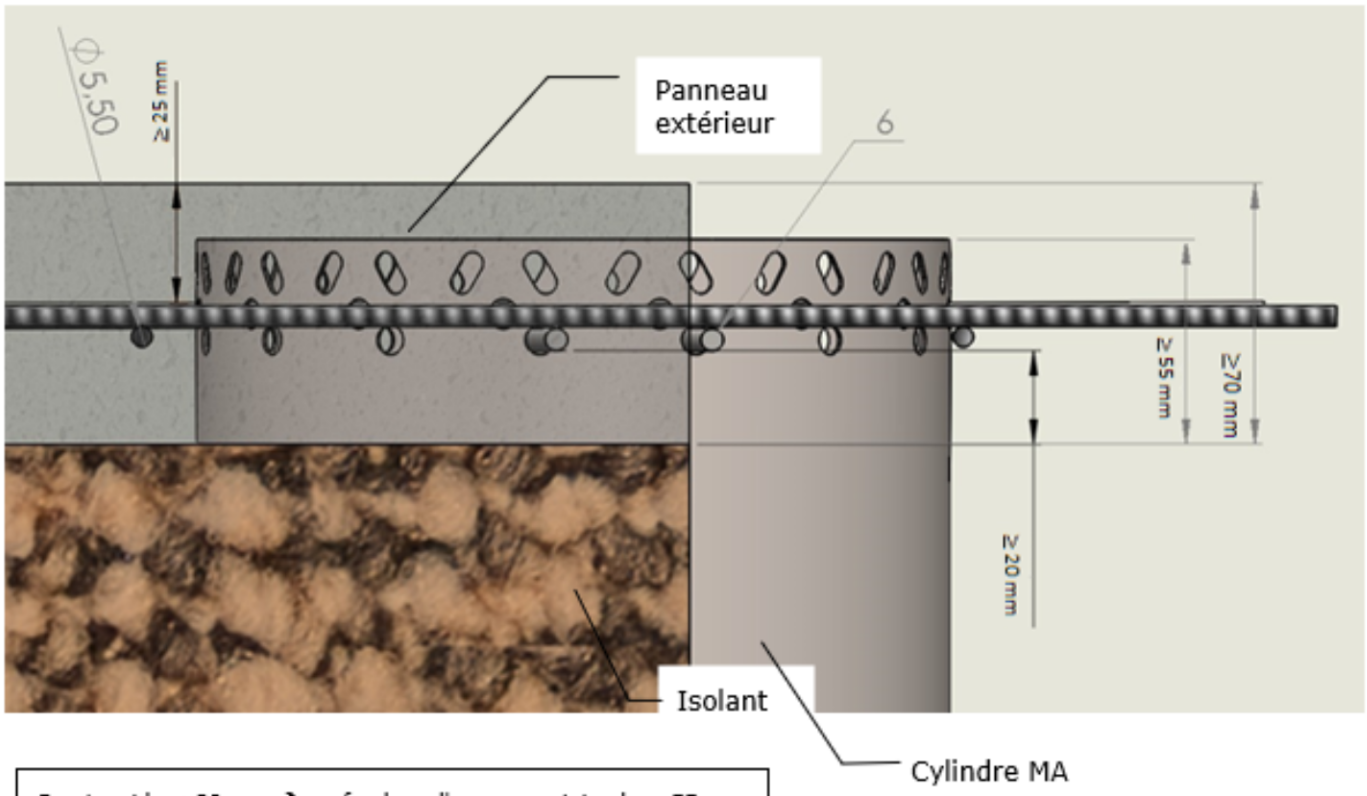


Figure 3 Ferraillage supplémentaire des cylindres MA

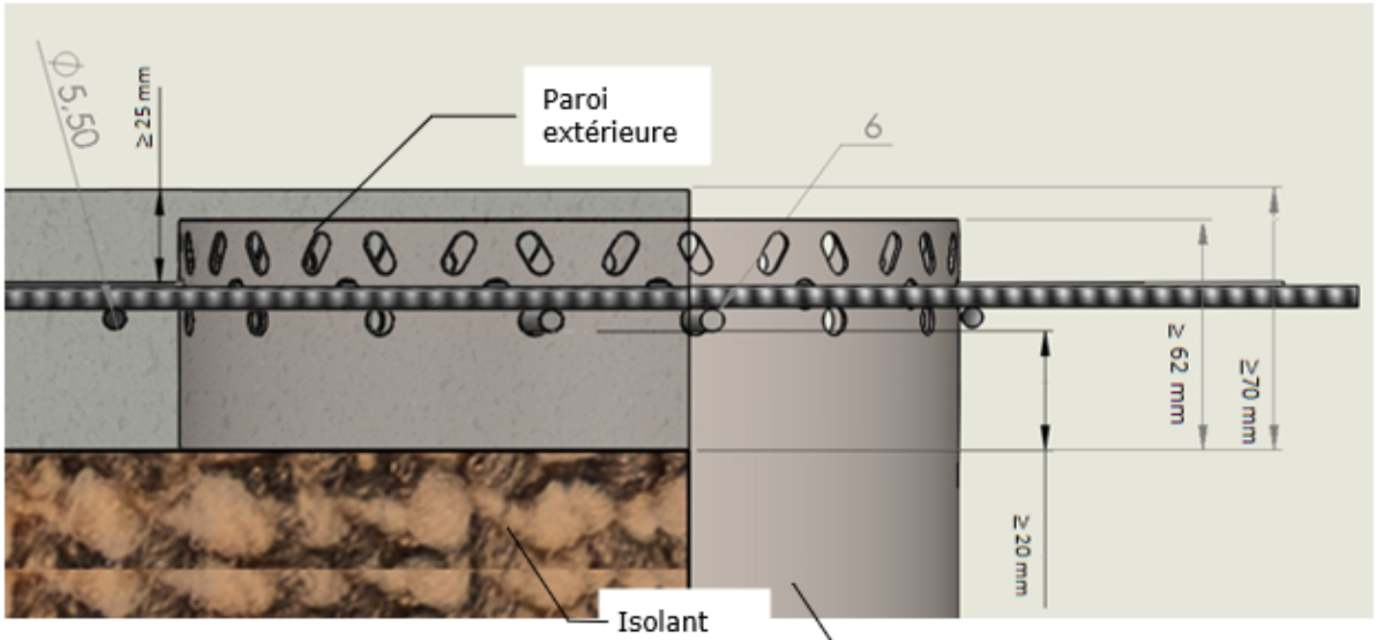


DIMENSIONS :	Valeurs	Tolérance et unités
EPAISSEUR		+/- 0.1 mm
Valeurs possibles : 1.5, 2.0, 3.0 mm		
H		+/- 1mm
Valeurs possibles : 150, 175, 200, 225, 260, 300, 340, 380 mm		
L		+/- 1mm
Valeurs possibles : 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 1200 mm		
D	5.5	+/- 1mm
E1	16.0	+/- 1mm
G1	26.0	+/- 1mm
M1	45.5	+/- 1mm
E2	56.0	+/- 1mm
G2	66.0	+/- 1mm
M2	85.5	+/- 1mm
DIAMETRE C	6.0	+/- 0.2mm
DIAMETRE A	8.0	+/- 0.2mm
B	12.0	+/- 0.2mm
ANGLE 1	30.0	+/- 2°
ANGLE 2	30.0	+/- 2°
G	3.4	+/- 1mm
I	20.0	+/- 1mm
M	27.0	+/- 1mm
ANGLE 3	90.0	+/- 1°
MARQUAGE	FIX-05FA[EP.]-[H]-[L]	
FORMAT : FIX-05FA[EP.]-[H]-[L] ex : FIX-05FA2-175-200		

Figure 4 Plan de fabrication et tolérances appliqués aux cylindres MA



Cas 1 : vide ≤ 90 mm ➔ profondeur d'ancrage minimale = 55 mm



Cas 2 : vide ≥ 100 mm ➔ profondeur d'ancrage minimale = 62 mm

Figure 5 Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un cylindre)

Annexe II : Plats FA

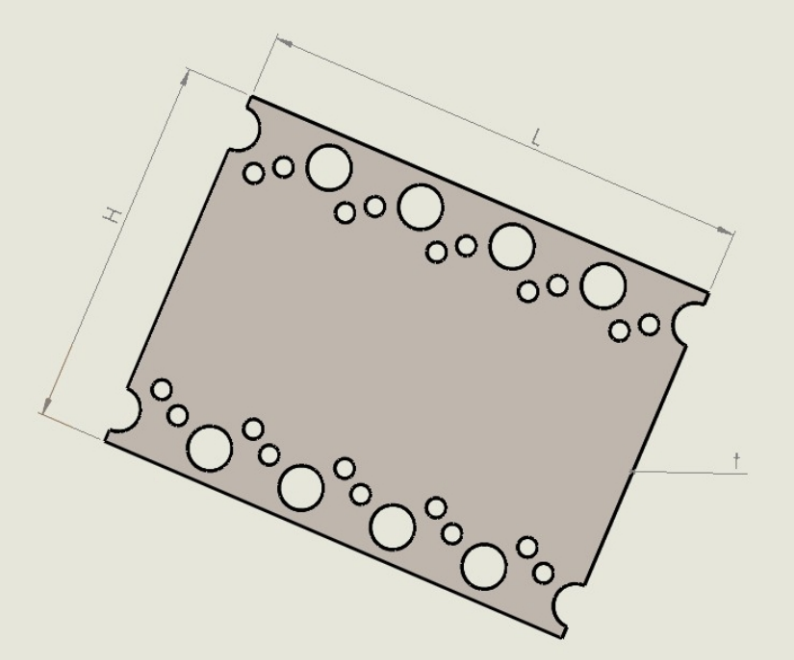


Figure 6 Plat FA

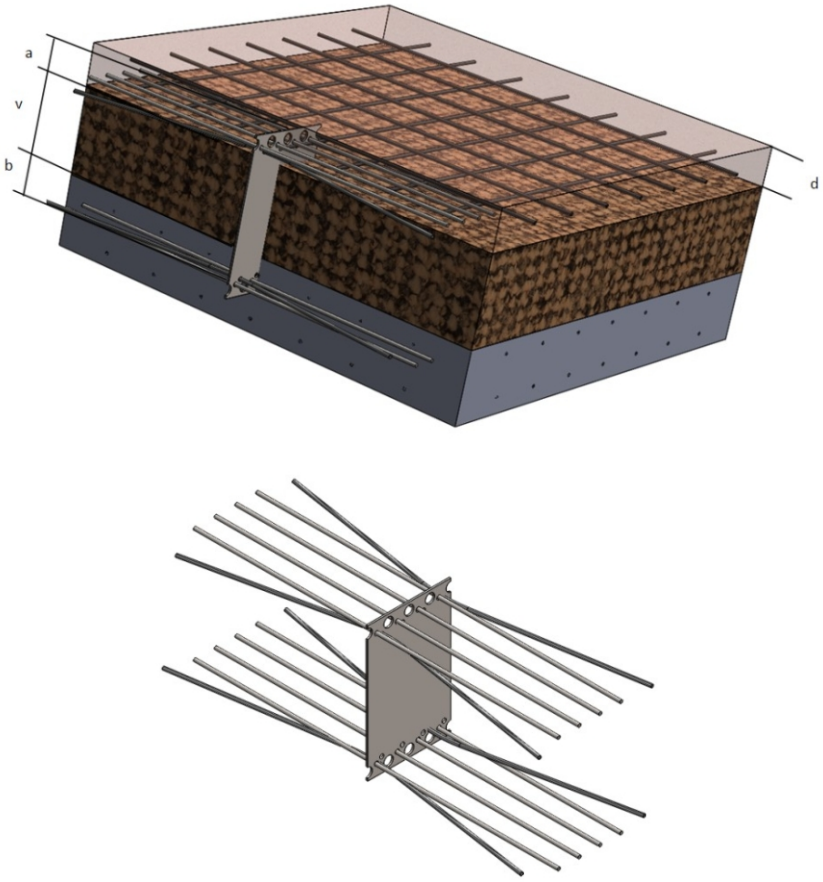
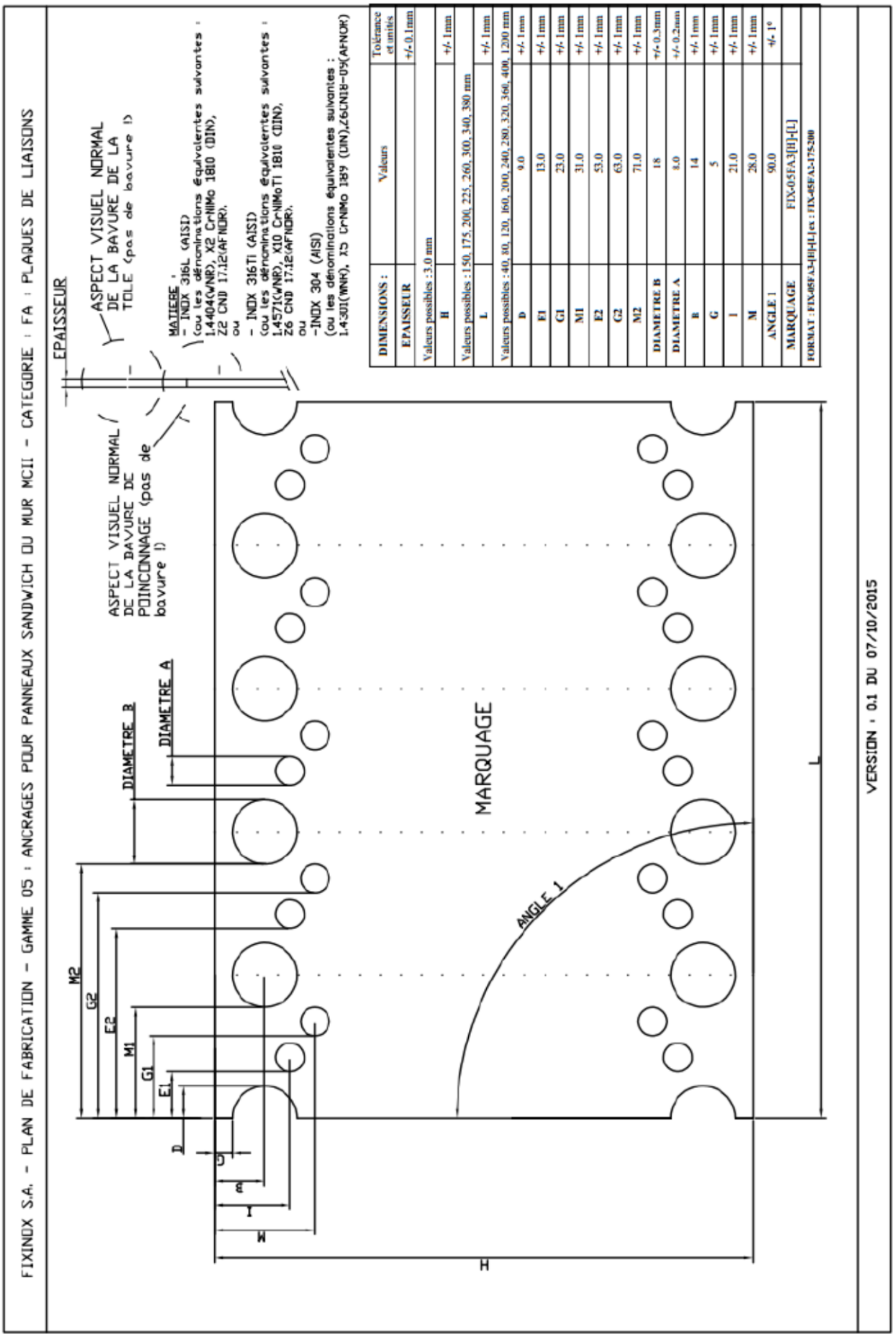


