3.2/13-738_V4

Valide du **22 octobre 2026**

au **22 octobre 2033**

Sur le procédé

SP-MVA / SP-FA / SP-SPA

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

Titulaire(s) : Société HALFEN-LEVIAT

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 30 juin 2026, annule et remplace l'Avis Technique n°3.2/13-738_V3. Cette version intègre les modifications suivantes : • Modification de dénomination du titulaire • Ajout d'un paragraphe relatif à l'identification du procédé	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

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

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 sandwichs 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 4
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 4
2. Dossier Technique 5
2.1. Mode de commercialisation 5
2.1.1. Coordonnées 5
2.1.2. Identification 5
2.2. Description 5
2.2.1. Principe 5
2.2.2. Caractéristiques des composants 5
2.3. Dispositions de conception 7
2.3.1. Généralités 7
2.3.2. Dimensions minimales des murs 7
2.3.3. Dimensionnement 7
2.3.4. Dispositions parasismiques 8
2.4. Dispositions des éléments dans les panneaux 8
2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 9
2.5.1. Fabrication 9
2.5.2. Contrôle de fabrication 9
2.5.3. Conditions de stockage et de transport 9
2.6. Assistance technique 9
2.7. Mention des justificatifs 9
2.7.1. Résultats expérimentaux 9
2.7.2. Références chantiers 10
2.8. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 11
Annexe I : Système de fixation MVA/FA/SPA 11
Annexe II : Cylindres SP-MVA 12
Annexe III : Plats SP-FA 13
Annexe IV : Etriers SP-SPA-1 et SP-SPA-2 15
Annexe V : Epingles de liaison 16
Annexe VI : Performances mécaniques du système MVA/FA/SPA 17
Annexe VII : Principes d'implantation 33

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

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Dispositifs d'accrochage destinés à des panneaux sandwichs 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 SP-MVA et de 30 à 260 mm pour les plats SP-FA et de 30 à 300 mm pour les étriers SP-SPA 1 & 2.

L'utilisation du dispositif de liaison MVA/FA/SPA comme moyen de levage n'est pas visée par le présent Avis.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité propre du voile extérieur des panneaux sandwichs et des murs à coffrage et isolation intégrés dans lesquels est incorporé ce dispositif d'accrochage peut être normalement assurée (cf. Prescriptions Techniques).

1.2.1.2. 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 300 mm et moyennant le respect des dispositions prévues dans la partie Dossier Technique.

1.2.1.3. Sécurité au feu

L'incorporation, dans les panneaux sandwichs 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 en cours de validité dont relèvent les procédés mettant en œuvre ce type de panneaux ou de murs.

1.2.1.4. 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.

1.2.1.5. 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.

1.2.2. 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 B500 B conduit à respecter un enrobage minimal, toutes tolérances épuisées, du côté extérieur de 2,5 cm.

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.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :
HALFEN-LEVIAT
5 Rue Pleyel
93200 Saint-Denis
France

2.1.2. Identification

Les éléments MVA/FA/SPA sont identifiés soit par étiquette, soit par gravure, selon le type d'élément, avec indication des dimensions de chaque élément. Les dimensions associées à chaque élément sont détaillées dans les paragraphes dédiés à chaque type d'ancrage.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Dispositif d'accrochage des voiles extérieures de Panneaux Sandwich (PSW) ou de Murs à Coffrage et Isolation Intégrés (MCII) à voile extérieur librement dilatable comportant un cylindre (SP-MVA) et/ou des plats (SP-FA) ou des étriers (SP-SPA) comme ancrage principal, d'un plat ou étrier comme dispositif anti-couple (destiné à s'opposer à la rotation du voile extérieur autour du cylindre) et des épingles de maintien de l'écartement entre les deux voiles (SPA-N, SPA-B et SPA-A).

Tous les éléments de liaison sont en acier inoxydable austénitique, les cylindres et les plats sont ancrés dans le béton de voiles par des barres soit en acier austénitique soit en acier ordinaire revêtu d'un vernis sans chlore.

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

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.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Matériaux

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

Les plats sont fabriqués à partir d'une tôle de 2 ou 3 mm d'épaisseur.

La tôle est en acier inoxydable austénitique écroui à 355 MPa de limite d'élasticité conventionnelle dans les nuances :

- Type A4 (316L) : 1.4401 / 1.4404 / 1.4571 / 1.4362 / 1.4062 /1.4162 /1.4482 selon la NF EN 10088-1 ;
- Type A2 (304L) : 1.4301 selon la NF EN 10088-1.

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

Les épingles et étriers de liaison sont fabriqués à partir de fil rond lisse en acier inoxydable du même type d'acier inoxydable que la tôle et de résistance à la rupture de 600 MPa.

Les barres de renfort des cylindres et des plats sont soit en acier austénitique (même type d'acier inoxydable que pour la tôle, avec une limite d'élasticité ≥ 500 MPa) ou en acier HA nuance B500B selon NF A35-080-1 de diamètre 6 mm et une longueur qui varie entre 40 et 70 cm.

2.2.2.2. Ancrages principaux (cylindres SP-MVA)

Ce sont des cylindres en tôle de 1 mm ou 1,5 mm d'épaisseur en acier inoxydable austénitique de diamètres et de hauteurs variables respectivement suivant la charge admissible et l'épaisseur d'isolant à prendre en compte.

La charge de calcul à l'ELU exprimée en kN est donnée en fonction du diamètre du cylindre et de l'épaisseur d'isolant par le Tableau 1 et 3, Annexe VI du Dossier Technique.

La longueur d'ancrage minimale dans les parois en béton est égale à 55 mm, sauf pour les cylindres d'épaisseur 1,5 mm et épaisseur d'isolant supérieure à 150 mm où la longueur d'ancrage minimale est égale à 60 mm.

Le cylindre est ancré dans les parois extérieure et intérieure du panneau sandwich ou MCII. La profondeur d'ancrage et la hauteur totale varient suivant l'épaisseur de l'isolant et de l'ancrage minimale dans les parois. L'intégration du cylindre est présentée sur la Figure 3 (Annexe II du Dossier Technique).

Chaque cylindre est identifié selon sa hauteur, son diamètre et son épaisseur suivant le format suivant : SP - MVA – [épaisseur de tôle] - [Hauteur] – [Diamètre]

La transmission des efforts des voiles à l'ancrage se fait par l'intermédiaire de barres de répartition en acier en HA B500 B ou en acier inoxydable austénitique, qui traversent le cylindre dans des trous de 8 mm de diamètre. A chaque extrémité de cylindre, les barres se trouvent de part et d'autre du treillis soudé du voile dans lequel s'ancre cette extrémité.

Leur nombre et leur longueur sont, en fonction du diamètre du cylindre :

- Φ 51 mm : 2 barres dans chaque voile longueur 0,40 m ;
- Φ 76 et 102 mm : 2 barres dans chaque voile longueur 0,50 m ;
- Φ 127 à 204 mm 4 barres dans chaque voile longueur 0,60 m ;
- Φ 229 à 280 mm : 4 barres dans chaque voile longueur 0,70 m.

2.2.2.3. Ancrages principaux et complémentaires (plats SP-FA et étriers SPA)

Ce sont des plats fabriqués à partir de tôles en acier inoxydable austénitique de 2mm ou 3 mm d'épaisseur (Figure 3, Annexe III du Dossier Technique) ou des étriers réalisés à partir de fils d'acier ronds de diamètre 7,0 mm ou 9,0 mm pliés en forme de « V » (Figure 6, Annexe IV du Dossier Technique).

La longueur d'ancrage minimale de plats SP-FA et des étriers SP-SPA dans les parois en béton est égale à 55 mm

Leurs dimensions sont variables suivant l'épaisseur d'isolant utilisé, et la charge à prendre en compte. Les hauteurs des plats sont les mêmes que celles des cylindres.

La charge de calcul à l'ELU en fonction de leur longueur, leur épaisseur et l'épaisseur d'isolant est donnée en kN par le Tableaux 5, 7 et 8 (Annexe VI du Dossier Technique) pour les plats et Tableaux 12, 12, 15 et 16 (Annexe VI du Dossier Technique) pour les étriers.

Chaque plat ou étrier est marqué de sa hauteur, de sa longueur et de son épaisseur suivant le formant : SP - FA – [épaisseur de la tôle] – [Hauteur] – [Longueur] pour les plats et SP - [Gamme d'étrier] – [Diamètre du fil] – [Hauteur].

Les aciers de répartition sont composés de barres en acier inoxydable austénitique en HA B500 B de ϕ 6 mm et de longueur 400 mm dans les quantités suivantes pour chaque voile :

- 4 pour les ancrages de longueur : 40 mm ;
- 4 pour les ancrages de longueur : 80 mm ;
- 5 pour les ancrages de longueur : 120 mm ;
- 6 pour les ancrages de longueur : 160, 200, 240 et 280 mm ;
- 7 pour les ancrages de longueur : 320, 360 et 400 mm.

2.2.2.4. Epingles

Elles sont réalisées à partir de fil en acier inoxydable austénitique façonné en « U » – « L » - « O » et de diamètre 3 - 4 et 5 mm.

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

La charge de calcul à l'ELU en traction, en fonction du diamètre du fil est donnée en kN par le Tableau 26 (Annexe VI du Dossier Technique).

Des épingles dites" négatives" ayant une forme spéciale leur permettant de s'ancrer sur le treillis soudé du voile bétonné le premier, sont utilisées lorsque le processus de fabrication le rend nécessaire (bétonnage du deuxième voile lorsque le béton du premier voile a effectué sa prise).

Lors de la phase de démoulage du panneau, les épingles ne doivent pas être directement sollicitées : la mise en position verticale du panneau doit être obligatoirement faite par l'intermédiaire d'une table relevante.

Les épingles mises en périphérie du voile extérieur doivent être situées à une distance de 20 cm du bord.

La longueur d'ancrage minimale est fixée à 55 mm.

2.2.2.5. Dispositifs anti-couple

Ils sont constitués par un plat (SP-FA) ou un étrier (SP-SPA-1 ou SP-SPA-2) identiques à ceux décrits au paragraphe 2.2.2.3

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 (les excentrements volontaires étant équilibrés par les ancrages complémentaires).

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.

2.2.2.6. Données environnementales

Le procédé « MVA/FA/SPA » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Les procédés de construction employant ce dispositif doivent être utilisés conformément aux Avis Techniques en cours de validité dont ils relèvent.

Dans le cas d'intégration du procédé MVA/FA/SPA aux procédés de murs à coffrage et isolation intégrés, la stabilité en phase provisoire des panneaux ne pourra pas être réalisée sur la base de cet Avis Technique.

L'organisation des murs constitués de panneaux sandwichs et des murs à coffrage et isolation intégrés dans lesquels est incorporé ce dispositif 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, 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, doivent être déterminés par le bureau d'études techniques, en fonction des efforts à équilibrer.

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

2.3.2. Dimensions minimales des murs

Etant donné les différentes campagnes de caractérisation réalisées sur le procédé MVA/FA/SPA, l'épaisseur minimale de la paroi extérieure n'est pas constante sur l'ensemble de la gamme. L'épaisseur minimale de la paroi extérieure en fonction de l'ancre et de l'épaisseur de l'isolant. 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 : épaisseurs minimales des parois précisées sur le Tableau 19 du Dossier Technique et noyau de 6 cm
    - Panneaux sandwichs : épaisseur minimale précisée sur le Tableau 19 du Dossier Technique 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 : épaisseurs minimales des parois précisées sur le Tableau 19 du Dossier Technique + 0,5 cm et noyau de 6,5 cm
    - Panneaux sandwichs : épaisseur minimale précisée sur le Tableau 19 du Dossier Technique + 0,5 cm pour la paroi extérieure et 12,5 cm pour le voile intérieur

2.3.3. Dimensionnement

Le béton des panneaux doit être exempt de composé chloré.