Figure 7 Intégration du plat FA



DIMENSIONS :	Valeurs	Tolérance et unités
EPAISSEUR		+/- 0.1mm
Valeurs possibles : 3.0 mm		
H		+/- 1mm
Valeurs possibles : 150, 175, 200, 225, 260, 300, 340, 380 mm		
L		+/- 1mm
Valeurs possibles : 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400, 1200 mm		
D	9.0	+/- 1mm
E1	13.0	+/- 1mm
G1	23.0	+/- 1mm
M1	31.0	+/- 1mm
E2	53.0	+/- 1mm
G2	63.0	+/- 1mm
M2	71.0	+/- 1mm
DIAMETRE B	18	+/- 0.3mm
DIAMETRE A	8.0	+/- 0.2mm
B	14	+/- 1mm
G	5	+/- 1mm
I	21.0	+/- 1mm
N	28.0	+/- 1mm
ANGLE 1	90.0	+/- 1°
MARQUAGE	FIX-05FA3-[H]-[L]	
FORMAT : FIX-05FA3-[H]-[L] ex : FIX-05FA3-175200		

Figure 8 Plan de fabrication et tolérances appliqués aux plats FA

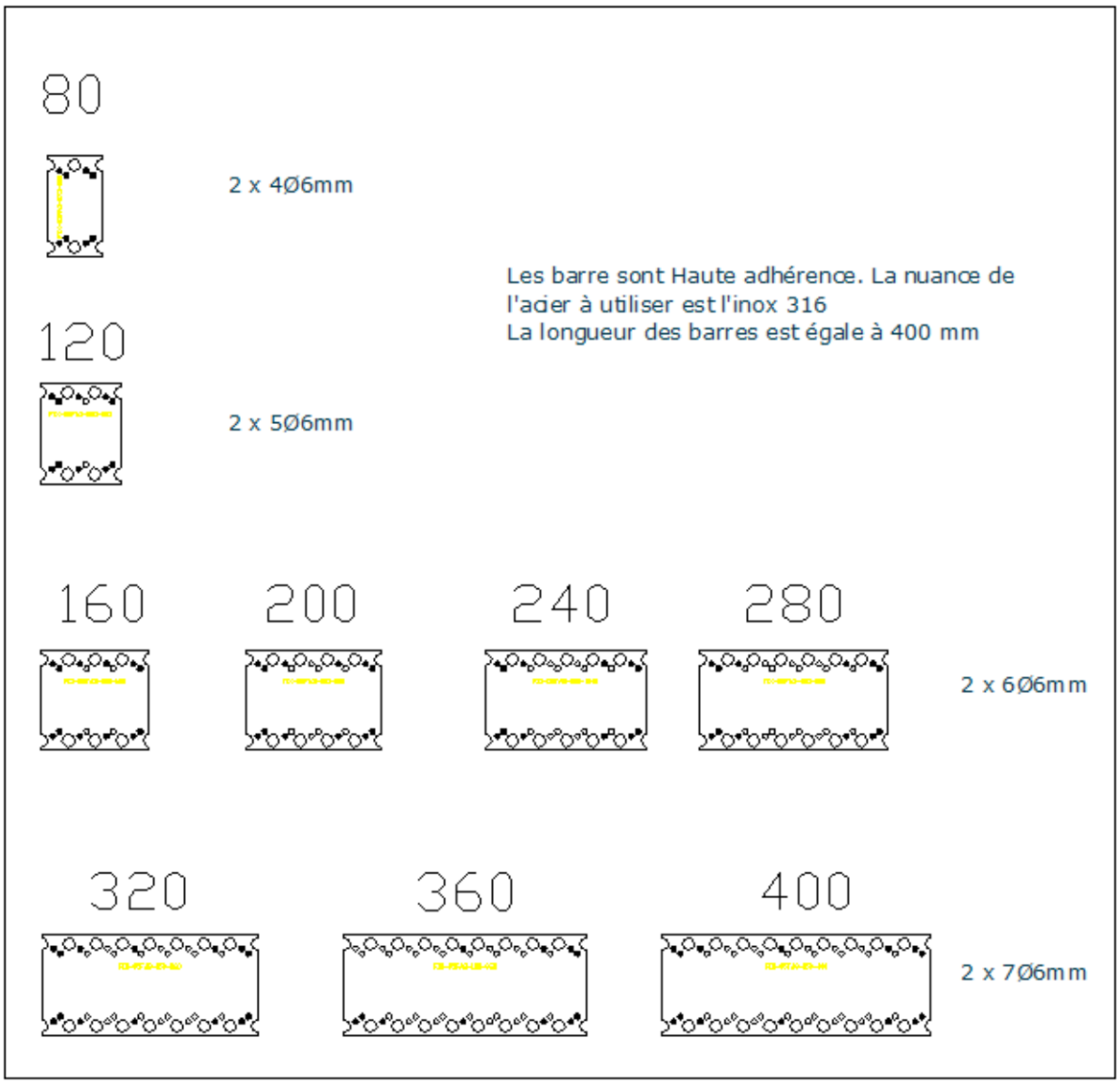


Figure 9 Disposition d'armatures de scellement des plats FA

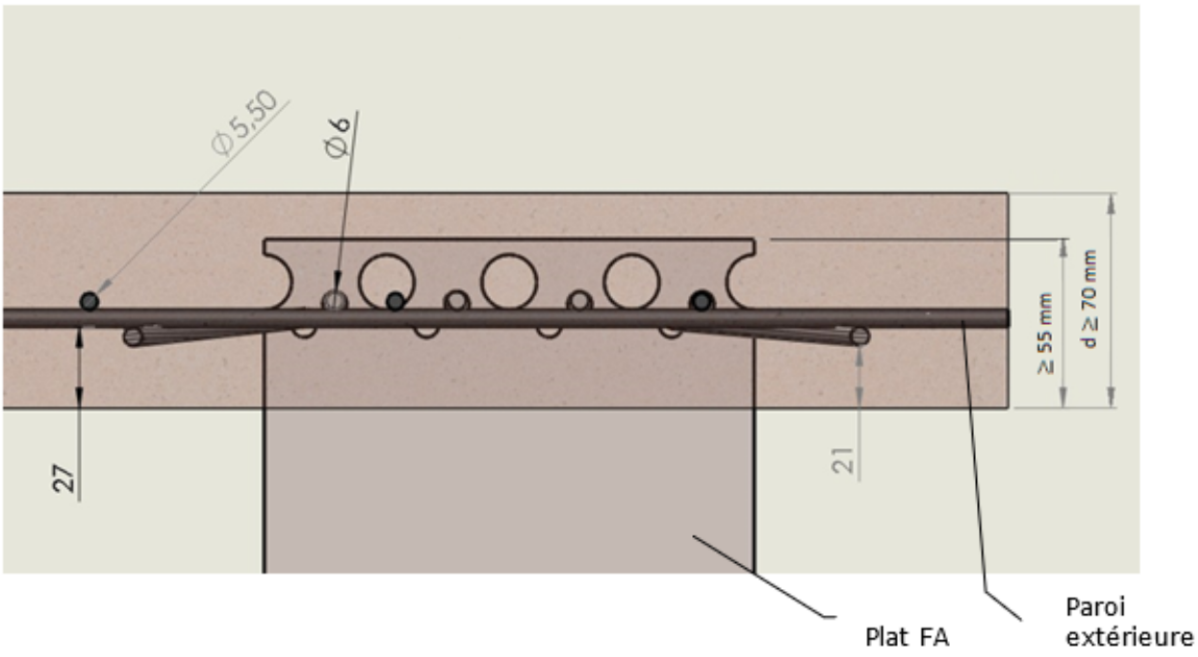
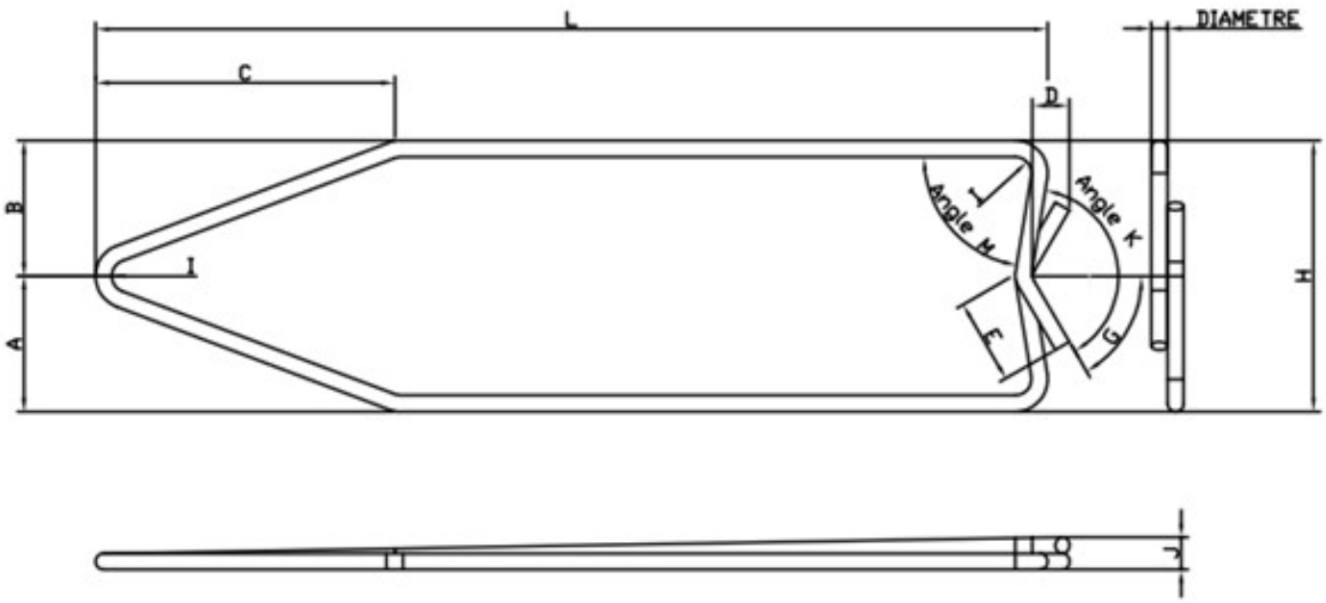


Figure 10 Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un plat)

Annexe III : Epingles NVB, NVH et NVA

A. Epingles NVB



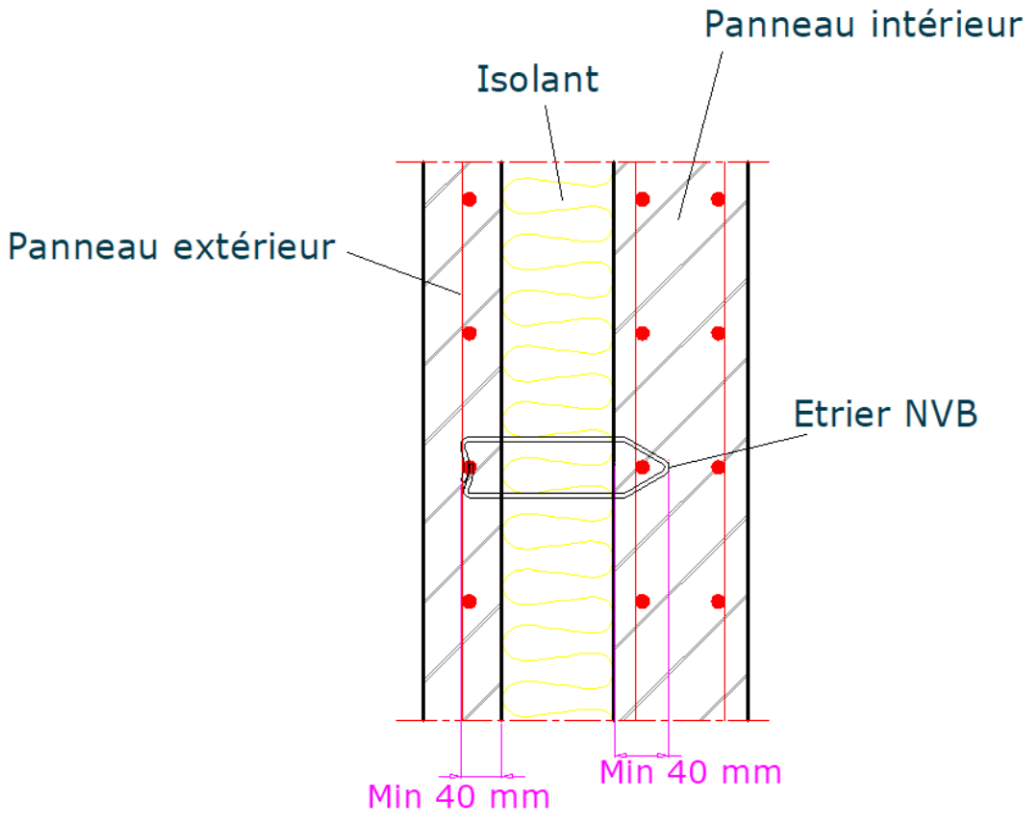


Figure 11 Disposition de l'étrier NVB

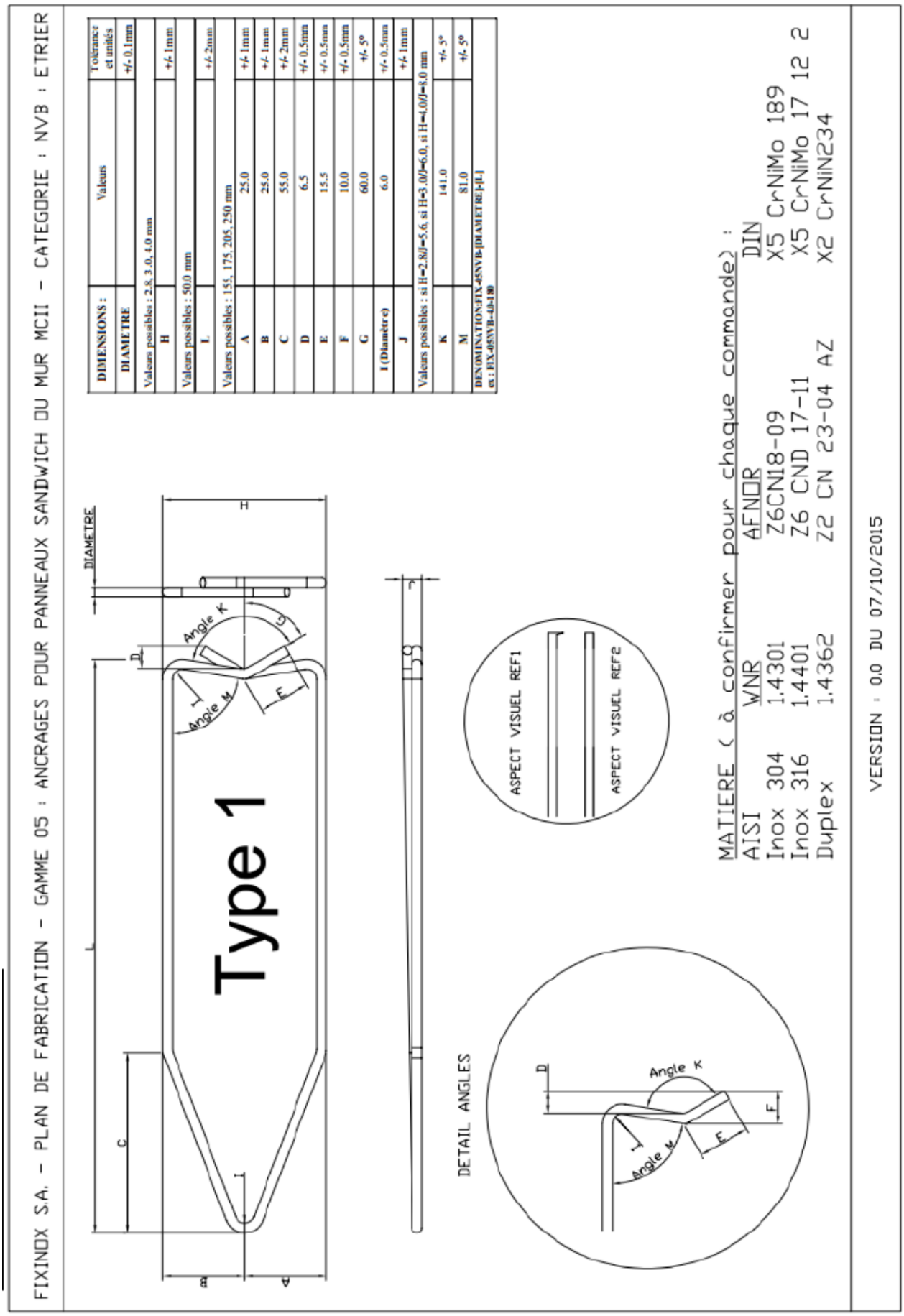


Figure 12 Plan de fabrication et tolérances appliqués à l'étrier NVB

B. Epingles NVH



ASPECT VISUEL NORMAL DE L'EPINGLE 05NVH-2.8-120

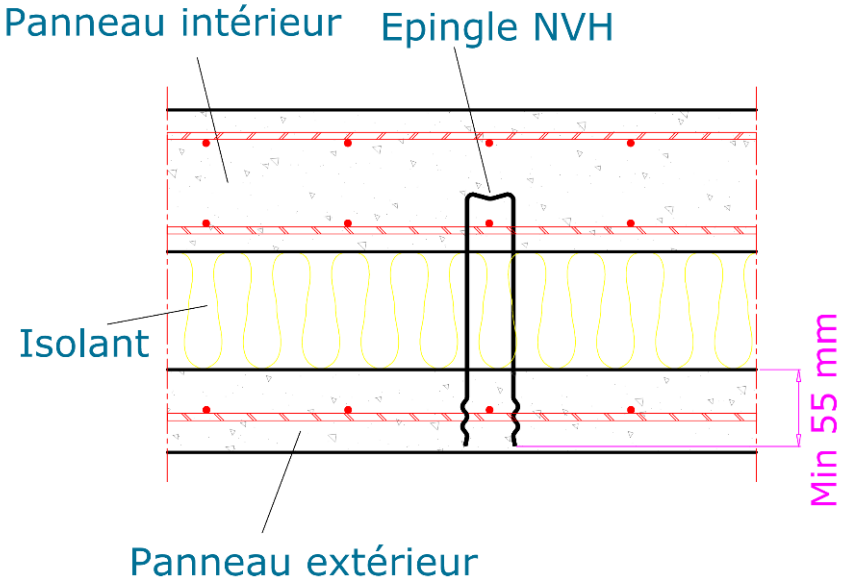


Figure 13 Disposition de l'épingle NVH

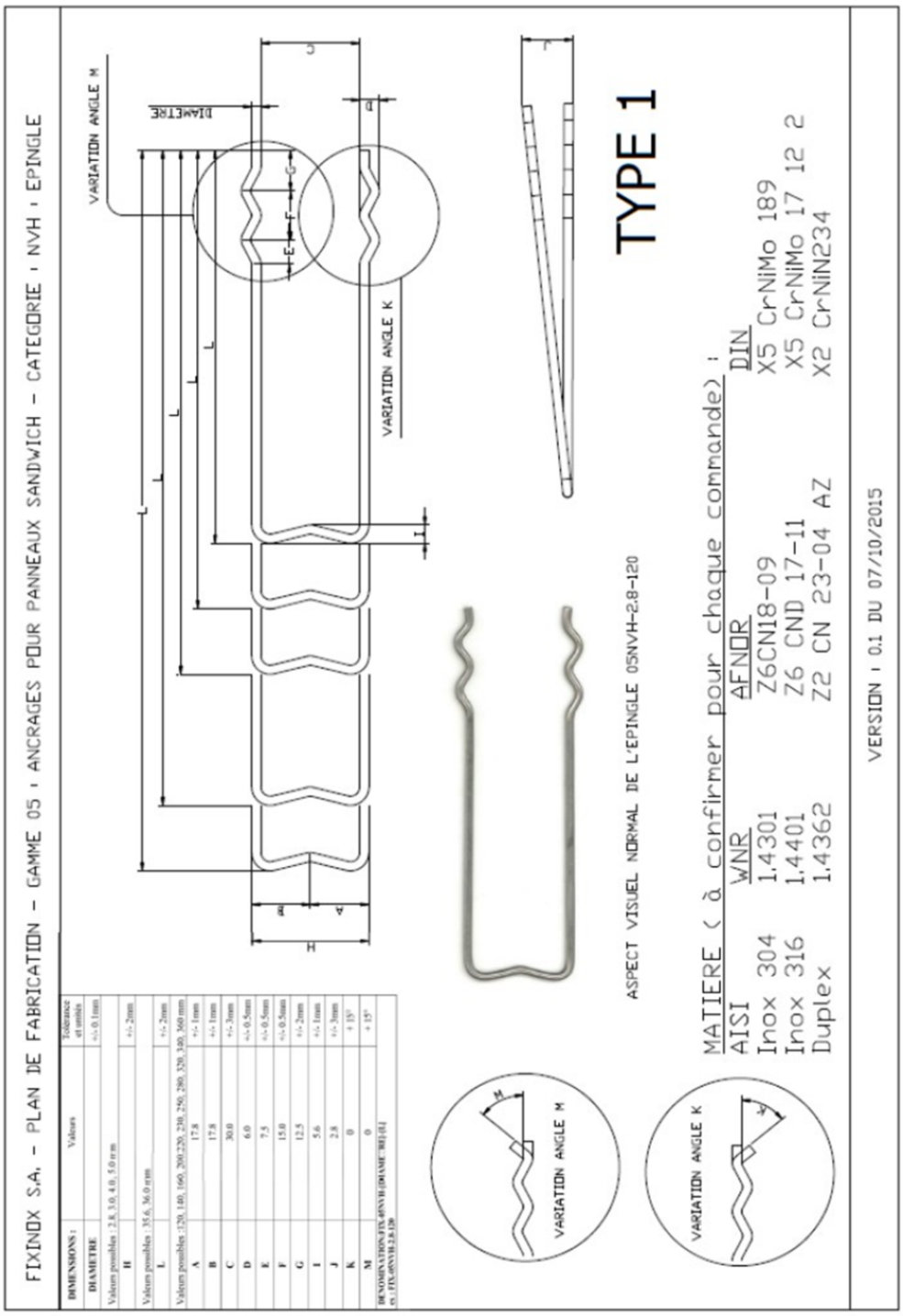


Figure 14 Plan de fabrication et tolérances appliqués NVH

C. *Epingles NVA*

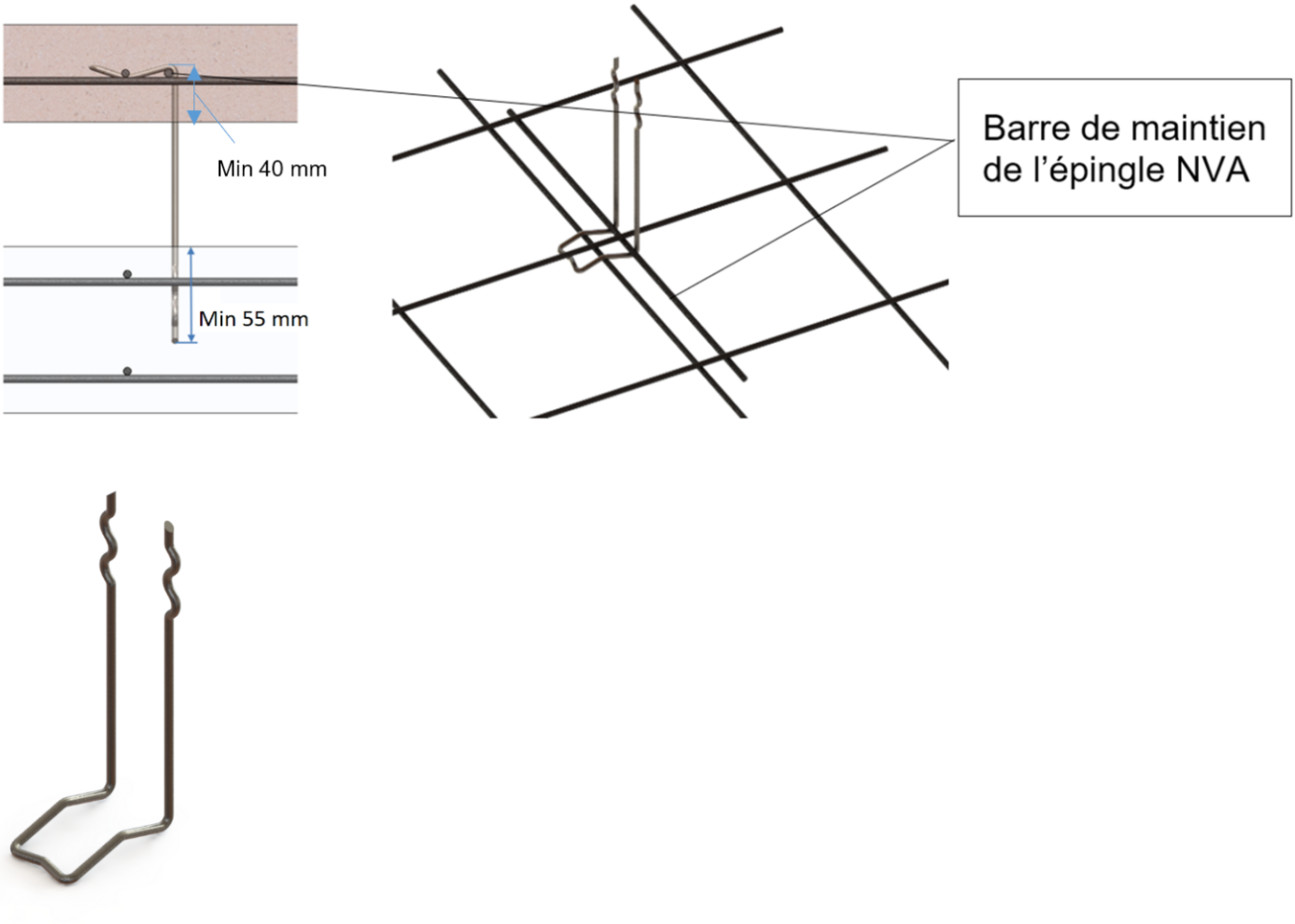
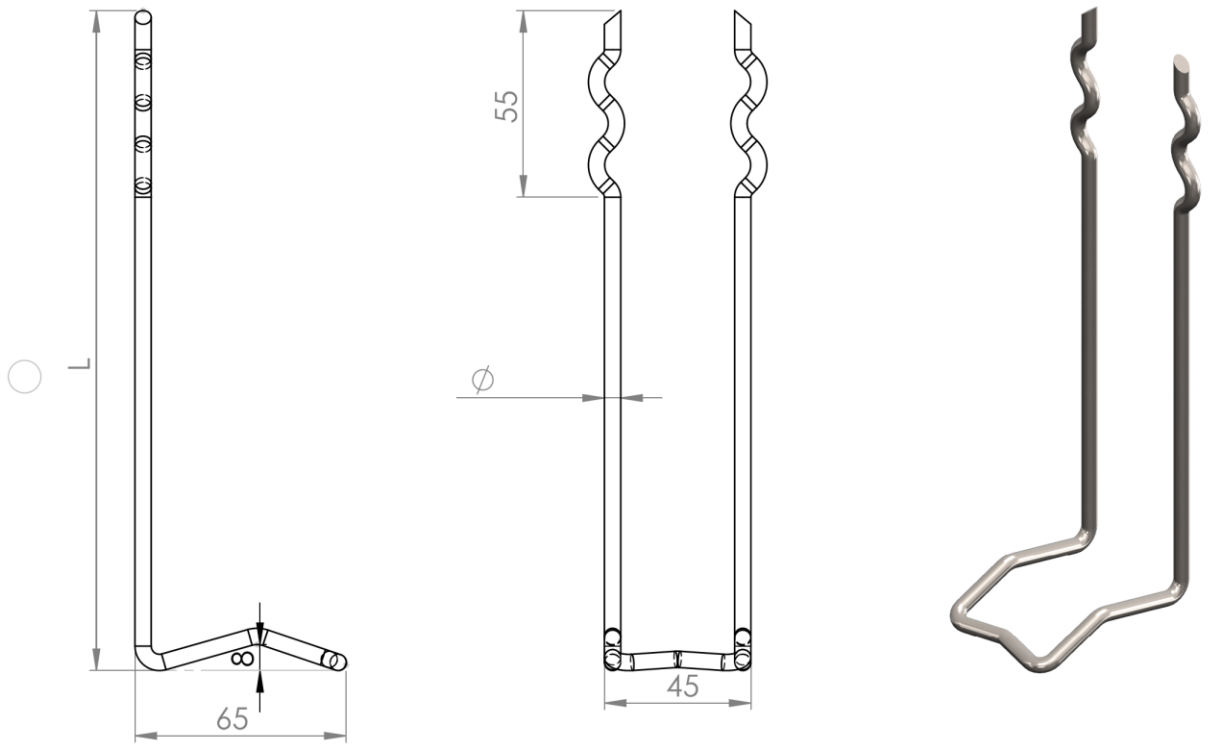


Figure 15 Disposition de l'épingle NVA

Client: Fixinox	Connecteurs PW et MCII	TYPE : NVA	Ind A
		Date:	
		Matériau: 304/316/Duplex	



Longueur Totale L								
Ø = 5 mm				250	280	300	340	380
Ø = 4 mm		200	230	250	280	300		
Ø = 2,8 mm	250	200						

FIXINOX SA
Systèmes de fixations - Bevestiging systeem
www.fixinox.com

Responsable:	Charge admissible: --	Cotes en mm

Figure 16 Epingle NVA

Annexe IV : Performances mécaniques du système FIXI DOUBLE PEAU

Tableau 1 Charges de calcul à l'ELU de chaque cylindre, en fonction de l'épaisseur de l'isolant et/ou du vide (en kN)

Φ (mm)	Epaisseur de l'isolant et/ou du vide (mm)																	
	30	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**170**	**180**	**190**	**200**
51	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,9	7,7	7,6	7,5	7,4
76	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1	14,0	13,8	13,7	13,6	13,4
102	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,7	20,7	20,6	20,6	20,5	20,4	20,2	20,0	19,9	19,7
127	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1	27,0	26,9	26,9	26,8	26,8	26,7	26,5	26,3	26,1	25,9	25,7
153	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,5	33,4	33,3	33,3	33,2	33,1	32,9	32,6	32,4	32,2	32,0
178	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,8	39,7	39,6	39,5	39,4	39,3	39,0	38,8	38,5	38,2	38,0
204	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	44,3	43,7	43,1	42,4	41,8	41,2	41,0	40,7	40,5	40,2	40,0
229	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	49,8	49,2	48,7	48,2	47,7	47,2	43,1	42,8	42,6	42,4	42,1	41,9
255	54,8	54,8	54,8	54,8	54,8	54,8	54,8	53,2	51,6	49,9	48,3	46,7	45,0	44,8	44,6	44,3	44,1	43,9
280	59,7	59,7	59,7	59,7	59,7	59,7	59,7	57,5	55,4	53,3	51,2	49,0	46,9	46,7	46,5	46,2	46,0	45,8

Tableau 2 Raideurs moyennes en cisaillement des cylindres (en kN/m)

Φ (mm)	Epaisseur de l'isolant et/ou du vide (mm)																	
	30	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**	**130**	**140**	**150**	**160**	**170**	**180**	**190**	**200**
51	43735	43735	43735	43735	43735	43735	43735	39992	36249	32506	28763	25020	21277	19231	17186	15140	13095	11050
76	59805	59805	59805	59805	59805	59805	59805	55997	52188	48380	44571	40762	36954	34184	31414	28644	25875	23105
102	76518	76518	76518	76518	76518	76518	76518	72642	68765	64888	61012	57135	53258	49735	46212	42689	39165	35642
127	92589	92589	92589	92589	92589	92589	92589	88647	84704	80762	76820	72878	68936	64688	60440	56192	51945	47697
153	109302	109302	109302	109302	109302	109302	109302	102574	95847	89119	82391	75663	85240	80239	75328	70237	65235	60234
178	125372	125372	125372	125372	125372	125372	125372	121296	117221	113145	109069	104993	100917	95192	89466	83740	78015	72289