La résistance caractéristique sur cylindre du béton des panneaux au démoulage doit être au moins égale à 12 MPa.

La résistance caractéristique sur cylindre du béton en phase d'exploitation doit être au minimum de 20 MPa.

Les charges de calcul à l'ELU sur les ancrages, définies en Annexes, ne peuvent être retenues que si la résistance caractéristique 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 30 MPa tout en restant supérieure ou égale à 20 MPa, les valeurs à retenir pour les charges de calcul à l'ELU s'obtiennent en multipliant par $\sqrt{(f_{ck}\ /f_{ck\ réf\ C30/37})}$ les charges de calcul à l'ELU définies en Annexes.

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 des ancrages principaux et des ancrages complémentaires éventuels.

Le poids propre du voile extérieur doit être équilibré par l'ancrage principal (soit 1 cylindre MVA positionné sur l'axe du centre de gravité, OU 1 cylindre MVA + 1 plat FA (ou étrier SPA) OU 1-2 plats FA (ou étriers SPA) de section identique et, éventuellement, l'ancrage complémentaire (plat ou étrier « 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 26 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 sandwichs 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 (principaux et complémentaires) 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.

Les barres de répartition des cylindres et des plats de liaison complémentaires peuvent être en acier inoxydable austénitique ou en acier HA B500 B. L'utilisation de barres d'ancrage en acier HA B500 B conduit à respecter un enrobage minimal, toutes tolérances épuisées, du côté extérieur de 2,5 cm

Les barres de répartition doivent être positionnés de part et d'autre du treillis soudé du voile dans lequel s'ancre l'extrémité des ancrages principaux, vers l'extérieur par rapport à l'axe de l'élément.

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

- La sollicitation est reprise par un cylindre SP-MVA ou 1 plat (ou étrier) 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.
- La sollicitation est reprise par 2 plats SP-FA OU 2 étriers SP-SPA, les sollicitations dues au poids propre de la paroi extérieure sont déterminées sur chaque ancreen considérant un fonctionnement en poutre sur 2 appuis de la paroi 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 par l'ancrage principale : un cylindre MVA positionné au centre de gravité OU 2 plats SP-FA (ou 2 étriers SP-SPA) identiques et disposés horizontalement sur une même ligne verticale. Dans ce dernier cas, l'effort sismique est repris de manière uniforme par les 2 plats (ou 2 étriers ; fonctionnement en poutre sur 2 appuis de la paroi extérieure)

A défaut d'essais dynamiques sur les dispositifs d'accrochage, l'ancrage principal (cylindre SP-MVA, plat SP-FA et étrier SP-SPA), l'ancrage complémentaire (plat SP-FA et étrier SP-SPA) et les épingles (SPA-A, SPA-B et SPA-N) doivent être dimensionnés en déduisant la charge de calcul en situation sismique de la charge de calcul en situation normale indiquée dans l'Annexe VI du Dossier Technique (Tableaux 1, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16 et 26) par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 1,35.

Dans tous les cas, les ancrages principaux doivent être positionnés dans le panneau de telle sorte que le centre de rotation et le centre de gravité du voile extérieur coïncident. La répartition des épingles doit être aussi homogène que possible autour de ce point.

De plus, l'ancrage principal 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 SP-MVA, des plats SP-FA ou des étriers SP-SPA indiquées dans l'Annexe VI du Dossier technique (Tableaux 2, 4, 6, 9, 10, 13, 14, 17 et 18). A défaut d'essais dynamiques sur les dispositifs d'accrochage, les raideurs moyennes en cisaillement des cylindres SP-MVA, des plats SP-FA ou des étriers SP-SPA ont été déterminées à partir des raideurs statiques par application d'un coefficient de sécurité de 2.

2.4. Dispositions des éléments dans les panneaux

La mise e œuvre du dispositif est effectuée par les préfabricants 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 préfabricants auxquels il fournira ce dispositif.

L'ancrage principal est normalement disposé sur la verticale du centre de gravité du voile de béton extérieur du panneau, à mi-hauteur de celui-ci.

Toutefois, dans les panneaux-baies, lorsque la verticale du centre de gravité traverse une baie, l'ancrage principal est disposé dans l'allège de telle façon que l'axe du cylindre ou du plat porteur soit toujours à une distance des rives haute et basse de l'allège au moins égale à trois fois son diamètre (cylindre) ou trois fois sa longueur (plat), la fréquence des épingles de rives de l'allège étant alors renforcée au droit de l'ancrage.

Lorsque la verticale du centre de gravité traverse une porte-fenêtre, ou lorsque les traverses haute et basse délimitant la baie dans le voile extérieur ne sont pas capables de transmettre à l'ancrage principal les sollicitations engendrées par le poids du montant de baie ou du trumeau situé au-delà de la baie, l'ancrage principal est disposé à mi-hauteur du trumeau le plus large, à la distance d'une fois son diamètre (cylindre) ou d'une fois sa longueur (plat) de l'axe de gravité du trumeau du côté de la baie (lorsque la largeur du trumeau permet ce décalage), et à une distance des rives verticales du trumeau au moins égale à trois fois son diamètre (cylindre) ou à trois fois sa longueur (plat). On lui associe alors un ancrage complémentaire que l'on dispose dans l'autre trumeau ou montant de baie, sur la même horizontale.

On dispose les épingles au pourtour du panneau et des baies, ainsi que sur une horizontale voisine de la mi-hauteur de panneaux, à un espacement maximal de 1,20 m.

En règle générale, une distance minimale doit être respectée entre les rives de la paroi et l'axe du cylindre ou du plat : 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 les axes d'un cylindre SP-MVA et un plat SP-FA doit être supérieure ou égale à 750 mm.

La distance minimale entre 2 plats SP-FA devra être, dans tous les cas, supérieure à 500 mm.

Lorsque le panneau comporte un débord du voile extérieur (formant acrotère, par exemple), la densité d'épingles le long de la rive présentant ce débord est au moins doublée par rapport à la valeur résultant de la règle ci-dessus. Lorsque le débord est de grande amplitude, le nombre d'épingles doit être déterminé par le calcul.

On met en place, sur l'horizontale passant par l'ancrage principal, un dispositif anti-couple d'un seul côté de celui-ci lorsque le panneau a une longueur inférieure à 4 m, et deux dispositifs d'un seul côté également lorsque le panneau a une longueur supérieure.

Ces dispositifs sont placés au voisinage des rives verticales. Lorsque le panneau comporte un ancrage complémentaire, il n'y a pas de dispositif anti-couple.

Dans les panneaux dont la position, lors du transport ou de la manutention, 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 ou la manutention.

La distance maximale, exprimée en mètres, pouvant séparer les épingles et les ancrages complémentaires de l'ancrage principal, est donnée dans le Tableau 21,22 et 23, Annexe VI, en fonction de l'épaisseur d'isolant et d'autres paramètres dont la teinte de la façade.

Pour renforcer les voiles de béton au voisinage de l'ancrage principal MVA de diamètre $\Phi \geq 127$ mm, on ajoute localement 4 Ø 8 mm dans chaque voile de longueur l = 700 mm conformément à la Figure 16 en Annexe VIII du Dossier Technique.

Le Tableau 24, Annexe VI définit le domaine d'utilisation des épingles droites.

Le Tableau 25 définit l'épaisseur minimale du voile extérieur et des cotes minimales de pénétration des ancrages dans les voiles de béton. Sous réserve que soient respectées ces cotes minimales, il est possible d'utiliser, à la demande, des ancrages de hauteurs différentes de celles qui sont indiquées dans le tableau et qui correspondent aux valeurs couramment fabriquées.

2.5. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.5.1. Fabrication

Les différents éléments d'ancrage sont fabriqués sous la responsabilité de HALFEN-LEVIAT dans les différentes usines de fabrication appartenant au groupe industriel HALFEN-LEVIAT, situées à : Nowe (Pologne), Artern (Allemagne), Sheffield (Royaume Uni) et Langenfeld (Allemagne)

Un Plan d'Assurance Qualité Fabrication est mis en place par la société HALFEN-LEVIAT de ces différentes usines.

La matière première (tôles, fils ronds lisses, ...) est livrée par différents fournisseurs agréés et certifiés. Un certificat de conformité de la matière première est fourni à chaque livraison.

2.5.2. Contrôle de fabrication

Le contrôle industriel de la fabrication est fait par le responsable qualité de chaque usine de fabrication ; il comporte le contrôle des matières premières (contrôle du certificat de la matière, dimensions géométriques), l'autocontrôle lors de la fabrication, notamment de la qualité des soudures des cylindres, et le contrôle des pièces finies (contrôles géométriques, ...).

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. Des certificats de conformité NF EN 10204-2.1/2.2 peuvent être fournis par HALFEN-LEVIAT à la demande.

Les usines de fabrication sont certifiés ISO 9001, et 50001. Les usines de fabrication font l'objet d'audits dans le cadre de ces certifications.

2.5.3. Conditions de stockage et de transport

Concernant le stockage, les diverses pièces constituant ce dispositif doivent être groupées en lots clairement identifiés en fonction des charges de calcul à l'ELU sur chacune d'elles.

2.6. Assistance technique

L'implantation et le dimensionnement du dispositif d'accrochage ponctuel est systématiquement réalisé par la société HALFEN-LEVIAT qui fournit une fiche d'implantation pour chaque panneau sandwich et chaque mur à coffrage et isolation intégrés.

A chaque livraison, une fiche de recommandations de pose et d'instruction de montage (détails d'intégration du dispositif lors de la fabrication des panneaux) est systématiquement jointe.

Le titulaire de l'Avis mettra à disposition des fabricants de panneaux sandwichs ou de murs à coffrage et isolation intégrés, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel.

2.7. Mention des justificatifs

2.7.1. Résultats expérimentaux

2.7.1.1. Essais d'ancrages principaux

Les ancrages principaux ont fait l'objet de deux premières séries d'essais. L'une a été effectuée avec 6 cm d'isolant, l'autre avec 6 cm d'isolant et 3 cm de lame d'air

Ces essais ont été effectués par le Staatliches Materialprüfungsamt, Nordrhein, Westfalen (D)

1ère série d'essais (réf. 23.10836.71.1)

Ils ont été effectués sur des maquettes de 2 x 2 m comportant deux voiles de béton de 5 et 11 cm d'épaisseur séparés par une couche de polystyrène expansé de 6 cm constituée de deux plats de 3 cm séparés par une feuille de PVC. Deux feuilles de PVC étaient également disposées dans chaque plan de séparation béton - isolant. Outre l'ancrage, les deux voiles étaient reliés par 8 épingles Φ 2,8.

Les essais ont consisté à appliquer des efforts statiques centrés sur l'ancrage à l'aide de deux vérins. Le glissement g du voile suspendu par rapport au voile porteur a été mesuré.

Les essais ont porté sur les ancrages de diamètre 51, 102, 153, 204 de charges admissibles respectives 9, 20, 30 et 42 kN.

2ème série d'essais (réf 21.0793.4.741 et 2)

Ils ont été effectués sur des maquettes 2 x 2 m comprenant deux voiles de béton de 6 et 12 cm d'épaisseur séparés par une lame d'air de 3 cm et une couche de polystyrène de 6 cm. Les autres conditions d'essai étaient identiques à celles de la première série

Les essais ont porté sur les ancrages de diamètre 51, 102, 153, 204 et 255 de charges admissibles respectives 7, 16, 24, 31 et 36 kN.

2.7.1.2. Essais de cisaillement réalisés sur les ancrages principaux SP-MVA, SP-FA et SP-SPA :

Essais effectués au CSTB (rapport n° EEM 13 26045664).

Essais de cisaillement sous chargement statique réalisés sur des maquettes de 1,50 x 1 m (cylindres SP-MVA) et de 1 x 1 m (plats SP-FA) comportant deux voiles béton séparés par une couche d'isolant de 15 ou 20 cm.

Les essais ont porté sur les ancrages principaux suivants : plat de longueur 240 mm et d'épaisseur 3 mm, plat de longueur 400 mm et d'épaisseur 3 mm et cylindre de diamètre 255 mm et d'épaisseur 1,5 mm.

Essais effectués au CSTB (rapport n° MRF 18 26072612-1).

Essais de cisaillement sous chargement statique réalisés sur des maquettes de 1,00 x 1,00 m comportant deux voiles béton séparés par une couche d'isolant et reliées par : (i) des plats SP-FA 2 et 3 mm, (ii) des étriers SP-SPA 1 et 2, diamètre 7 et 9 mm. La paroi extérieure a une épaisseur de 7 cm et la longueur d'ancrage des ancres dans cette paroi est 55 mm dans tous les cas.

2.7.1.3. Essais d'arrachement des épingles (réf.21.1051.0.83)

Des essais d'arrachement ont été effectués sur les épingles de diamètres 3 et 4 mm dans un béton ayant une résistance moyenne en compression de 34 MPa.

2.7.2. Références chantiers

Ci-dessous quelques références de chantiers réalisés depuis la dernière révision de l'Avis Technique du procédé MVA/SP/SPA.

ANNEE	PROJET	LIEU
2025	NORMANDIKA bureaux	FLEURY SUR ORNE - ZA Boulevard de la Suisse Normande 14123
2025	Base aérienne de Bricy	Rue de la base à BOULAY-LES-BARRES (45140)
2025	CHAI VITICOLE VIGNE ROUGE	Route de Jouan 46140 BELAYE
2024	BON SAUVEUR	Rue de Baltimore 50000 ST-LO
2024	Conservatoire de POISSY	Rue des Grands-Champs - 78300 POISSY
2024	TOUCHE DE PIANO bureaux	ZAC LE HAVRE PLATEAU - 76600
2024	Immeuble de bureaux - JEAN AICARD	Avenue JEAN AICARD Paris 11
2024	Entrepot logistique - SALINI - DICE 25	93290 TREMBLAY en FRANCE
2023	Centre d'exploitation routier	La Cambe - Calvados
2023	PROJET "NINA"	Lieux dit Las Campagnas 47400 TONNEINS
2023	Airborne Museum	Sainte-Mère-Eglise
2023	Médiathèque	Place Louis Blériot 76800 SAINT ETIENNE DU ROUVRAY

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

Annexe I : Système de fixation MVA/FA/SPA

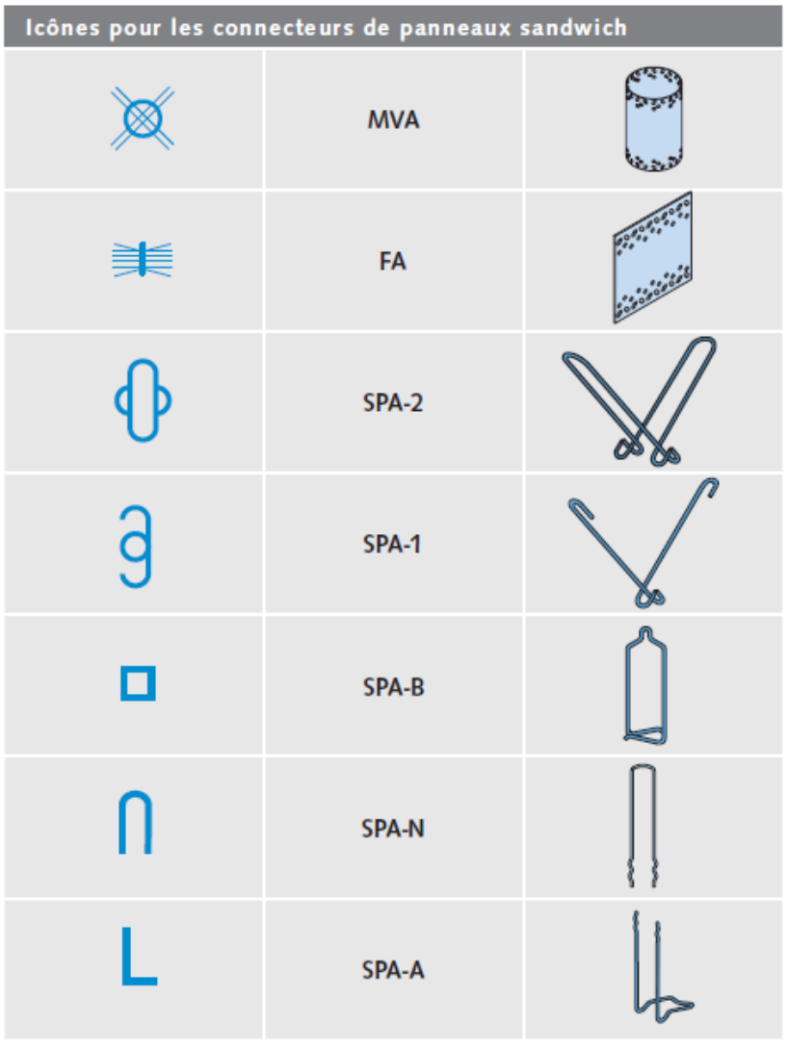


Figure 1 : Symbolisation des connecteurs

Annexe II : Cylindres SP-MVA

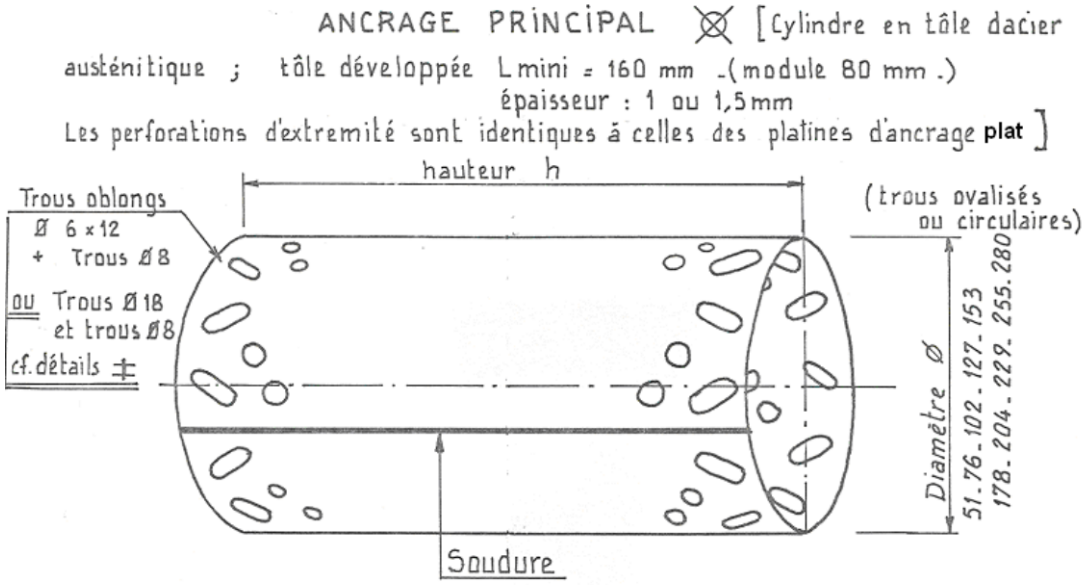
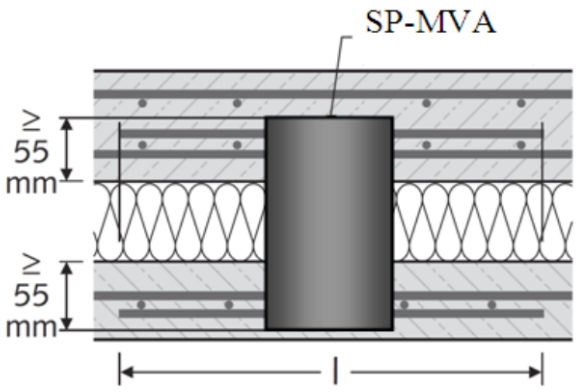


Figure 2 : Cylindre ⊗ SP-MVA

-Pour une épaisseur d'isolant ≤ 15 cm :



-Pour une épaisseur d'isolant > 15 cm :

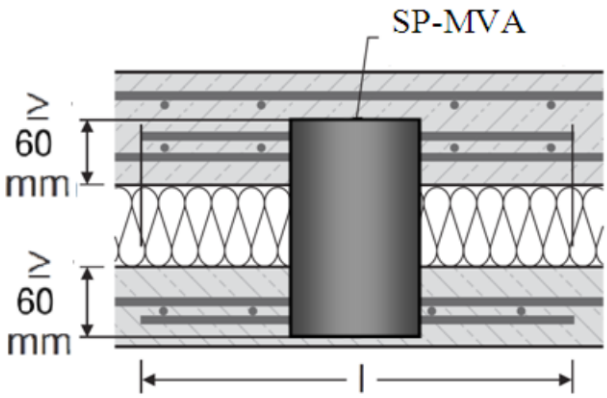


Figure 3 : Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un cylindre)