204	142552	142552	142552	142552	142552	142552	142552	136549	130546	124543	118540	112537	106534	101271	96009	90746	85484	80221
229	159072	159072	159072	159072	159072	159072	159072	159078	159084	159090	159096	159103	111934	107117	102300	97482	92665	87848
255	176252	176252	176252	176252	176252	176252	176252	166468	156685	146901	137118	127334	117550	113196	108842	104488	100134	95780
280	192771	192771	192771	192771	192771	192771	192771	181134	169498	157861	146224	134588	122951	119042	115133	111224	107315	103406

Tableau 3 Détermination de la hauteur minimale du cylindre en fonction de l'épaisseur de l'isolant ou du vide et de l'épaisseur de la paroi extérieure (en mm)

	$a = b \geq 55\ mm$							$a = b \geq 62\ mm$										
Epaisseur du vide v (mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Hauteur minimale du cylindre H_{min} (mm)	140	150	160	170	180	190	200	224	234	244	254	264	274	284	294	304	314	324

Tableau 4 Armatures de scellement des cylindres

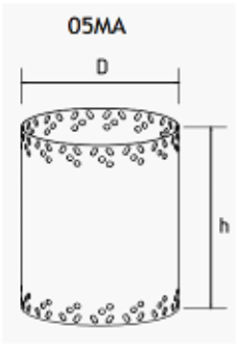
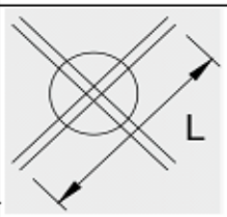
article référence	hauteur h (mm)	diamètre d(mm)	armature de scellement correspondantes	dimmensions des barres
05MA  Ferraillage supplémentaire des cylindres	150 I 340	51		2x 2Ø6mm L=500mm
		76		
		102		
		127		2x 4Ø6mm L=700mm
		153		
		178		
		204		
		229		
		255		
		280		

Tableau 5 Charges de calcul à l'ELU de chaque plat, en fonction de l'épaisseur de l'isolant et/ou du vide (en kN)

Longueur du plat (mm)	***80***	***120***	***160***	***200***	***240***	***280***	***320***	***360***	***400***
Charge de calcul $V_{d,p}$ (kN)	4,3	7,6	11,0	14,3	17,6	18,0	18,4	18,8	19,2

L'épaisseur de l'isolant (ou du vide) 30 mm ≤ v ≤ 240 mm

Tableau 6 Raideurs moyennes en cisaillement des plats (en kN/m)

Longueur du plat L mm	***80***	***120***	***160***	***200***	***240***	***280***	***320***	***360***	***400***
Raideur moyenne (kN/m)	3604	10331	17058	23784	30511	35949	41387	46824	52262

L'épaisseur de l'isolant (ou du vide) 30 mm ≤ v ≤ 240 mm

Tableau 7 Détermination de la hauteur du plat en fonction de l'épaisseur de l'isolant ou du vide et de l'épaisseur de la paroi extérieure

	$a = b \geq 55\ mm$																					
Epaisseur du vide v (mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
Hauteur minimale du cylindre H_{min} (mm)	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	314	320	330	340	350

Tableau 8 Distance maximale admissible ($S_{adm,e}$ en cm) des plats par rapport au point fixe sous gradient thermique du panneau.

L (mm)	t (mm)	Epaisseur de vide (mm)																					
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
80	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
120	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
160	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
200	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
240	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
280	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
320	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
360	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211
400	3	151	202	252	303	353	404	454	505	555	605	656	706	757	807	858	908	959	1009	1060	1110	1160	1211

Tableau 9 Charges résistantes de calcul à l'ELU en traction des épingles NVH, NVA ou étriers NVB.

Les valeurs correspondent à la résistance des deux brins des épingles.

	Pour les panneaux de mur certifiés	***Pour les panneaux de mur non certifiés***
ϕ (mm)	***$N_{T,Rd}$ (kN)***	***$N_{t,Rd}$ (kN)***
2,8	2,83	2,55
4	4,13	3,72
5	7,67	6,9

Tableau 10 Détermination de la hauteur des connecteurs (l'épingle NVH, NVA ou l'étrier NVB) en fonction de l'épaisseur de l'isolant et de l'épaisseur de la paroi extérieure

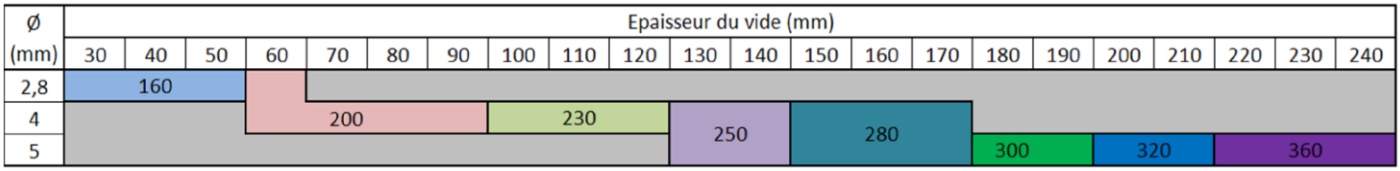


Tableau 11 Distance maximale admissible ($S_{adm,e}$en cm) des connecteurs (l'épingle NVH, NVA ou l'étrier NVB) par rapport au point fixe du panneau.

ϕ (mm)	Epaisseur du vide (mm)																					
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
2,8	201	268	335	403																		
4				403	470	537	604	671	738	805	872	939	1006	1073	1141							
5													1006	1073	1141	1208	1275	1342	1409	1476	1543	1610

Tableau 12 Entraxe maximal E_x et E_y en fonction de la pression et du diamètre des connecteurs (l'épingle NVH, NVA ou l'étrier NVB) calculé pour un panneau non certifié (cas enveloppe)

Ø 2,8 mm		Ø 4,0 mm		Ø 5,0 mm	
P(kPa)	Ex ou Ey (cm)	P(kPa)	Ex ou Ey (cm)	P(kPa)	Ex ou Ey (cm)
≤ 4,53	**75**	≤ 4,8	**88**	≤ 5,32	**100**
≤ 3,52	**85**	≤ 3,72	**100**	≤ 4,4	**110**
≤ 2,55	**100**	≤ 2,86	**114**	≤ 4,02	**115**
≤ 1,77	**120**	≤ 2,58	**120**	≤ 3,69	**120**

Tableau 13 Entraxe maximal Ex et Ey en fonction de l'action sismique et du diamètre des connecteurs (l'épingle NVH, NVA ou l'étrier NVB) calculé pour un panneau non certifié (cas enveloppe)

Φ 2,8 mm		**Φ 4,0 mm**		**Φ 5,0 mm**	
E_a (kN/m²)	E_x ou E_y (cm)	E_a (kN/m²)	E_x ou E_y (cm)	E_a (kN/m²)	E_x ou E_y (cm)
≤ 3,55	**75**	≤ 3,55	**88**	≤ 5,1	**100**
≤ 2,75	**85**	≤ 2,75	**100**	≤ 4,21	**110**
≤ 2,11	**100**	≤ 2,11	**114**	≤ 3,86	**115**
≤ 1,91	**120**	≤ 1,91	**120**	≤ 3,54	**120**

Les valeurs d'entraxe maximal présentées dans les Tableau 12 et Tableau 13 peuvent-être optimisées en tenant compte des efforts admissibles fournis dans le Tableau 9 en fonction du type de panneau (certifié ou non certifié). En situation sismique, les valeurs affichées dans le tableau9 doivent être divisées par 1,35

Annexe V : Performances thermiques du système FIXI DOUBLE PEAU

Tableau 14 Pont thermique ponctuel engendré par un cylindre (en W/K) pour : 0,018 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,028 W/(m.K)

Ø (mm)	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																	
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
51	0,054	0,049	0,044	0,040	0,037	0,034	0,031	0,029	0,027	0,026	0,024	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017
76	0,077	0,070	0,064	0,058	0,054	0,049	0,046	0,043	0,040	0,038	0,035	0,034	0,032	0,030	0,029	0,028	0,026	0,025
102	0,102	0,093	0,084	0,077	0,071	0,066	0,061	0,057	0,053	0,050	0,047	0,045	0,042	0,040	0,038	0,037	0,035	0,034
127	0,125	0,114	0,104	0,095	0,088	0,081	0,075	0,070	0,066	0,062	0,058	0,055	0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,042
153	0,149	0,137	0,125	0,114	0,105	0,097	0,090	0,084	0,079	0,074	0,070	0,066	0,063	0,060	0,057	0,055	0,052	0,050
178	0,173	0,158	0,145	0,132	0,122	0,113	0,105	0,098	0,092	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070	0,066	0,064	0,061	0,058
204	0,197	0,181	0,165	0,151	0,139	0,129	0,120	0,112	0,105	0,099	0,093	0,088	0,084	0,080	0,076	0,073	0,070	0,067
229	0,220	0,202	0,185	0,169	0,156	0,144	0,134	0,125	0,118	0,111	0,104	0,099	0,094	0,089	0,085	0,081	0,078	0,075
255	0,245	0,225	0,205	0,188	0,173	0,160	0,149	0,139	0,131	0,123	0,116	0,110	0,104	0,099	0,095	0,091	0,087	0,083
280	0,268	0,246	0,225	0,207	0,190	0,176	0,164	0,153	0,143	0,135	0,127	0,121	0,115	0,109	0,104	0,099	0,095	0,091

Tableau 15 Pont thermique ponctuel engendré par un cylindre (en W/K) pour : 0,028 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,038 W/(m.K)

Ø (mm)	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																	
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
51	0,047	0,044	0,041	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,025	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017	0,017
76	0,068	0,064	0,059	0,054	0,050	0,047	0,044	0,041	0,038	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029	0,028	0,027	0,026	0,025
102	0,089	0,084	0,078	0,072	0,067	0,062	0,058	0,054	0,051	0,048	0,046	0,043	0,041	0,039	0,037	0,036	0,034	0,033
127	0,110	0,104	0,096	0,089	0,083	0,077	0,072	0,067	0,063	0,060	0,056	0,054	0,051	0,049	0,046	0,044	0,043	0,041
153	0,132	0,124	0,115	0,107	0,099	0,092	0,086	0,081	0,076	0,072	0,068	0,064	0,061	0,058	0,056	0,053	0,051	0,049
178	0,152	0,144	0,133	0,124	0,115	0,107	0,100	0,094	0,088	0,083	0,079	0,075	0,071	0,068	0,065	0,062	0,059	0,057
204	0,174	0,164	0,152	0,141	0,131	0,122	0,114	0,107	0,100	0,095	0,090	0,085	0,081	0,077	0,074	0,071	0,068	0,065
229	0,195	0,183	0,170	0,158	0,147	0,137	0,128	0,120	0,112	0,107	0,101	0,096	0,091	0,087	0,083	0,079	0,076	0,073
255	0,216	0,204	0,189	0,176	0,163	0,152	0,142	0,133	0,125	0,119	0,112	0,107	0,101	0,097	0,092	0,088	0,085	0,081
280	0,237	0,223	0,208	0,193	0,179	0,167	0,156	0,146	0,137	0,130	0,123	0,117	0,111	0,106	0,101	0,097	0,093	0,089

Tableau 16 Pont thermique ponctuel engendré par un cylindre (en W/K) pour : 0,038 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,048 W/(m.K)

Ø (mm)	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																	
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
51	0,042	0,040	0,037	0,035	0,033	0,030	0,028	0,027	0,025	0,024	0,023	0,021	0,020	0,019	0,019	0,018	0,017	0,016
76	0,060	0,058	0,054	0,051	0,047	0,044	0,042	0,039	0,037	0,035	0,033	0,031	0,030	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024
102	0,080	0,076	0,072	0,067	0,063	0,059	0,055	0,052	0,049	0,046	0,044	0,042	0,040	0,038	0,036	0,035	0,033	0,032
127	0,098	0,094	0,089	0,083	0,078	0,073	0,068	0,064	0,061	0,057	0,055	0,052	0,049	0,047	0,045	0,043	0,042	0,040
153	0,117	0,113	0,106	0,100	0,093	0,087	0,082	0,077	0,073	0,069	0,065	0,062	0,059	0,057	0,054	0,052	0,050	0,048
178	0,136	0,131	0,123	0,116	0,108	0,101	0,095	0,090	0,085	0,080	0,076	0,072	0,069	0,066	0,063	0,060	0,058	0,056
204	0,155	0,149	0,141	0,132	0,124	0,116	0,109	0,102	0,097	0,092	0,087	0,083	0,079	0,075	0,072	0,069	0,066	0,064
229	0,174	0,167	0,158	0,148	0,138	0,130	0,122	0,115	0,109	0,103	0,097	0,093	0,088	0,084	0,081	0,077	0,074	0,072
255	0,193	0,186	0,175	0,164	0,154	0,144	0,136	0,128	0,121	0,114	0,108	0,103	0,098	0,094	0,090	0,086	0,083	0,080
280	0,211	0,204	0,192	0,180	0,169	0,158	0,149	0,140	0,132	0,125	0,119	0,113	0,108	0,103	0,099	0,095	0,091	0,087

Tableau 17 Pont thermique ponctuel engendré par un plat (en W/K) pour : 0,018 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,028 W/(m.K)

t	L	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																					
(mm)	(mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
3	80	0,051	0,046	0,042	0,039	0,036	0,033	0,030	0,028	0,027	0,025	0,024	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,014
	120	0,070	0,065	0,059	0,054	0,050	0,047	0,043	0,041	0,038	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029	0,028	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,021
	160	0,089	0,083	0,076	0,070	0,065	0,060	0,056	0,053	0,050	0,047	0,044	0,042	0,040	0,038	0,037	0,035	0,034	0,032	0,031	0,030	0,029	0,028
	200	0,108	0,101	0,093	0,086	0,080	0,074	0,069	0,065	0,061	0,058	0,055	0,052	0,050	0,047	0,045	0,043	0,042	0,040	0,038	0,037	0,036	0,035
	240	0,127	0,119	0,109	0,102	0,094	0,088	0,082	0,077	0,073	0,069	0,065	0,062	0,059	0,056	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,043	0,041
	280	0,146	0,137	0,126	0,117	0,109	0,102	0,095	0,090	0,084	0,080	0,076	0,072	0,069	0,065	0,063	0,060	0,058	0,055	0,053	0,051	0,050	0,048
	320	0,165	0,155	0,143	0,133	0,124	0,116	0,108	0,102	0,096	0,091	0,086	0,082	0,078	0,075	0,071	0,068	0,066	0,063	0,061	0,059	0,057	0,055
	360	0,184	0,174	0,160	0,149	0,139	0,129	0,121	0,114	0,108	0,102	0,097	0,092	0,088	0,084	0,080	0,077	0,074	0,071	0,068	0,066	0,064	0,061
	400	0,203	0,192	0,177	0,165	0,153	0,143	0,134	0,126	0,119	0,113	0,107	0,102	0,097	0,093	0,089	0,085	0,082	0,079	0,076	0,073	0,071	0,068

Tableau 18 Pont thermique ponctuel engendré par un plat (en W/K) pour : 0,028 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,038 W/(m.K)

t	L	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																					
(mm)	(mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
3	80	0,045	0,042	0,039	0,036	0,033	0,031	0,029	0,027	0,026	0,024	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,015	0,014
	120	0,062	0,058	0,054	0,051	0,047	0,044	0,041	0,039	0,037	0,035	0,033	0,031	0,030	0,028	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,021
	160	0,078	0,075	0,070	0,065	0,061	0,057	0,054	0,051	0,048	0,045	0,043	0,041	0,039	0,037	0,036	0,034	0,033	0,032	0,030	0,029	0,028	0,027
	200	0,095	0,091	0,085	0,080	0,075	0,070	0,066	0,062	0,059	0,056	0,053	0,051	0,048	0,046	0,044	0,042	0,041	0,039	0,038	0,036	0,035	0,034
	240	0,112	0,108	0,101	0,095	0,089	0,083	0,079	0,074	0,070	0,067	0,063	0,060	0,057	0,055	0,053	0,051	0,049	0,047	0,045	0,043	0,042	0,041
	280	0,129	0,124	0,116	0,110	0,103	0,097	0,091	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070	0,067	0,064	0,061	0,059	0,056	0,054	0,052	0,051	0,049	0,047
	320	0,146	0,141	0,132	0,124	0,117	0,110	0,103	0,098	0,093	0,088	0,083	0,080	0,076	0,073	0,070	0,067	0,064	0,062	0,060	0,058	0,056	0,054
	360	0,162	0,158	0,148	0,139	0,131	0,123	0,116	0,109	0,104	0,098	0,093	0,089	0,085	0,081	0,078	0,075	0,072	0,069	0,067	0,065	0,062	0,060
	400	0,179	0,174	0,163	0,154	0,144	0,136	0,128	0,121	0,115	0,109	0,104	0,099	0,094	0,090	0,087	0,083	0,080	0,077	0,074	0,072	0,069	0,067