Annexe III : Plats SP-FA

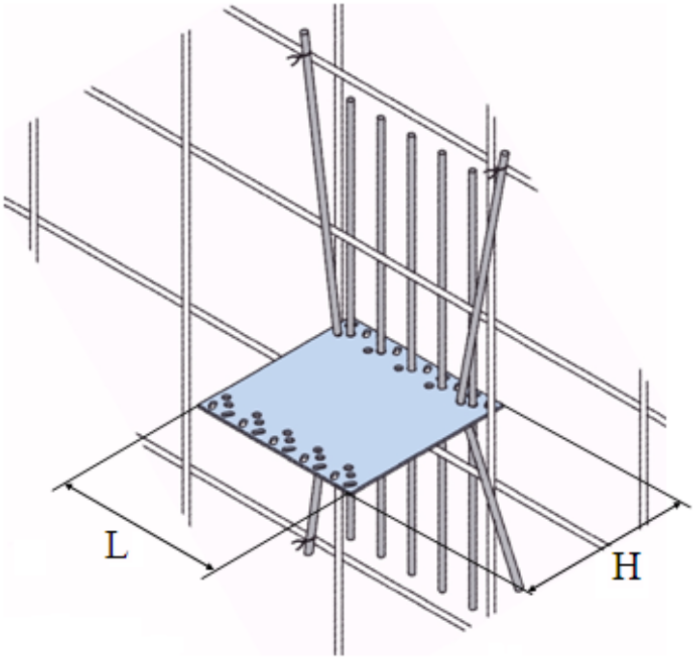


Figure 3 : Plats SP-FA

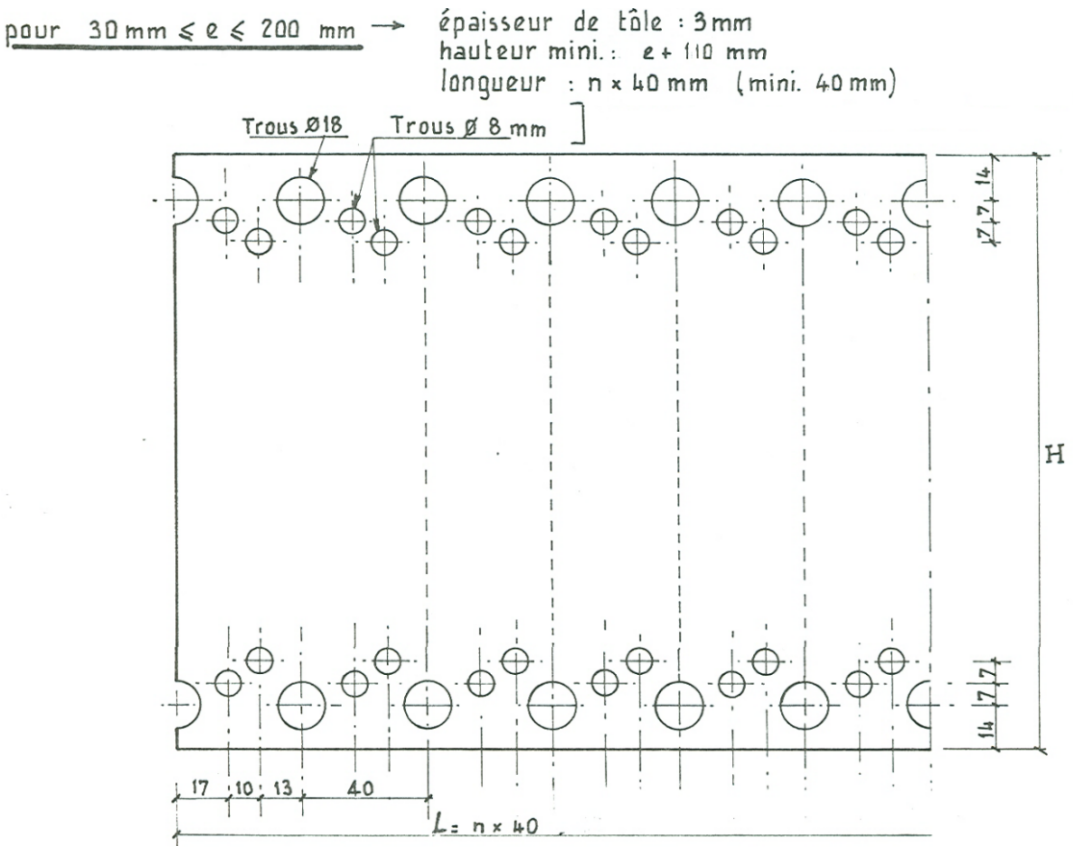
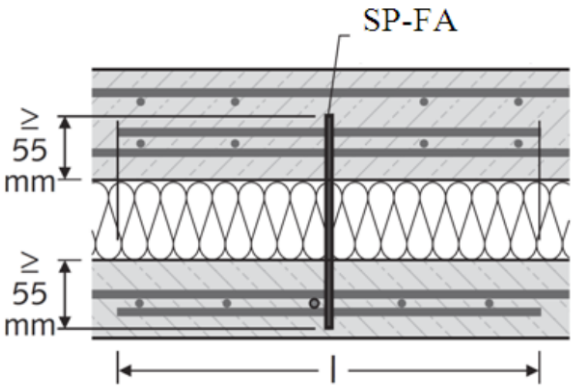


Figure 4 : Plats SP-FA

IMPLANTATION : VUES EN COUPE

Pour une épaisseur d'isolant ≤ 15 cm :



-Pour une épaisseur d'isolant > 15 cm :

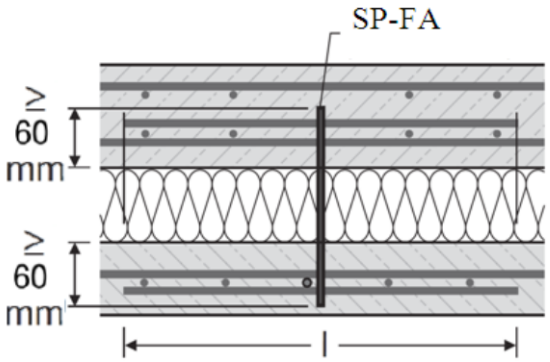


Figure 5 : Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un plat)

Annexe IV : Etriers SP-SPA-1 et SP-SPA-2

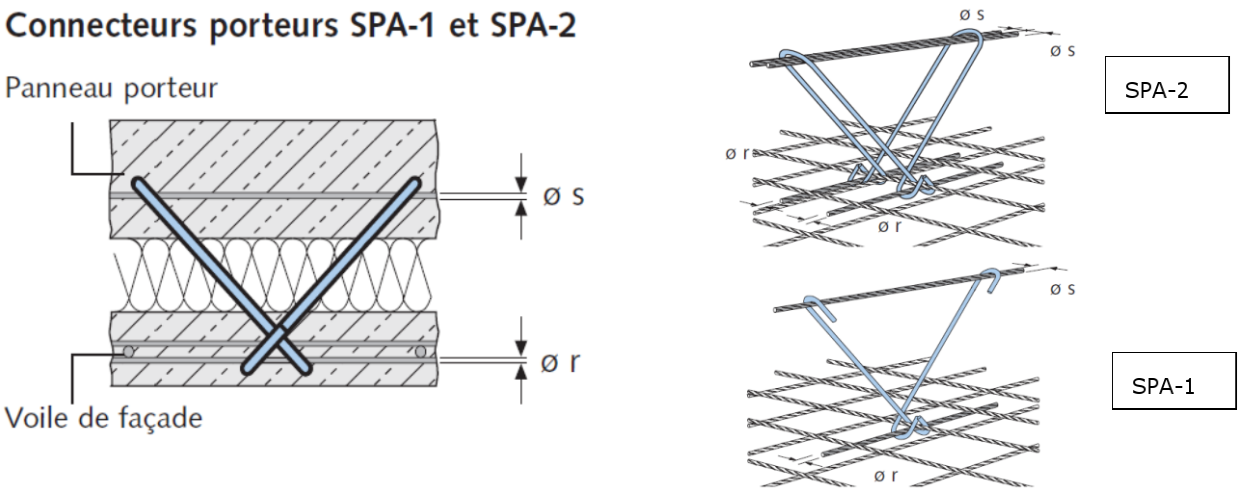


Figure 6 : Connecteurs SPA – 1 et SPA – 2

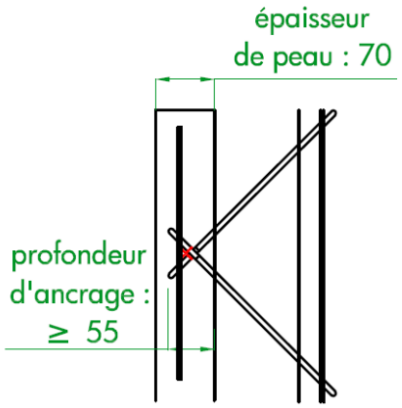


Figure 7 : Profondeur d'ancrage pour les étriers SPA-1 et SPA-2

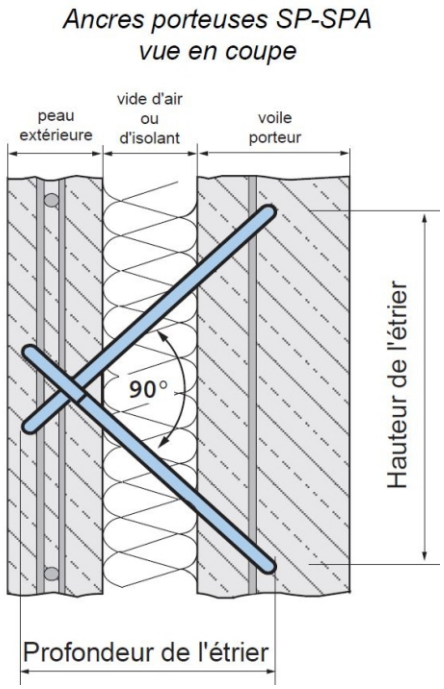


Figure 8 : Définition de la hauteur et profondeur pour les étriers SPA-1 et SPA-2 (cf. Tableaux 11 à 18)

Annexe V : Epingles de liaison

EPINGLES : ϕ3 ou ϕ4 ou ϕ5

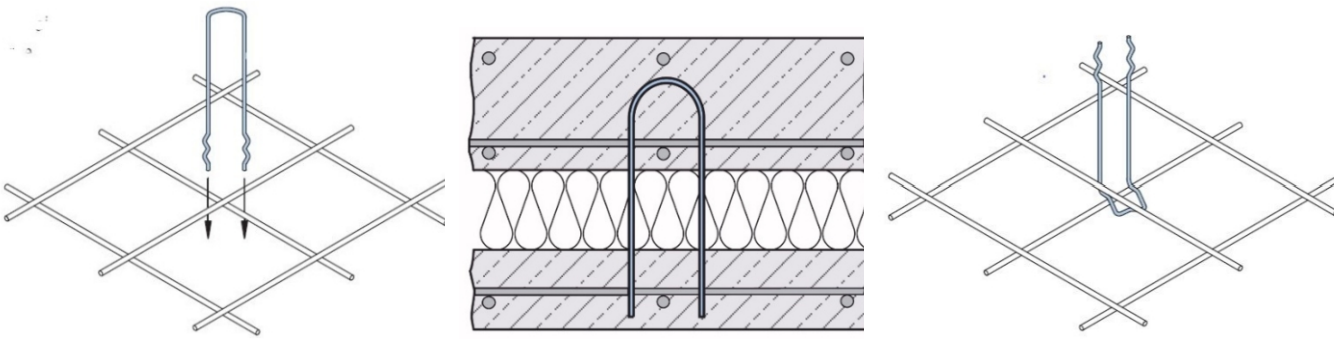
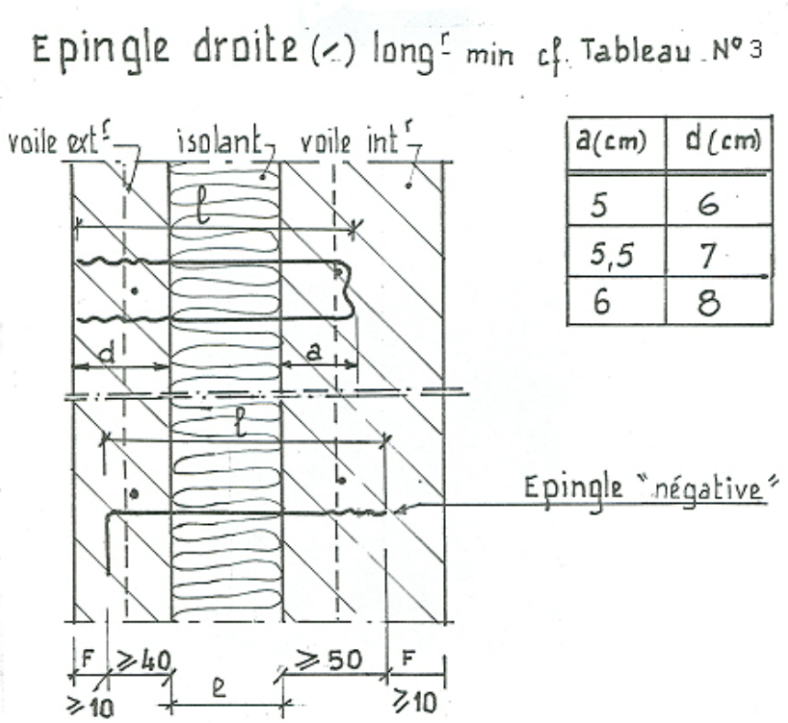


Figure 9 : Epingles SPA-N, SPA-B et SPA-A



a(cm)	d(cm)
5	6
5,5	7
6	8

Figure 10 : Longueurs d'ancrage pour les épingles SPA-N, SPA-B et SPA-A

Annexe VI : Performances mécaniques du système MVA/FA/SPA

Tableau 1 : Charges de calcul à l'ELU des cylindres d'épaisseur 1 mm (en kN)

Epaisseur d'isolant (mm)	Diamètre des cylindres (mm)									
	51	76	102	127	153	178	204	229	255	280
	Epaisseur de tôle de 1 mm									
30	**10.8**	**16.2**	**21**	**27**	**32.5**	**38**	**43**	**43**	**43**	**43**
40	**10.8**	**16.2**	**21**	**27**	**32.5**	**38**	**43**	**43**	**43**	**43**
50	**10.8**	**10.8**	**21**	**21**	**30.5**	**30.5**	**39.5**	**39.5**	**39.5**	**39.5**
60	**10.8**	**10.8**	**21**	**21**	**30.5**	**30.5**	**39.5**	**39.5**	**39.5**	**39.5**
70	**7.4**	**7.4**	**15**	**15**	**20.3**	**20.3**	**28.8**	**28.8**	**38**	**38**
80	**7.4**	**7.4**	**15**	**15**	**20.3**	**20.3**	**28.8**	**28.8**	**38**	**38**
90	**7.4**	**7.4**	**15**	**15**	**20.3**	**20.3**	**28.8**	**28.8**	**38**	**38**

NOTA : Le Tableau 1 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 60 mm.

Tableau 2 : Raideurs moyennes en cisaillement des Cylindres 1 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Diamètre (mm)									
	51	76	102	127	153	178	204	229	255	280
30	60000	60000	65625	65625	91665	91665	129685	129685	129685	129685
40	60000	60000	65625	65625	91665	91665	129685	129685	129685	129685
50	60000	60000	65625	65625	91665	91665	129685	129685	129685	129685
60	60000	60000	65625	65625	91665	91665	129685	129685	129685	129685
70	1650	1650	11462	11462	12064	12064	16612	16612	18070	18070
80	1650	1650	11462	11462	12064	12064	16612	16612	18070	18070
90	1650	1650	11462	11462	12064	12064	16612	16612	18070	18070

NOTA : Le Tableau 2 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 60 mm.

Tableau 3 : Charges de calcul à l'ELU des cylindres d'épaisseur 1,5 mm (en kN)

Ancrage minimum du cylindre dans les parois béton (mm)	Epaisseur minimale de la paroi extérieure (mm)	Epaisseur d'isolant (mm)	Diamètre des cylindres (mm)	
			255	280
			Epaisseur de tôle de 1,5 mm	
55	65	100	42,3	42,3
	65	110		
	65	120		
	65	130		
	65	140		
	65	150		
60	80	160	30,3	30,3
	80	170		
	80	180		
	80	190		
	80	200		

Tableau 4 : Raideurs moyennes en cisaillement des Cylindres 1,5 mm (en kN/m)

Ancrage minimum du cylindre dans les parois béton (mm)	Epaisseur minimale de la paroi extérieure (mm)	Epaisseur d'isolant (mm)	Diamètre des cylindres (mm)	
			255	280
			Epaisseur de tôle de 1,5 mm	
55	65	100	37393	37393
	65	110		
	65	120		
	65	130		
	65	140		
	65	150		
60	80	160	29100	29100
	80	170		
	80	180		
	80	190		
	80	200		

Tableau 5 : Charges de calcul à l'ELU des plats de 2 mm (en KN)

Epaisseur de l'isolant	**Hauteur de plats (mm)**								
	80	**120**	**160**	**200**	**240**	**280**	**320**	**360**	**400**
	Epaisseur de tôle de 2 mm								
30	14,2	22,0	29,9	37,7	45,5	52,5	59,4	66,3	73,3
40	14,2	22,0	29,9	37,7	45,5	52,5	59,4	66,3	73,3
50	14,2	22,0	29,9	37,7	45,5	52,5	59,4	66,3	73,3
60	14,2	22,0	29,9	37,7	45,5	52,5	59,4	66,3	73,3
70	13,3	20,5	27,7	34,9	42,2	48,9	55,7	62,5	69,3
80	12,4	19,0	25,6	32,2	38,8	45,4	52,0	58,7	65,3
90	11,5	17,5	23,5	29,5	35,5	41,9	48,4	54,8	61,3
100	10,6	16,0	21,4	26,7	32,1	38,4	44,7	51,0	57,3
110	9,7	14,5	19,2	24,0	28,8	34,9	41,0	47,2	53,3
120	8,8	13,0	17,1	21,3	25,4	31,4	37,4	43,4	49,3
130	7,7	11,8	15,8	19,9	24,0	29,3	34,7	40,1	45,4
140	6,7	10,6	14,6	18,6	22,5	27,3	32,0	36,8	41,5
150	5,6	9,5	13,3	17,2	21,1	25,2	29,4	33,5	37,6
160	4,5	8,3	12,1	15,9	19,6	23,2	26,7	30,2	33,7
170	3,4	7,1	10,8	14,5	18,2	21,1	24,0	26,9	29,8
180	2,3	5,9	9,6	13,2	16,8	19,1	21,4	23,6	25,9

NOTA : Le Tableau 5 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm

Tableau 6 : Raideur moyennes en cisaillement de plats d'épaisseur 2 mm (en KN/m)

Epaisseur de l'isolant	Hauteur de plats (mm)								
	80	**120**	**160**	**200**	**240**	**280**	**320**	**360**	**400**
	Epaisseur de tôle de 2 mm								
30	*32843*	*52502*	*72161*	*91820*	*111479*	*133895*	*156311*	*178727*	*201143*
40	*32843*	*52502*	*72161*	*91820*	*111479*	*133895*	*156311*	*178727*	*201143*
50	*32843*	*52502*	*72161*	*91820*	*111479*	*133895*	*156311*	*178727*	*201143*
60	32843	52502	72161	91820	111479	133895	156311	178727	201143
70	29346	47765	*51547*	*77286*	103025	123911	144797	165684	186570
80	25848	43029	*51547*	*77286*	94571	113928	133284	152640	171997
90	22350	38292	*51547*	*70176*	86117	103944	121770	139597	157423
100	18852	33555	*48258*	*62961*	77664	93960	110257	126553	142850
110	15355	28819	*42282*	*55746*	69210	83977	98743	113510	128277
120	11857	24082	36307	48531	60756	73993	87230	100467	113703
130	11355	*23150*	*34944*	*46739*	58533	71163	83792	96422	109051
140	10854	*22218*	*33582*	*44946*	56310	68332	80354	92377	104399
150	10352	21285	32219	43153	54086	65501	76916	88332	99747
160	9850	*20353*	*30857*	*41360*	51863	62671	73479	84287	95094
170	9348	*19421*	*29494*	*39567*	49640	59840	70041	80242	90442
180	8847	18489	28132	37774	47416	57010	66603	76197	85790

NOTA : Le Tableau 6 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 7 : Charges de calcul à l'ELU des plats de 3 mm (en kN) pour une épaisseur d'isolant ≤ 120 mm (en KN)

Epaisseur de l'isolant (mm)	Hauteur des plats (mm)									
	40	**80**	**120**	**160**	**200**	**240**	**280**	**320**	**360**	**400**
	Epaisseur de tôle de 3 mm									
30	3,6	3,6	7,8	18,5	18,5	18,5	34	34	34	51
40	3,6	3,6	7,8	18,5	18,5	18,5	34	34	34	51
50	1,3	1,3	7,8	9,6	11	11	20,3	26,4	26,4	31
60	1,3	1,3	7,8	9,6	11	11	20,3	26,4	26,4	31
70	1,3	1,3	3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31
80	1,3	1,3	3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31
90	1,3	1,3	3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31
100	1,3	1,3	3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31
110	1,3	1,3	1,3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31
120	1,3	1,3	1,3	9,6	9,6	9,6	20,3	20,3	20,3	31

NOTA : Le Tableau 7 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 60 mm.

Tableau 8 : Charges de calcul à l'ELU des plats de 3 mm pour une épaisseur d'isolant > 120 mm (en kN)

Epaisseur de l'isolant (mm)	Hauteur de plats (mm)								
	80	120	160	200	240	280	320	360	400
	Epaisseur de tôle de 3 mm								
130	8,6	11,1	13,6	16,1	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
140	8,6	11,1	13,6	16,1	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
150	8,6	11,1	13,6	16,1	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
160	8,6	11,1	13,6	16,1	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
170	8,2	10,8	14,2	17,2	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
180	7,7	10,8	14,8	18,3	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
190	7,3	10,8	15,4	19,4	18,6	22,5	26,3	30,2	34,0
200	6,9	11,4	16,0	20,5	25,0	29,1	33,2	37,2	41,3
210	6,4	10,7	15,0	19,3	23,6	27,4	31,3	35,2	39,1
220	6,0	10,0	14,0	18,7	22,1	25,8	29,5	33,2	37,0
230	5,6	9,3	13,1	17,8	20,6	24,2	27,7	31,2	34,8
240	5,1	8,6	12,1	16,8	19,1	22,5	25,9	29,3	32,6
250	4,7	7,9	11,2	15,9	17,7	20,9	24,1	27,3	30,5
260	4,2	7,2	10,2	13,2	16,2	19,2	22,2	25,3	28,3

NOTA : Le Tableau 8 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 9 : Raideurs moyennes en cisaillement des plats d'épaisseur 3 mm, pour une épaisseur d'isolant ≤ 120 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des plats (mm)				
	240	280	320	360	400
30	28703	28703	28703	28703	55679
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					

NOTA : Le Tableau 9 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 60 mm.