Tableau 19 Pont thermique ponctuel engendré par un plat (en W/K) pour : 0,038 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0,048 W/(m.K)

t	L	Epaisseur de l'isolant (vide) v (en mm)																					
(mm)	(mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
3	80	0,040	0,038	0,036	0,034	0,031	0,029	0,028	0,026	0,025	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,017	0,017	0,016	0,015	0,015	0,014	0,014
	120	0,055	0,053	0,050	0,047	0,045	0,042	0,039	0,037	0,035	0,033	0,032	0,030	0,029	0,028	0,026	0,025	0,024	0,023	0,023	0,022	0,021	0,020
	160	0,070	0,068	0,065	0,061	0,058	0,054	0,051	0,049	0,046	0,044	0,041	0,040	0,038	0,036	0,035	0,033	0,032	0,031	0,030	0,029	0,027	0,027
	200	0,085	0,083	0,079	0,075	0,071	0,067	0,063	0,060	0,057	0,054	0,051	0,049	0,047	0,045	0,043	0,041	0,040	0,038	0,037	0,036	0,034	0,033
	240	0,100	0,098	0,093	0,089	0,084	0,079	0,075	0,071	0,067	0,064	0,061	0,058	0,056	0,053	0,051	0,049	0,047	0,046	0,044	0,043	0,041	0,040
	280	0,115	0,114	0,108	0,103	0,097	0,092	0,087	0,082	0,078	0,074	0,071	0,068	0,065	0,062	0,059	0,057	0,055	0,053	0,051	0,049	0,048	0,046
	320	0,130	0,129	0,122	0,116	0,110	0,104	0,099	0,094	0,089	0,084	0,081	0,077	0,074	0,071	0,068	0,065	0,063	0,060	0,058	0,056	0,054	0,053
	360	0,145	0,144	0,137	0,130	0,123	0,117	0,110	0,105	0,100	0,095	0,090	0,086	0,083	0,079	0,076	0,073	0,070	0,068	0,065	0,063	0,061	0,059
	400	0,160	0,159	0,151	0,144	0,136	0,129	0,122	0,116	0,110	0,105	0,100	0,096	0,092	0,088	0,084	0,081	0,078	0,075	0,073	0,070	0,068	0,066

Tableau 20 Pont thermique ponctuel engendré par une épingle (en W/K) pour : 0.018 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0.038 W/(m.K)

Ø (mm)	Epaisseur de l'isolant et/ou du vide(mm)																					
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
2,8	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002															
4				0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002						
5													0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

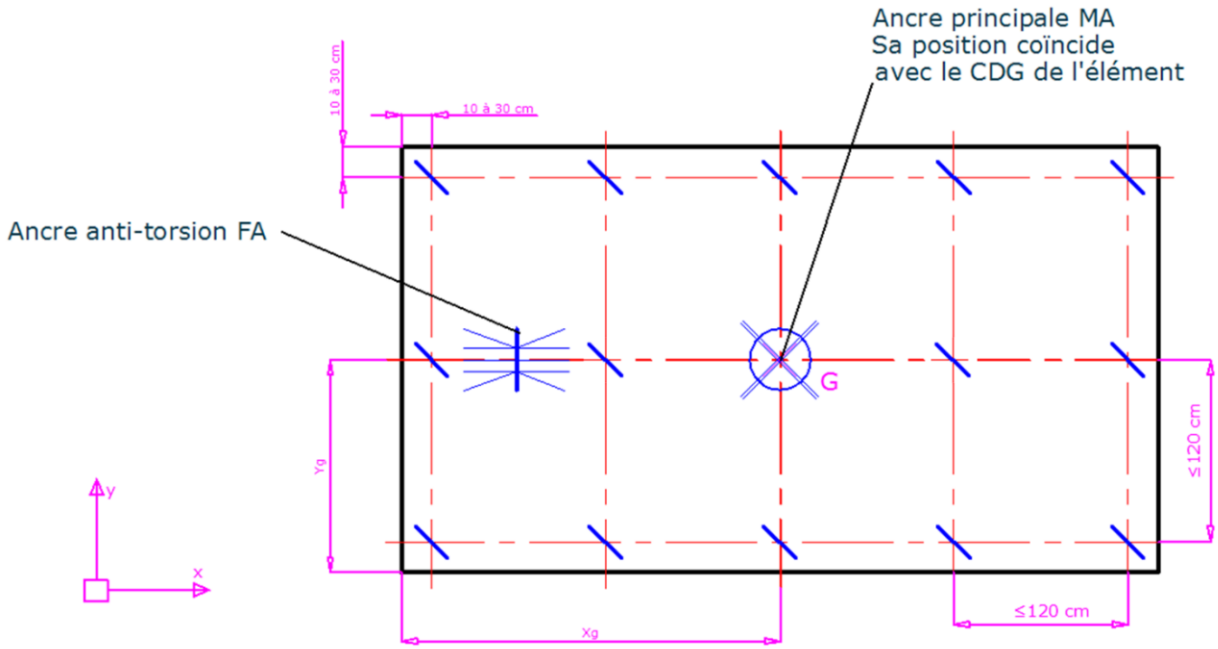
Tableau 21 Pont thermique ponctuel engendré par une épingle (en W/K) pour : 0.038 W/(m.K) ≤ λ ≤ 0.048 W/(m.K)

Ø (mm)	Epaisseur de l'isolant et/ou du vide(mm)																					
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
2,8	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002															
4				0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002						
5													0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002

Annexe VI : Exemples de dispositions

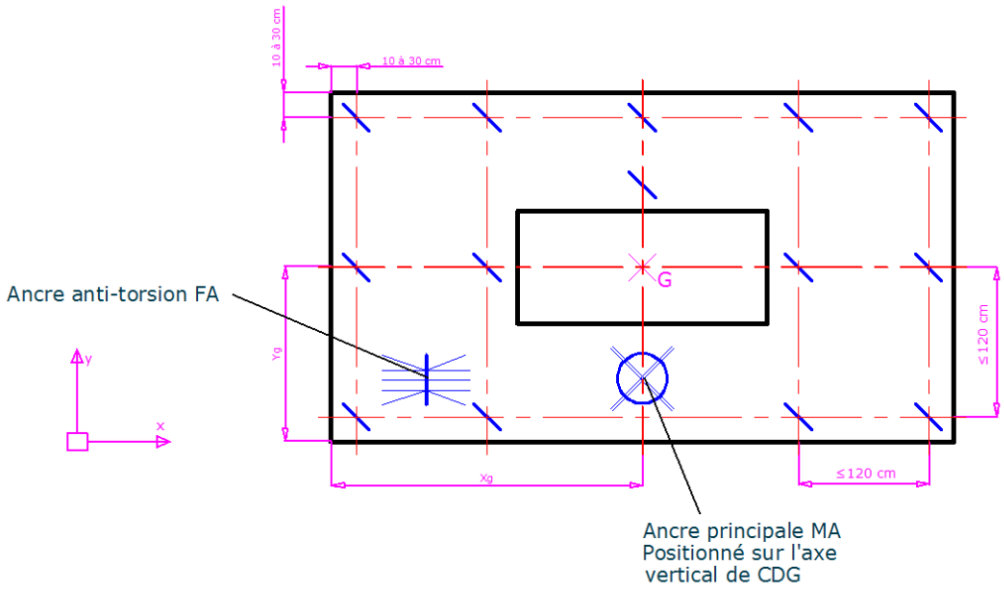
SYSTEME MA

a. **Panneau aveugle**



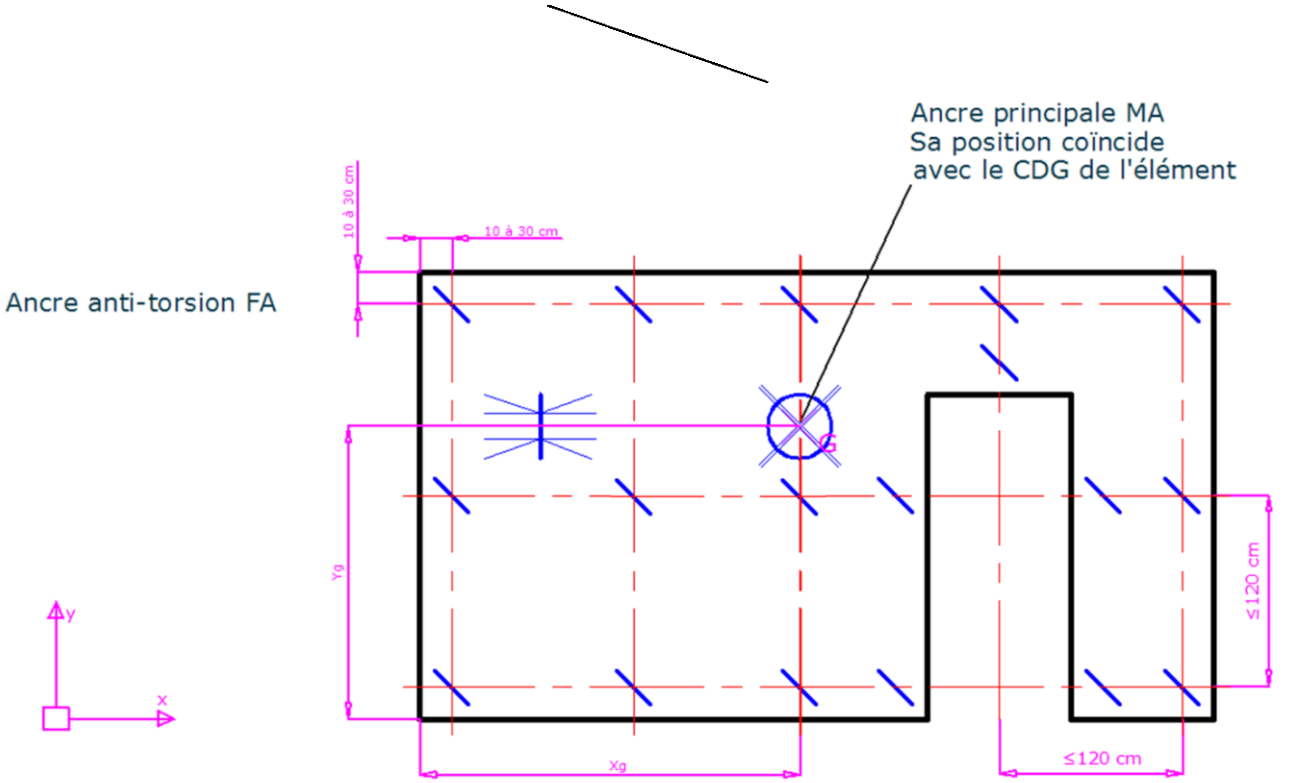
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé dans la direction de x ou y

b. **Panneau avec ouverture de type fenêtre**



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y

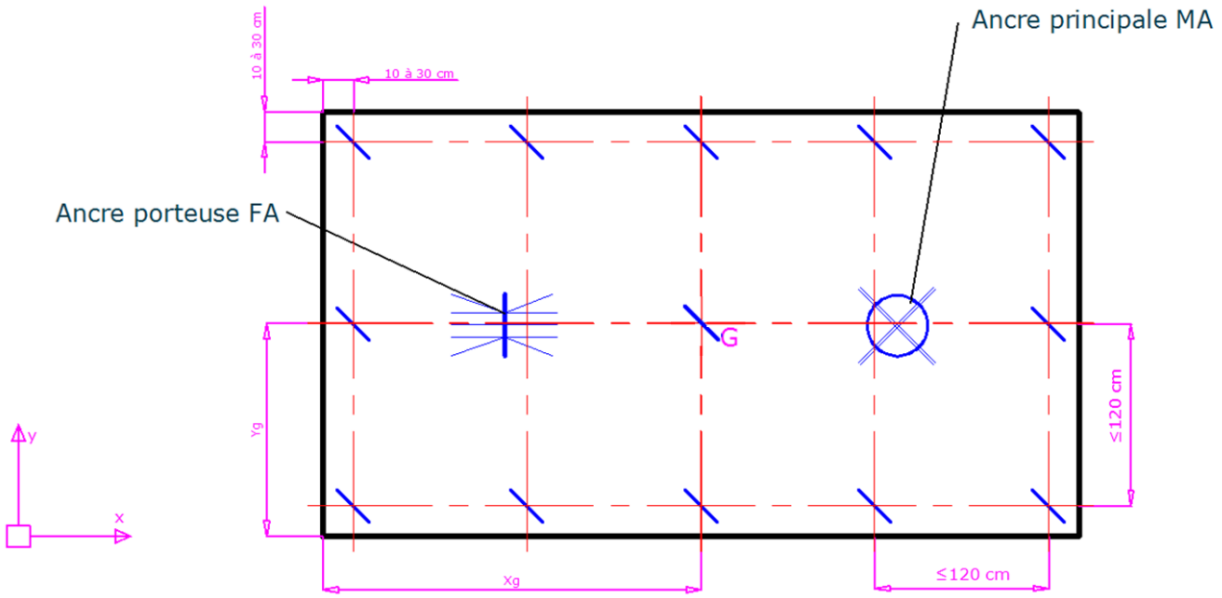
c. **Panneau avec ouverture de type porte**



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé dans la direction de x ou y
Le panneau peut être retourné ou basculé