Tableau 10 : Raideur moyennes en cisaillement de plats d'épaisseur 3 mm, pour une épaisseur d'isolant > 120 mm (en KN/m)

Epaisseur de l'isolant	Hauteur de plats (mm)								
	80	120	160	200	240	280	320	360	400
	Epaisseur de tôle de 3 mm								
130	*10241*	*26084*	*41927*	*57771*	*73614*	*84974*	*96335*	*107695*	*119056*
140	*10241*	*26084*	*41927*	*57771*	*73614*	*84974*	*96335*	*107695*	*119056*
150	*10241*	*26084*	*41927*	*57771*	*73614*	*84974*	*96335*	*107695*	*119056*
160	10241	26084	41927	57771	73614	84974	96335	107695	119056
170	9824	23849	*33047*	*49486*	65924	76833	87741	98650	109559
180	9407	21614	*33047*	*46028*	58235	68691	79148	89605	100061
190	8991	19379	*29768*	*40157*	50545	60550	70555	80559	90564
200	8574	17144	25715	34285	42856	52409	61961	71514	81067
210	8373	16459	24546	32633	40719	50025	59332	68638	77944
220	8172	15774	23377	31806	38582	47642	56702	65762	74821
230	7971	15089	22208	30566	36445	45259	54072	62885	71699
240	7770	14404	21039	29327	34308	42875	51442	60009	68576
250	7569	13719	19870	28087	32172	40492	48813	57133	65454
260	7368	13034	18701	24368	30035	38109	46183	54257	62331

NOTA : Le Tableau 10 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 11 : Charges de calcul à l'ELU des étriers SPA-1 de diamètre 7 mm (en kN)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)						
	340	380	420	460	500	540	580
	Profondeur (mm)						
	200	220	240	260	280	300	320
30	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
40	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
50	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
60	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
70	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
80	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
90				13,7	13,7	13,7	13,7
100				13,7	13,7	13,7	13,7
110				13,7	13,7	13,7	13,7
120				13,7	13,7	13,7	13,7
130				13,7	13,7	13,7	13,7
140				13,7	13,7	13,7	13,7
150							5,0
160							5,0
170							5,0
180							5,0
190							5,0
200							5,0

NOTA : Le Tableau 11 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 12 : Charges de calcul à l'ELU des étriers SPA-1 de diamètre 9 mm (en kN)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)							
	260	300	340	380	420	460	500	540
	Profondeur (mm)							
	280	300	320	340	360	380	400	420
100	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
110	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
120	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
130	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
140	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
150	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
160	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
170					12,0	12,0	12,0	12,0
180					12,0	12,0	12,0	12,0
190					12,0	12,0	12,0	12,0
200					12,0	12,0	12,0	12,0
210					12,0	12,0	12,0	12,0
220					12,0	12,0	12,0	12,0
230					12,0	12,0	12,0	12,0
240								8,7
250								8,7
260								8,7
270								8,7
280								8,7
290								8,7
300								8,7

NOTA : Le Tableau 12 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70.

Tableau 13 : Raideurs moyennes en cisaillement des étriers SPA-1 de diamètre 7 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)						
	340	380	420	460	500	540	580
	Profondeur (mm)						
	200	220	240	260	280	300	320
30	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
40	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
50	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
60	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
70	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
80	52565	52565	52565	52565	52565	52565	52565
90				27685	27685	27685	27685
100				27685	27685	27685	27685
110				27685	27685	27685	27685
120				27685	27685	27685	27685
130				27685	27685	27685	27685
140				27685	27685	27685	27685
150							19800
160							19800
170							19800
180							19800
190							19800
200							19800

NOTA : Le Tableau 13 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 14 : Raideurs moyennes en cisaillement des étriers SPA-1 de diamètre 9 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)							
	260	300	340	380	420	460	500	540
	Profondeur (mm)							
	280	300	320	340	360	380	400	420
100	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
110	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
120	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
130	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
140	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
150	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
160	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107	8107
170					6254	6254	6254	6254
180					6254	6254	6254	6254
190					6254	6254	6254	6254
200					6254	6254	6254	6254
210					6254	6254	6254	6254
220					6254	6254	6254	6254
230					6254	6254	6254	6254
240								2263
250								2263
260								2263
270								2263
280								2263
290								2263
300								2263

NOTA : Le Tableau 14 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 15 : Charges de calcul à l'ELU des étriers SPA-2 de diamètre 7 mm (en kN)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)						
	340	380	420	460	500	540	580
	Profondeur (mm)						
	200	220	240	260	280	300	320
30	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
40	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
50	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
60	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
70	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
80	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
90				20,2	20,2	20,2	20,2
100				20,2	20,2	20,2	20,2
110				20,2	20,2	20,2	20,2
120				20,2	20,2	20,2	20,2
130				20,2	20,2	20,2	20,2
140				20,2	20,2	20,2	20,2
150							10,8
160							10,8
170							10,8
180							10,8
190							10,8
200							10,8

NOTA : Le Tableau 15 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 16 : Charges de calcul à l'ELU des étriers SPA-2 de diamètre 9 mm (en kN)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)							
	260	300	340	380	420	460	500	540
	Profondeur (mm)							
	280	300	320	340	360	380	400	420
100	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
110	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
120	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
130	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
140	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
150	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
160	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
170					19,3	19,3	19,3	19,3
180					19,3	19,3	19,3	19,3
190					19,3	19,3	19,3	19,3
200					19,3	19,3	19,3	19,3
210					19,3	19,3	19,3	19,3
220					19,3	19,3	19,3	19,3
230					19,3	19,3	19,3	19,3
240								8,2
250								8,2
260								8,2
270								8,2
280								8,2
290								8,2
300								8,2

NOTA : Le Tableau 16 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 17 : Raideurs moyennes en cisaillement des étriers SPA-2 de diamètre 7 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)						
	340	380	420	460	500	540	580
	Profondeur (mm)						
	200	220	240	260	280	300	320
30	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
40	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
50	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
60	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
70	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
80	76957	76957	76957	76957	76957	76957	76957
90				42988	42988	42988	42988
100				42988	42988	42988	42988
110				42988	42988	42988	42988
120				42988	42988	42988	42988
130				42988	42988	42988	42988
140				42988	42988	42988	42988
150							30879
160							30879
170							30879
180							30879
190							30879
200							30879

NOTA : Le Tableau 17 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70 mm.

Tableau 18 : Raideurs moyennes en cisaillement des étriers SPA-2 de diamètre 9 mm (en kN/m)

Epaisseur d'isolant (mm)	Hauteur des étriers (mm)							
	260	300	340	380	420	460	500	540
	Profondeur (mm)							
	280	300	320	340	360	380	400	420
100	581	581	581	581	581	581	581	581
110	581	581	581	581	581	581	581	581
120	581	581	581	581	581	581	581	581
130	581	581	581	581	581	581	581	581
140	581	581	581	581	581	581	581	581
150	581	581	581	581	581	581	581	581
160	581	581	581	581	581	581	581	581
170					10515	10515	10515	10515
180					10515	10515	10515	10515
190					10515	10515	10515	10515
200					10515	10515	10515	10515
210					10515	10515	10515	10515
220					10515	10515	10515	10515
230					10515	10515	10515	10515
240								8619
250								8619
260								8619
270								8619
280								8619
290								8619
300								8619

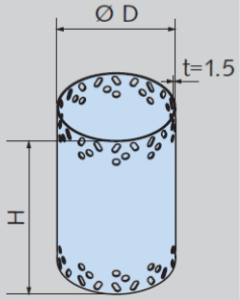
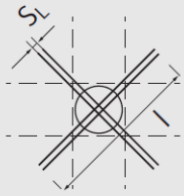
NOTA : Le Tableau 18 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70.

Tableau 19 : Epaisseur minimale de la paroi extérieure en fonction du composant et de l'épaisseur d'isolant

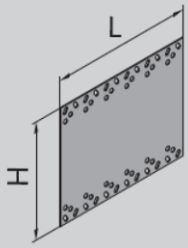
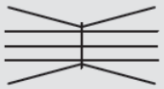
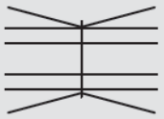
Composant	Epaisseur de la tôle ou barre	Epaisseur d'Isolant		Epaisseur minimale de la paroi extérieure
		Min	Max	
Cylindre SP-MVA	1mm	30mm	90mm	**60 mm**
	1,5 mm	100 mm	150 mm	**65 mm**
		160 mm	200 mm	**80 mm**
Plat SP-FA	2 mm	30 mm	180 mm	**70 mm**
	3 mm	30 mm	120 mm	**60 mm**
		130 mm	260 mm	**70 mm**
SP-SPA 1	7 mm	30 mm	200 mm	**70 mm**
	9mm	100 mm	300 mm	**70 mm**
SP-SPA 2	7 mm	30 mm	200 mm	**70 mm**
	9mm	100 mm	300 mm	**70 mm**

Tableau 20 : Section en mm² du ferraillage complémentaire de renfort des voiles

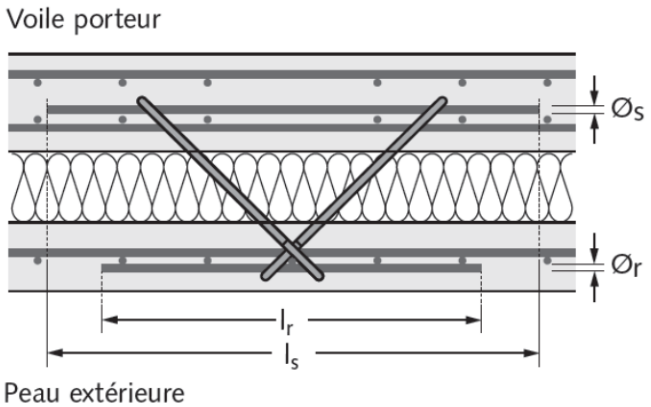
Système SP-MVA

Armatures supplémentaires				
Cylindre de connexion	Ø D [mm]		Symbole	Armature de renfort HA Fe 500
	51 76 102			2 × 2 Ø 6 mm l = 500 mm
	127 153 178	S_L = 40 mm		2 × 4 Ø 6 mm l = 700 mm Nécessite une armature de renfort supplémentaire : 2 × 4 Ø 8 mm l = 700 mm au croisement dans la partie découpée de la nappe d'armatures de structure.
	204 229 255 280	S_L = 80 mm		

Système SP-FA

Armature supplémentaire			
Plat de liaison FA	Longueur L [mm]	Symbole	Barres d'ancrage B 500 A, B 500 B ②
	80		2 × 4 Ø 6 mm l = 400 mm
	120		2 × 5 Ø 6 mm l = 400 mm
	160,200,240,280		2 × 6 Ø 6 mm l = 400 mm
	320,360,400		2 × 7 Ø 6 mm l = 400 mm
② Il faut vérifier à l'aide de la classe d'exposition, si l'utilisation d'une armature d'ancrage en acier inoxydable n'est pas nécessaire.			

Système SP-SPA



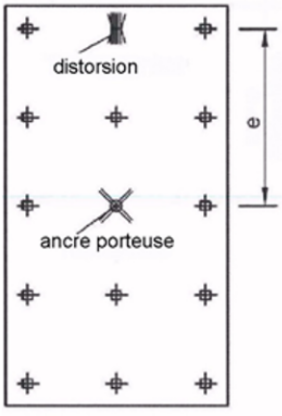
Armature supplémentaire		
Type	SPA-1-07	SPA-1-09
r	1 Ø 8 l = 450	1 Ø 8 l = 700
s	1 Ø 8 l = 700	1 Ø 10 l = 700 ①
Type	SPA-2-07	SPA-2-09
r	2 Ø 8 l = 450	2 Ø 8 l = 700
s	2 Ø 8 l = 700	2 Ø 10 l = 700 ①
Toutes les dimensions en [mm] ① pour L > 500 mm l = 900 mm pour L > 800 mm l = 1100 mm.		

Tableau 21 : Distance maximale « s » en mètres entre l'ancrage principal (cylindre, plats et étriers) et les épingles de liaison

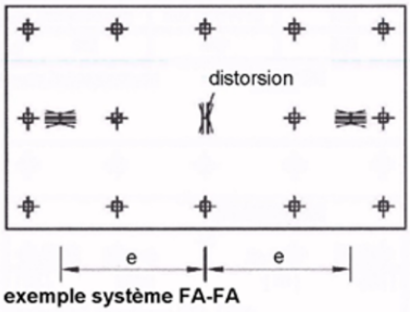
Epaisseur d'isolant "e" (mm)	Distance maxi "s" (en mètre) entre ancrages pricipaux et épingles de liaison						Longueur minimum des épingles (mm)
	Epingle Ø 3 mm		Epingle Ø 4 mm		Epingle Ø 5 mm		
	façade		façade		façade		
	claire	foncée	claire	foncée	claire	foncée	
30	1,7	1,6	1,3	1,3			160
40	2,7	2,6	2,1	2,0			
50	4,0	3,8	3,1	2,9	2,6	2,6	
60	5,6	5,3	4,2	4,0	3,6	3,4	200
70	6,2		5,6	5,3	4,7	4,4	
80			7,1	6,7	5,9	5,6	230
90			8,8	8,3	7,3	6,9	
100			10,7	10,1	8,9	8,4	250
110			12,8	12,1	10,5	10,0	
120			15,0	14,2	12,4	11,7	270
130			17,5	16,5	14,4	13,6	
140			20,1	19,0	16,5	15,1	290
150			22,9	21,6	18,8	17,7	
160			22,9	21,6	18,8	17,7	310
170			22,9	21,6	18,8	17,7	
180			22,9	21,6	18,8	17,7	330
190			22,9	21,6	18,8	17,7	
200			22,9	21,6	18,8	17,7	340

NOTA : Pour une paroi extérieure de 6 cm, l'épaisseur d'isolant « e » est limitée à 90 mm pour les cylindres et à 120 mm pour les plats.

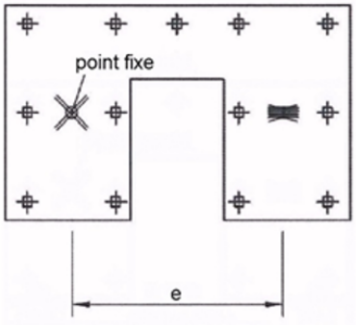
Tableau 22 : Distance maximale « emax » en mètres entre l'ancrage principal (cylindre et plat) et l'ancrage anti-couple



exemple système MVA



exemple système FA-FA



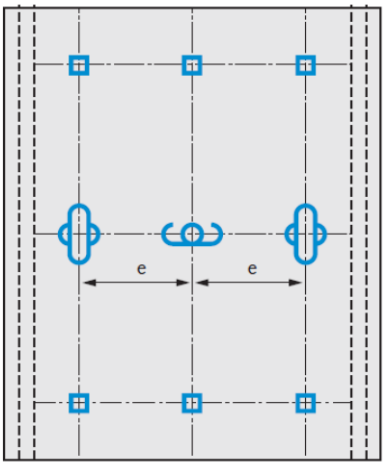
exemple système MVA-FA



Isolant (mm)	e_{max} (m)	
	FA-2	FA-3
30	1,18	1,01
40	1,98	1,65
50	2,98	2,44
60	4,18	3,39
70	5,59	4,49
80	5,49	5,75
90	5,16	7,17
100	4,62	8,41
120	5,51	8,24
140	6,40	7,50
160	7,29	7,38
180	8,18	8,27
200	9,07	9,16
≥ 230	10,00	10,00

Tableau 23 : Distance maximale « emax » en cm entre l'ancrage principal de type étrier SP-SPA et l'ancrage anti-couple

Exemple système SPA



SP-SPA Ø7

Isolant [cm]	e_{max} [cm]
4	62
5	90
6	123
7	161
8	204
9	252
10	306
11	264
12	428
13	497
14	571
15	650
16	734
17	823
18	918
19	1000
20	1000

SP-SPA Ø9

Isolant [cm]	e_{max} [cm]
6	62
7	90
8	123
9	161
10	204
11	252
12	306
13	264
14	428
15	497
16	571
17	650
18	734
19	823
20	918
21	1000
22	1000
23	1000
24	1000
25	1000
26	1000
27	1000
28	1000
29	1000

Tableau 24 : Domaine d'utilisation des épingles droites de liaison

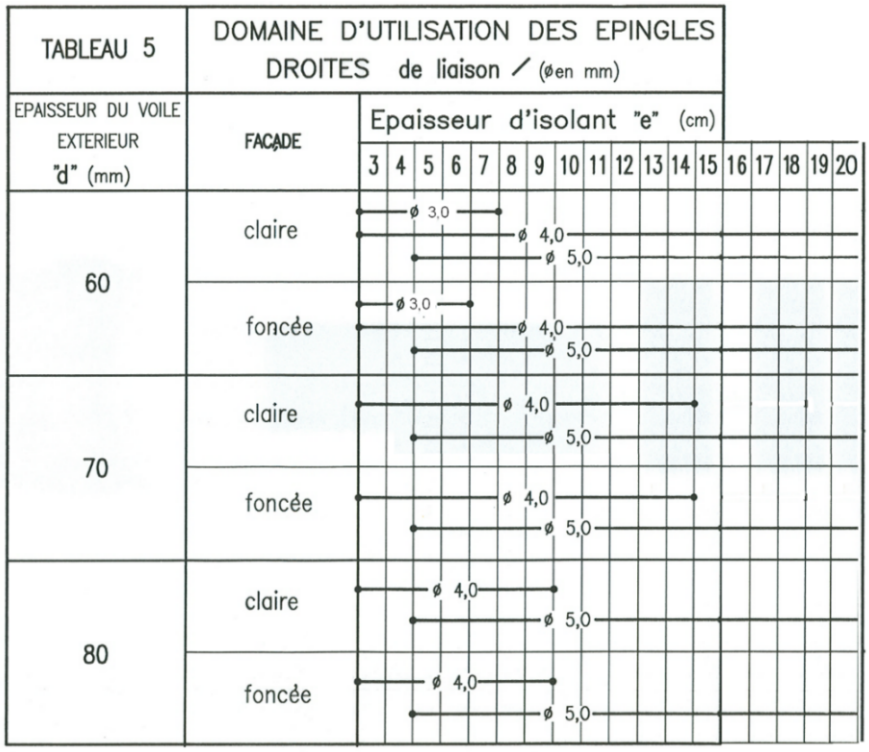
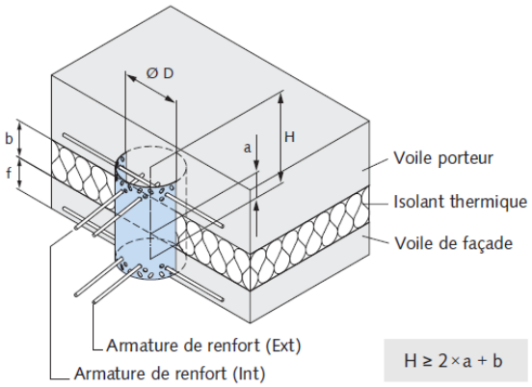


Tableau 25 : Profondeur minimale d'ancrage et choix de la hauteur du connecteur en fonction de l'épaisseur de la peau extérieure et de l'isolant

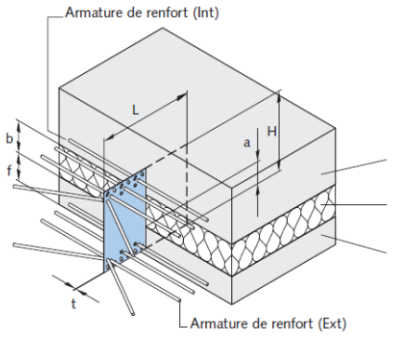
L'épaisseur minimale de la paroi extérieure devra être compatible avec les informations données dans le Tableau 19



$H \geq 2 \times a + b$

Profondeur minimale d'ancrage **a** (mm)			
f (mm)	**b** (mm)		
	30 - 90	100 - 150	160 - 200
60	55		
70	55	60	
80	60	65	65
90 - 120	60	70	70

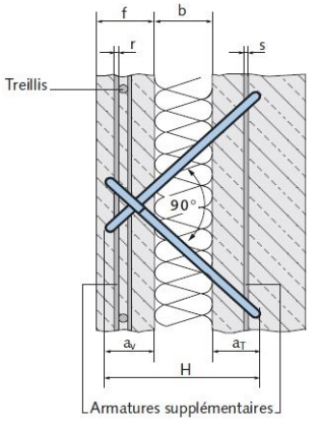
Hauteur du connecteur **H** (mm)																		
f (mm)	**b** (mm)																	
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
60	150	150	175	175	200	200	200											
70	150	150	175	175	200	200	200	225	260	260	260	260	280					
80	150	175	175	200	200	200	225	260	260	260	260	280	280	300	300	325	325	350
90 - 120	150	175	175	200	200	200	225	260	260	260	280	280	300	300	325	325	350	350



$H \geq 2 \times a + b$

Profondeur minimale d'ancrage **a** (mm)	
f (mm)	**b** (mm)
	30 - 260
60 - 120	55

Hauteur de plat **H** (mm)																									
f (mm)	**b** (mm)																								
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
60 - 120	150	150	175	175	200	200	200	225	225	260	260	260	260	280	280	300	300	325	325	350	350	350	375	375



Profondeur minimale d'ancrage a et choix de la hauteur du connecteur H :		
Type	Désignation	
	SP-SPA-1-07 SP-SPA-2-07	SP-SPA-1-09 SP-SPA-2-09
Ø	6.5	8.5
b	40–150	60–250
a_v	≥ 55	≥ 55
a_T	≥ 55	≥ 55
H	a_v+b+a_T	a_v+b+a_T
f	≥ 70	≥ 70
Toutes les dimensions sont en [mm]		

Tableau 26 : Charges de calcul à l'ELU des épingles.

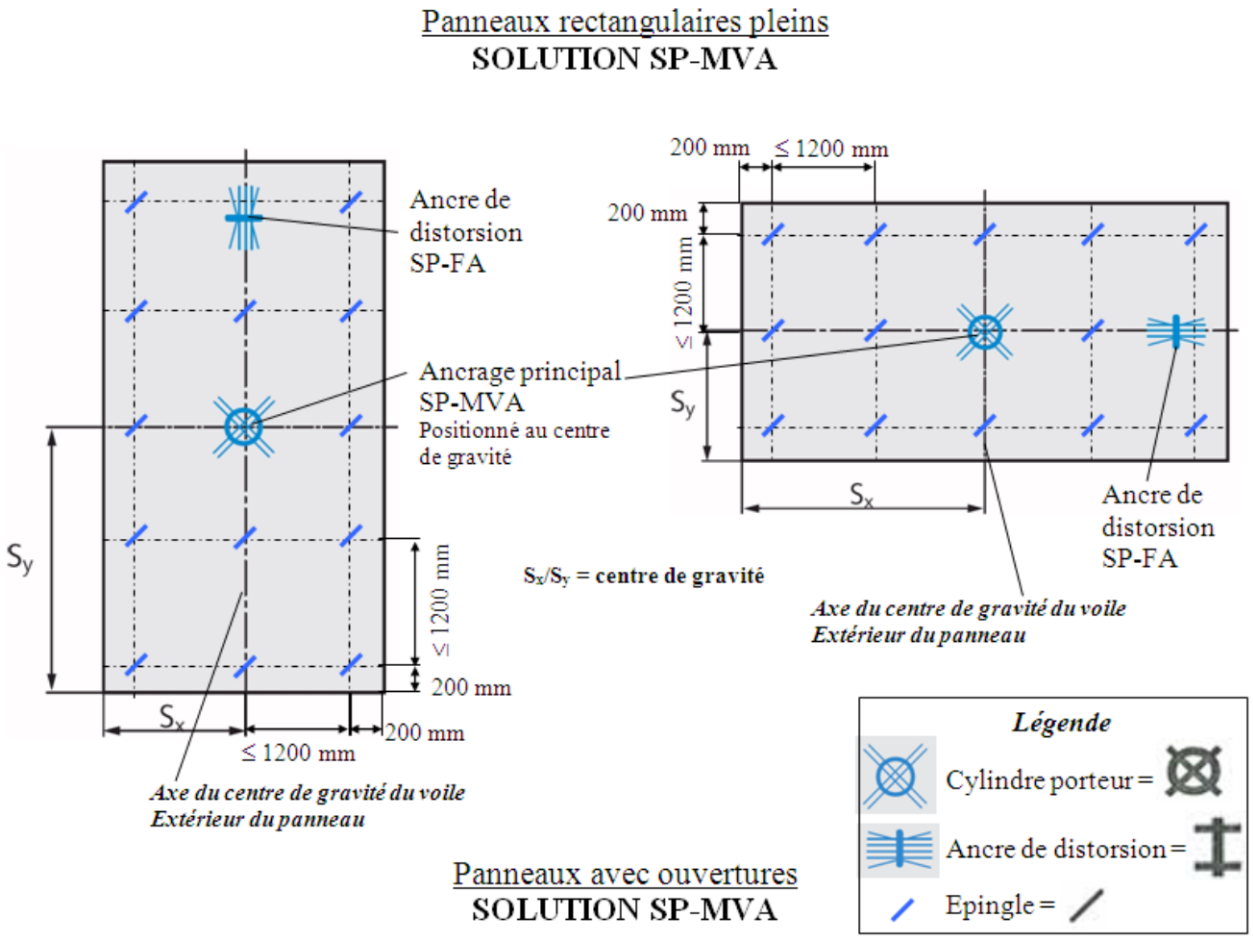
Panneau ou MCII faisant l'objet d'une certification