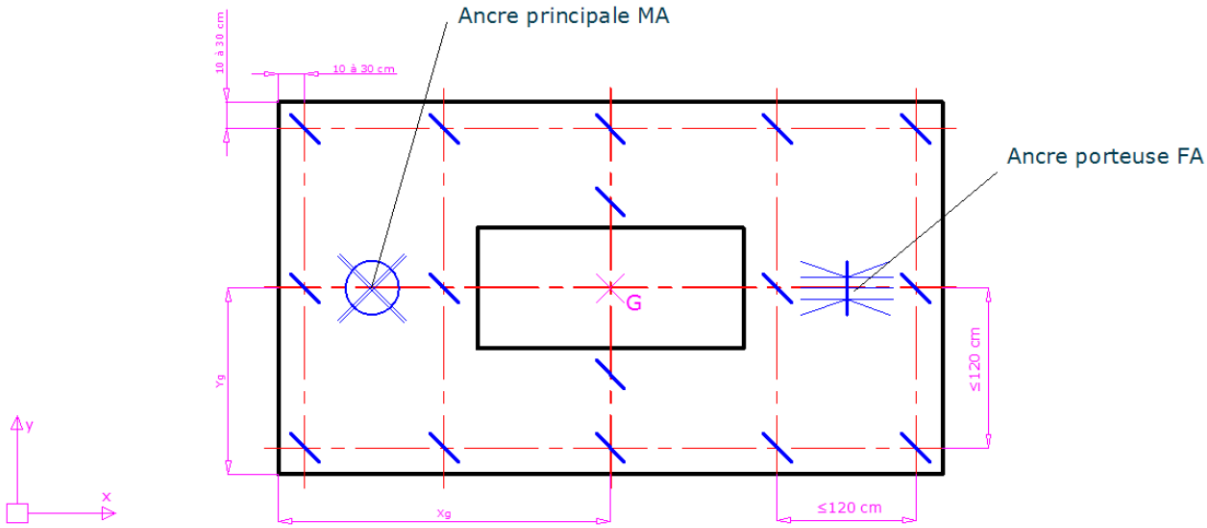
SYSTEME MA-FA

d. **Panneau aveugle**



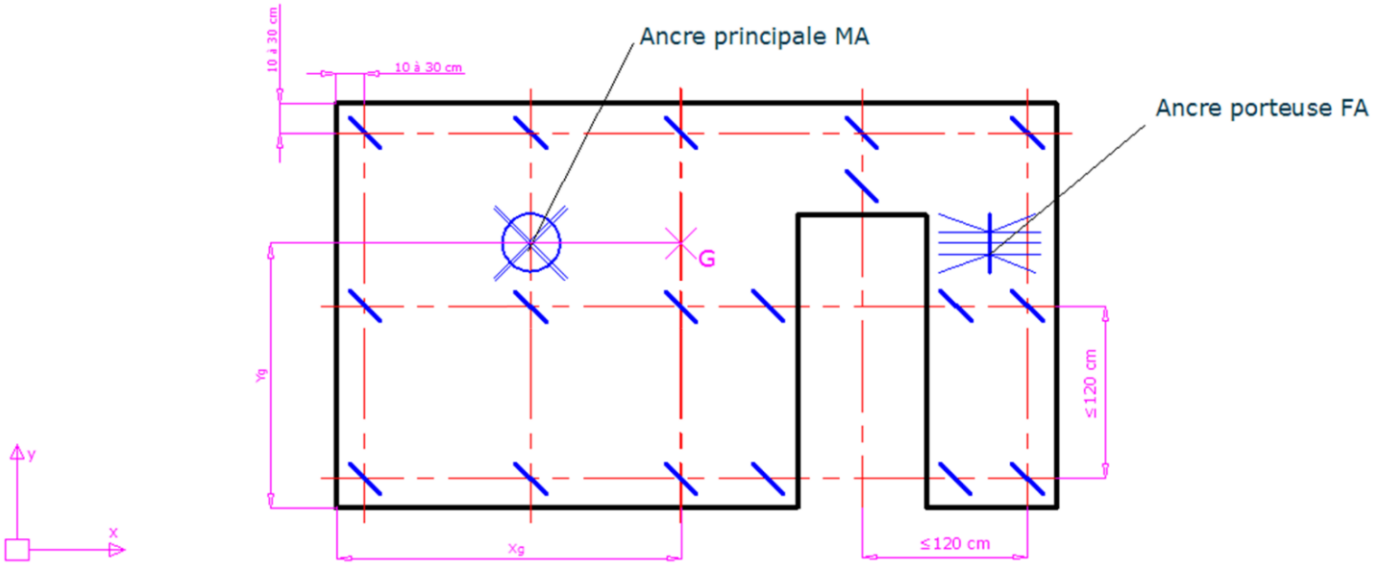
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction de y

e. **Panneau avec ouverture de type fenêtre**



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y

f. **Panneau avec ouverture de type porte**



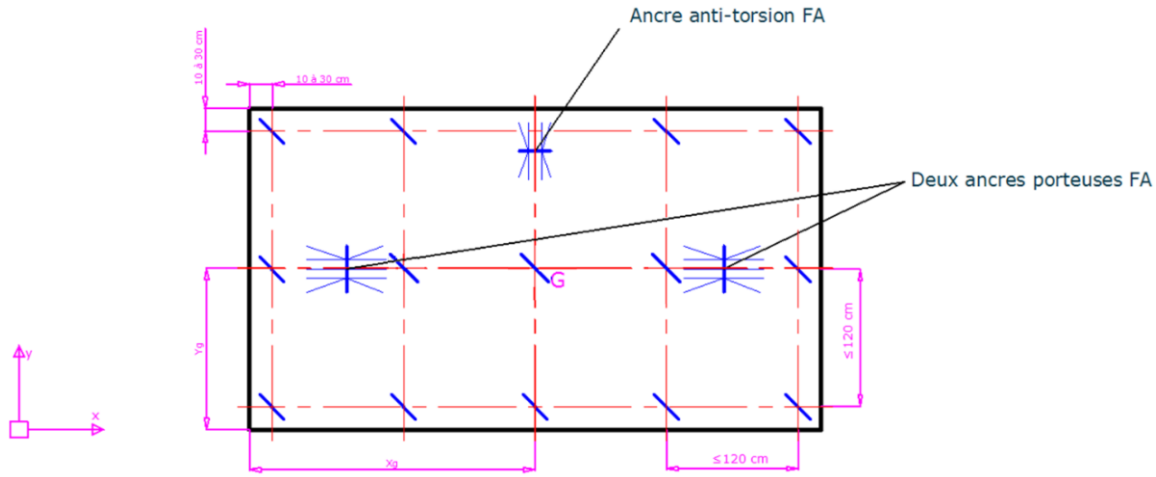
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y

Légende

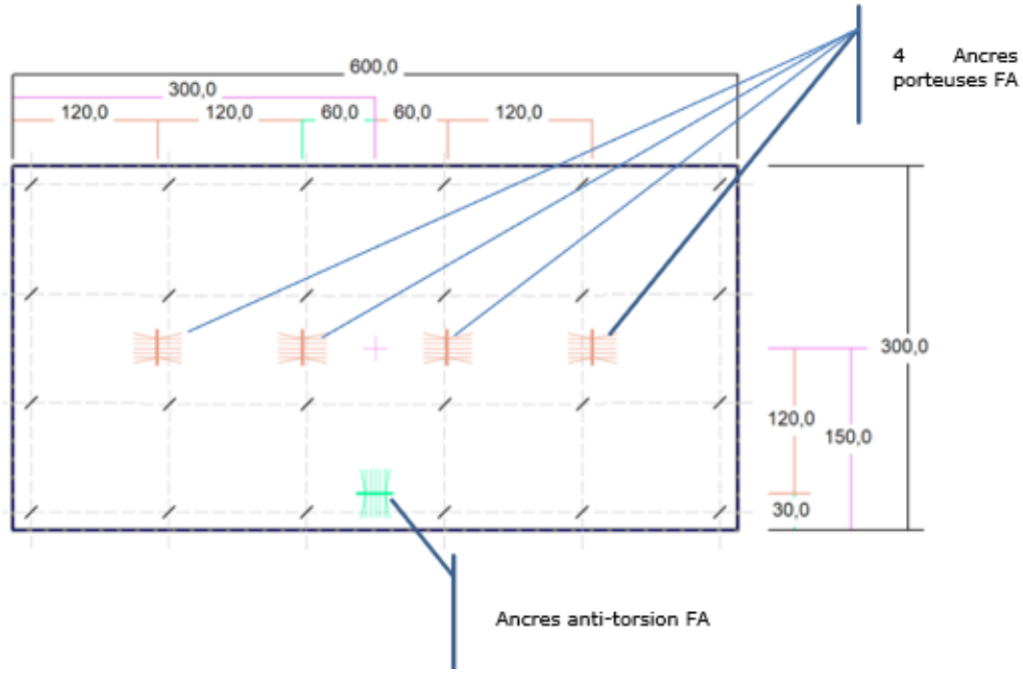
- Plaque porteuse ou dispositif anti-torsion
- Cylindre porteur
- Epingle
- G — Position de centre de gravité du panneau exterieur

SYSTEME FA-FA

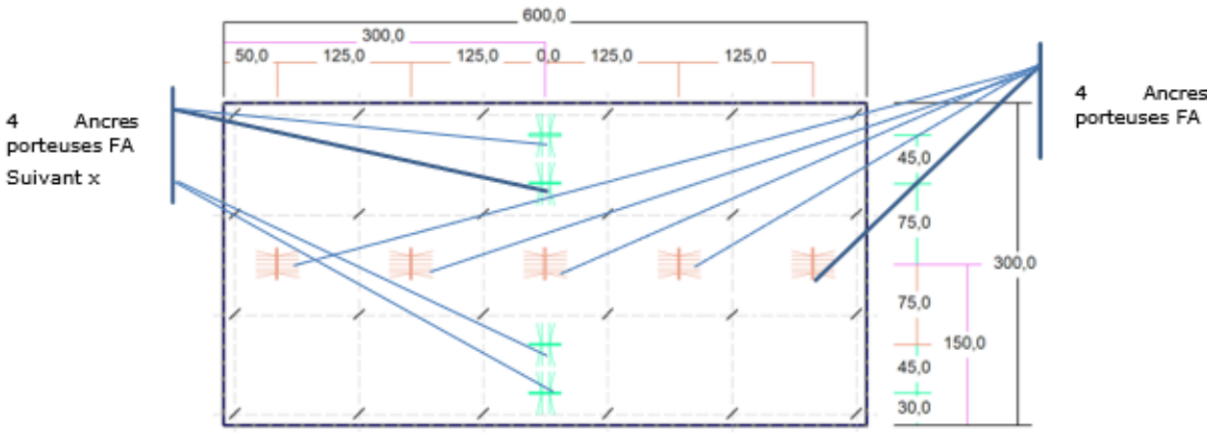
g. Panneau aveugle



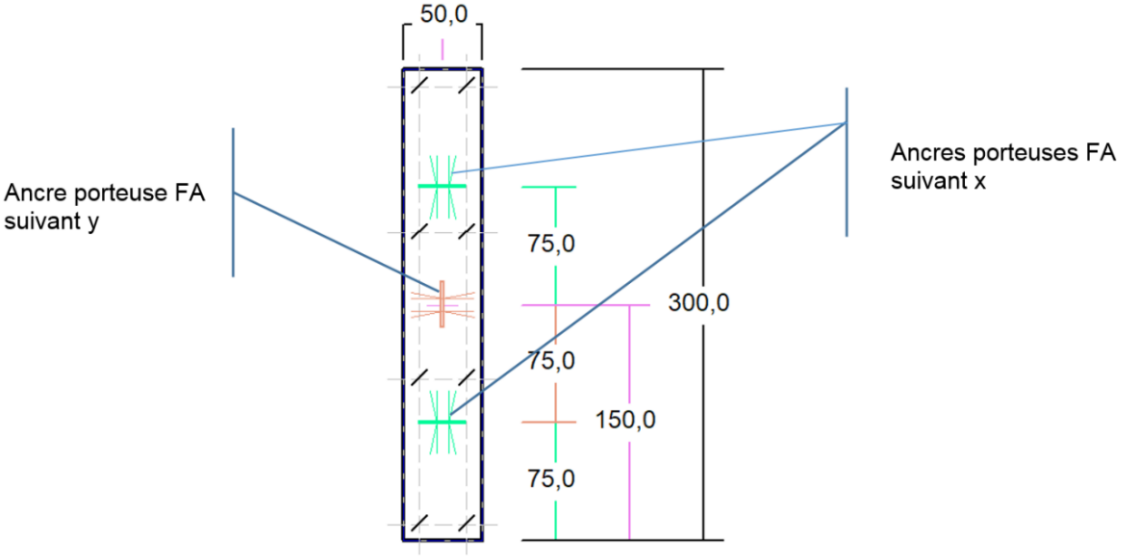
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y



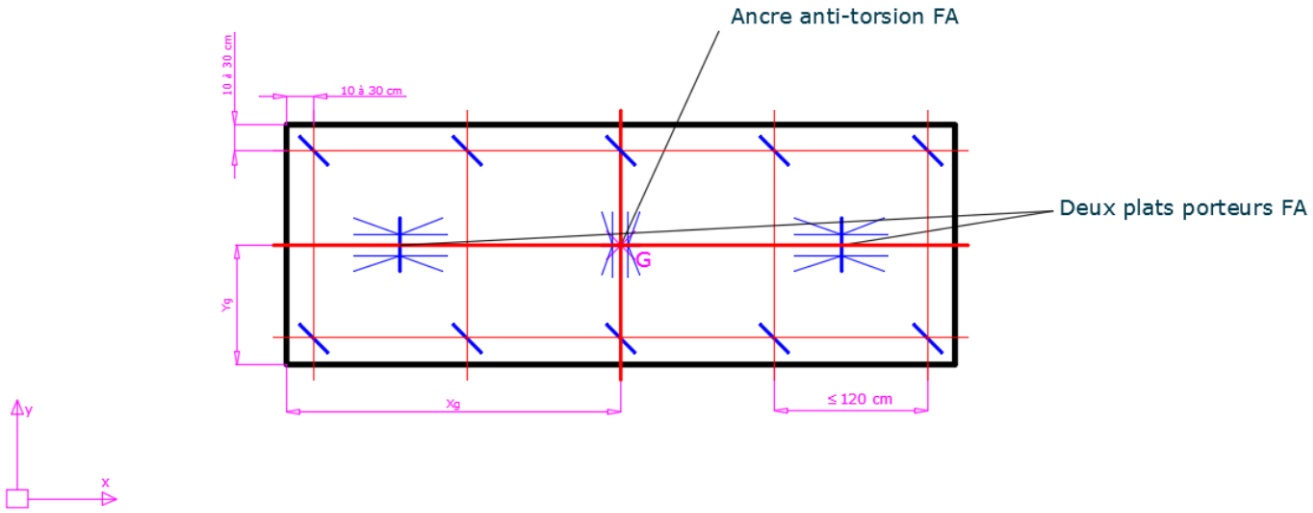
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y



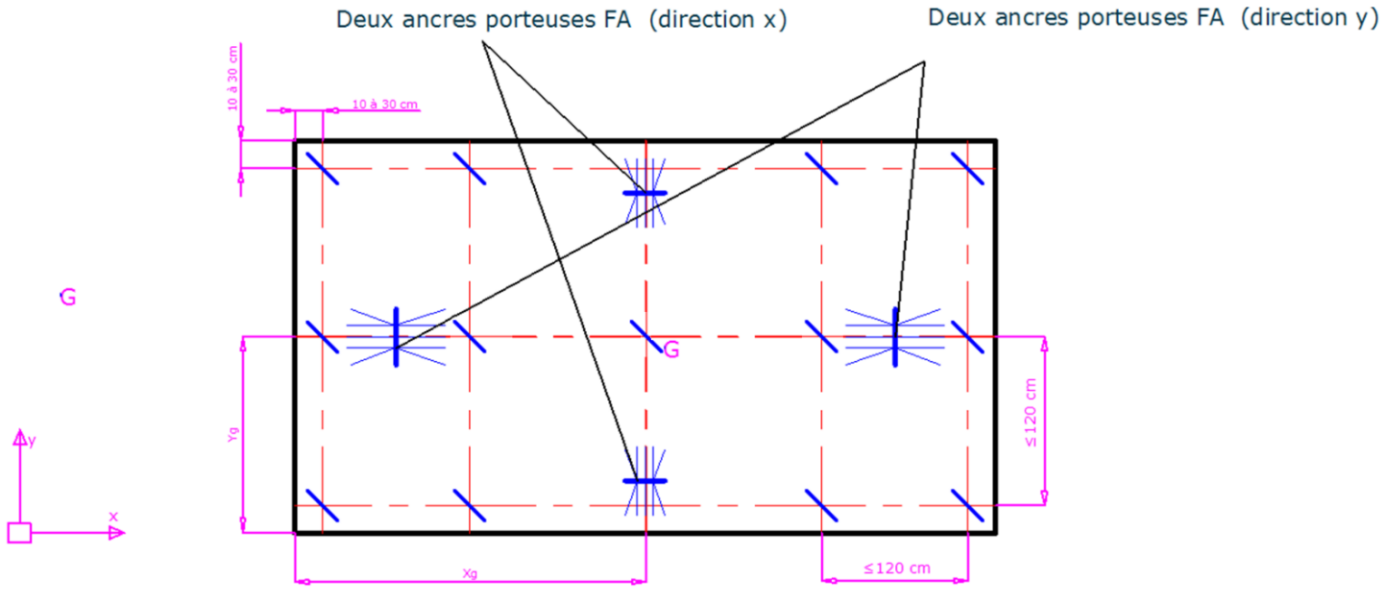
Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé dans la direction de x ou y
Le panneau peut être retourné ou basculé
Cette solution peut aussi convenir pertinemment en situation sismique



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé dans la direction de x ou y
Le panneau peut être retourné ou basculé
Cette solution peut aussi convenir pertinemment en situation sismique

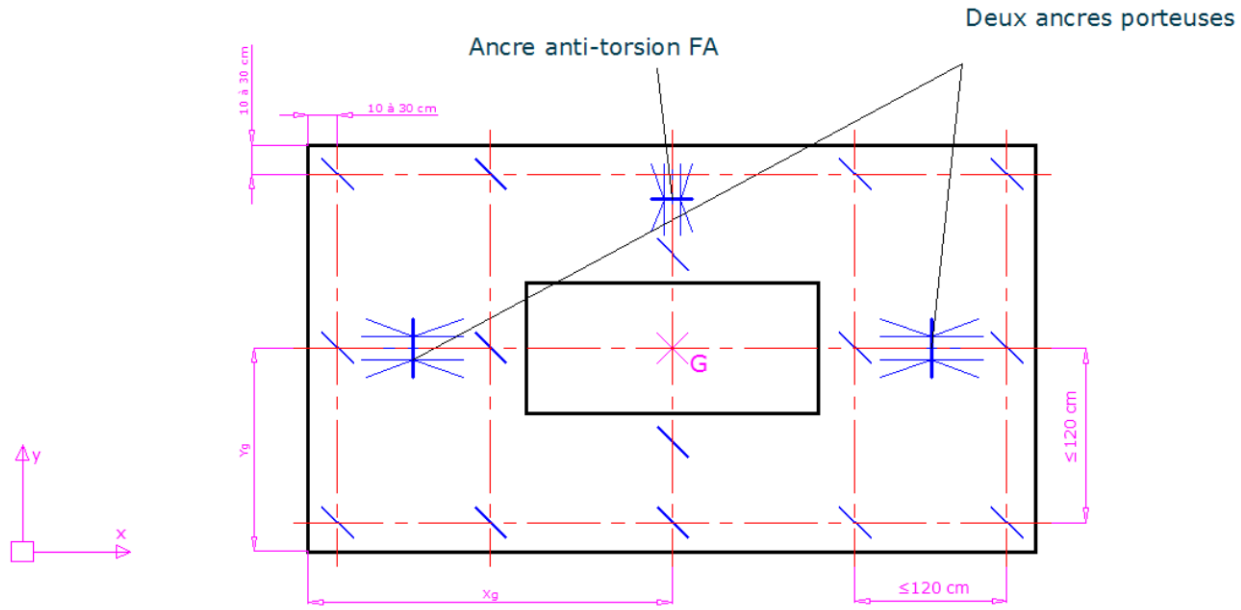


Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y

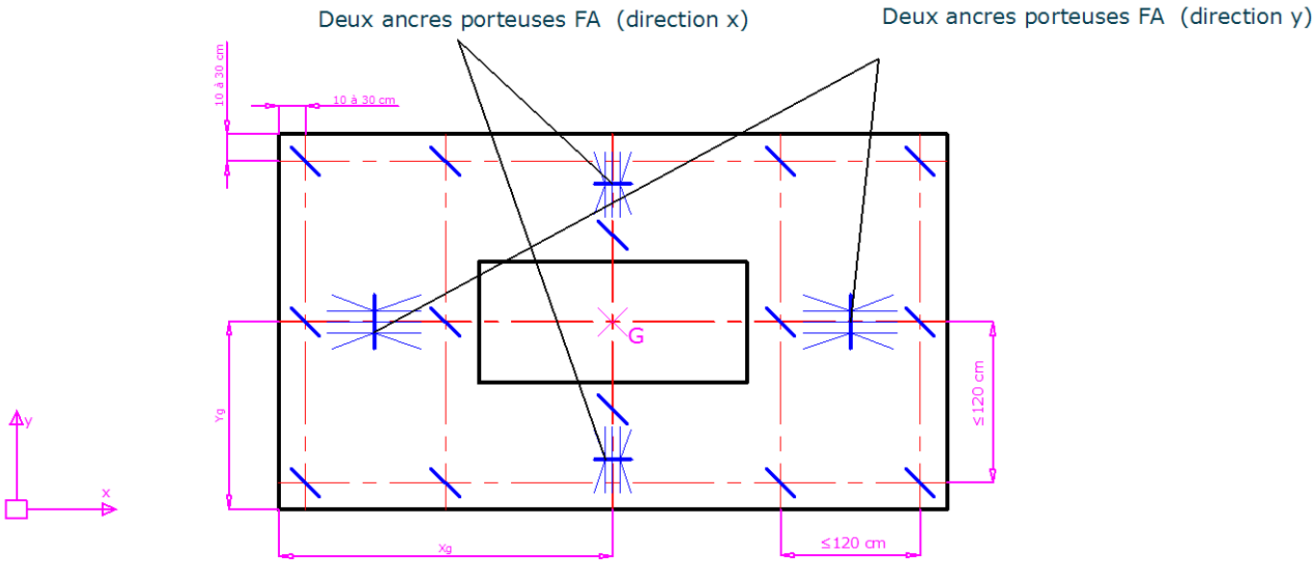


Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé dans la direction de x ou y
Le panneau peut être retourné ou basculé
Cette solution peut aussi convenir pertinemment en situation sismique

h. **Panneau avec ouverture de type fenêtre**

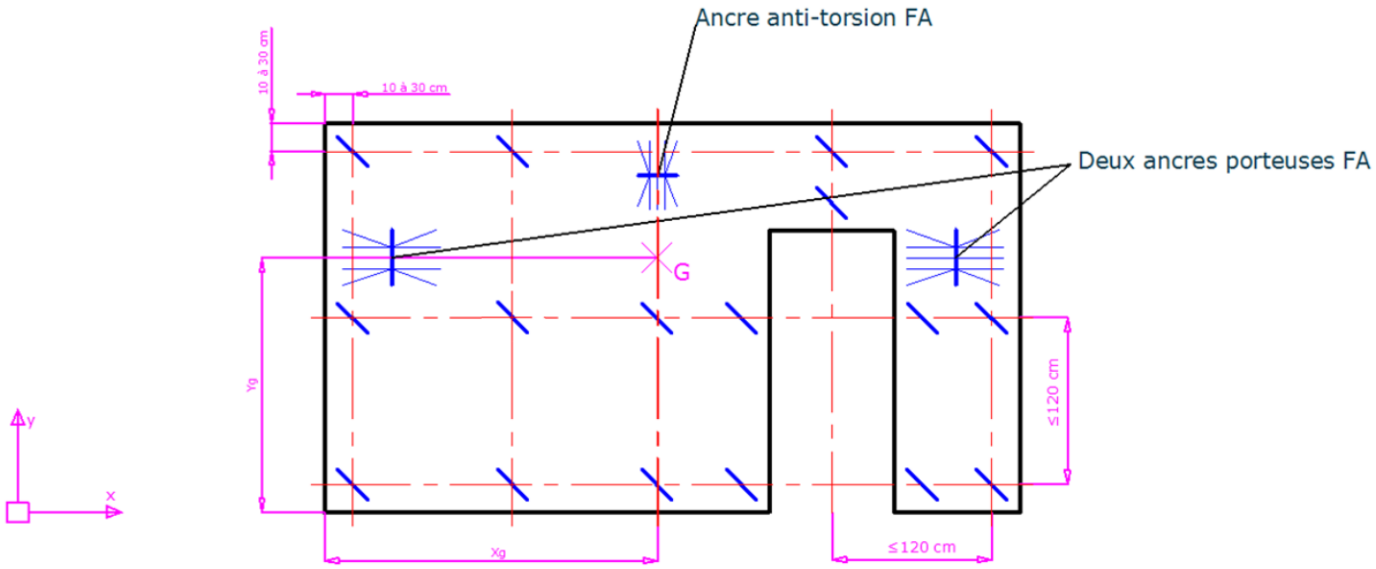


Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé dans la direction de x ou y
Le panneau peut être retourné ou basculé
Cette solution peut aussi convenir pertinemment en situation sismique

i. **Panneau avec ouverture de type porte**



Avec cette configuration, le panneau peut être soulevé ou posé uniquement dans la direction y

Légende

- Plaque porteuse ou dispositif anti-torsion
- Cylindre porteur
- Epingle
- G — Position de centre de gravité du panneau exterieur

s