Diamètre ϕ	***Résistance N_{Rd} en KN***
3 mm	***3,2***
4 mm	***4,7***
5 mm	***5,47***

Panneau ou MCII ne faisant pas l'objet d'une certification

Diamètre ϕ	***Résistance N_{Rd} en KN***
3 mm	***2,89***
4 mm	***4,22***
5 mm	***4,92***

Annexe VII : Principes d'implantation



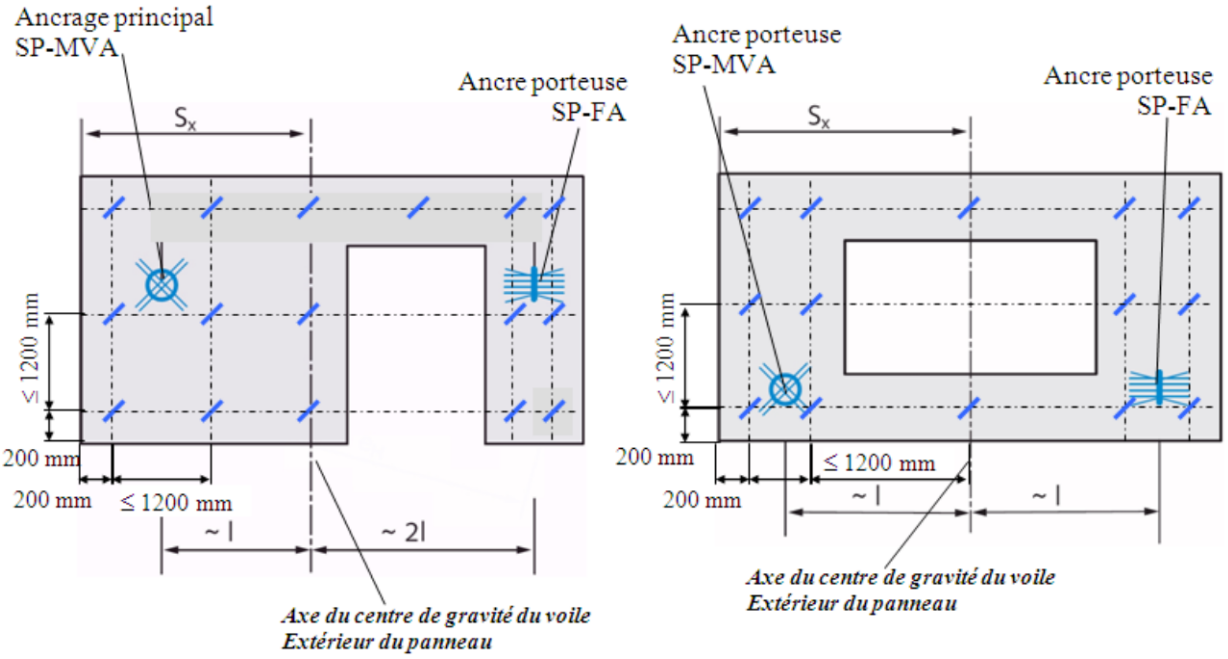
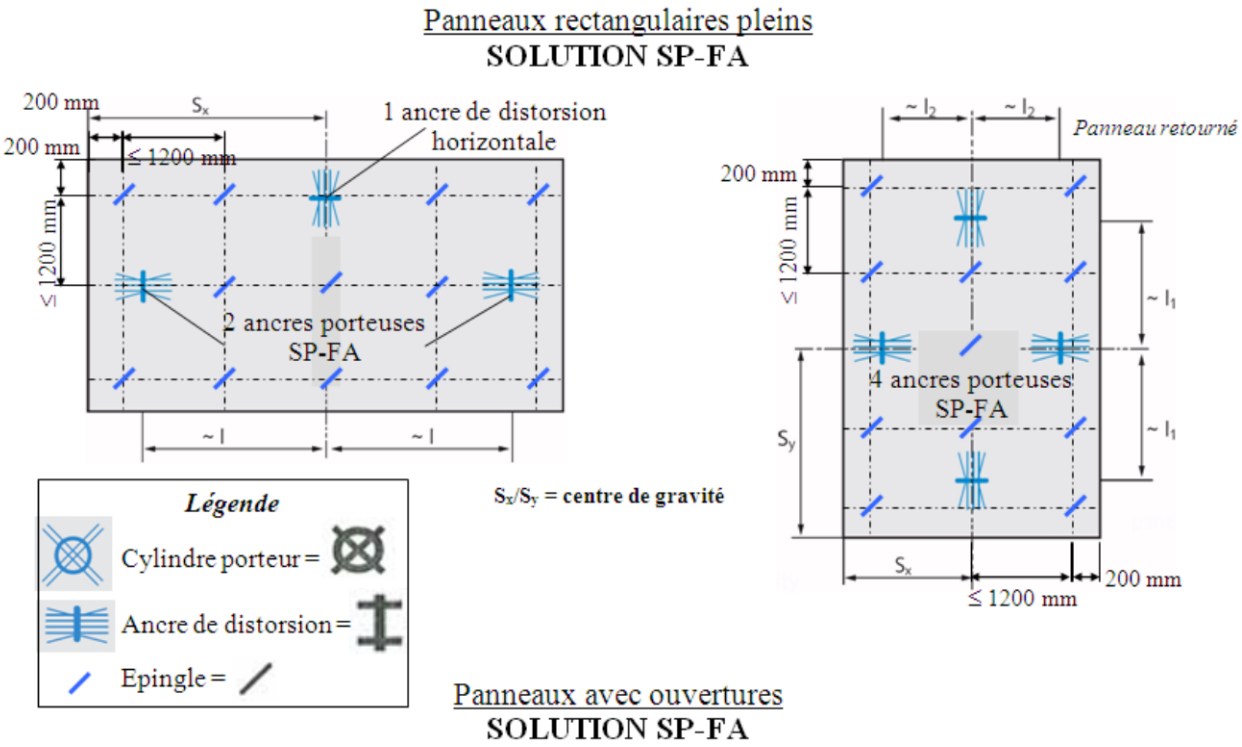


Figure 10 : Solution avec cylindre d'ancrage principal SP-MVA



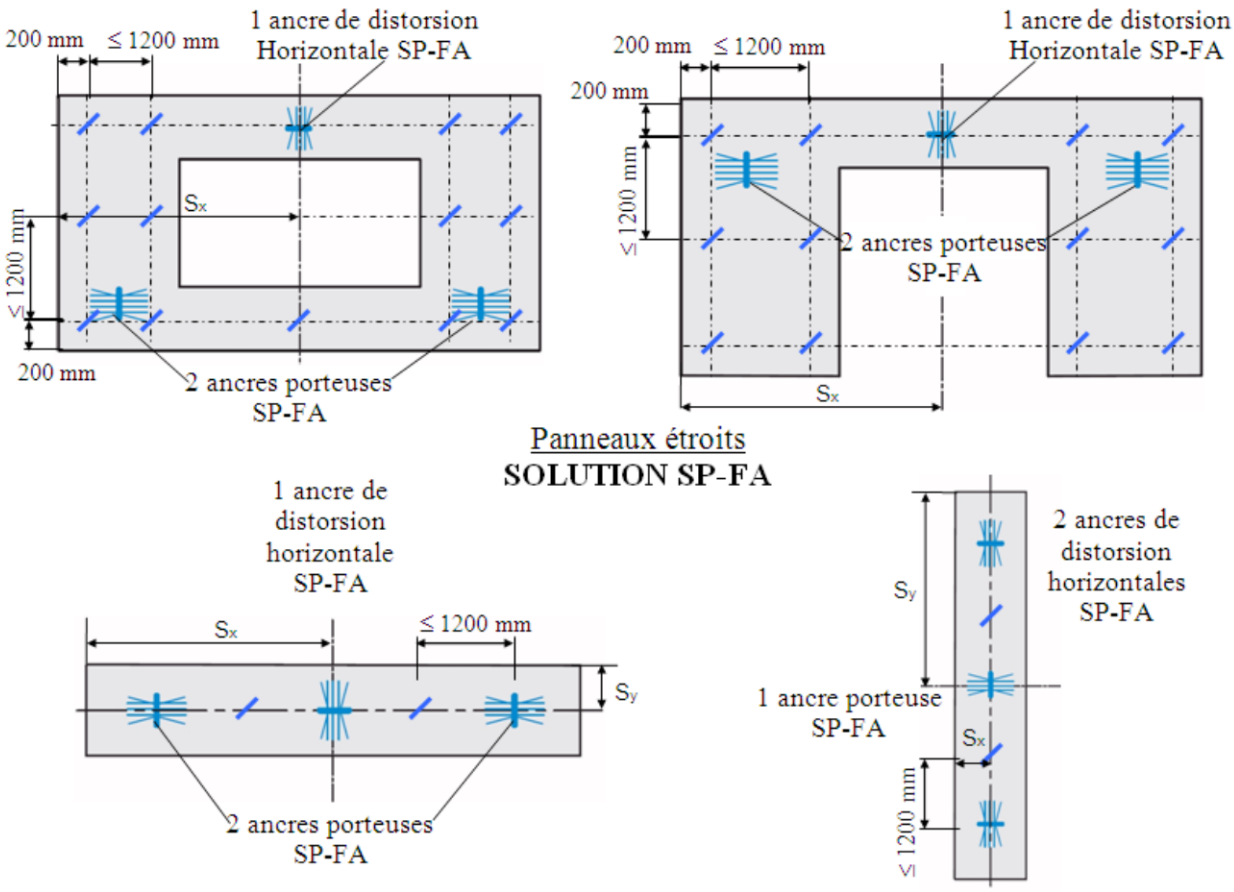


Figure 11 : Solution avec plat d'ancrage principal SP-FA

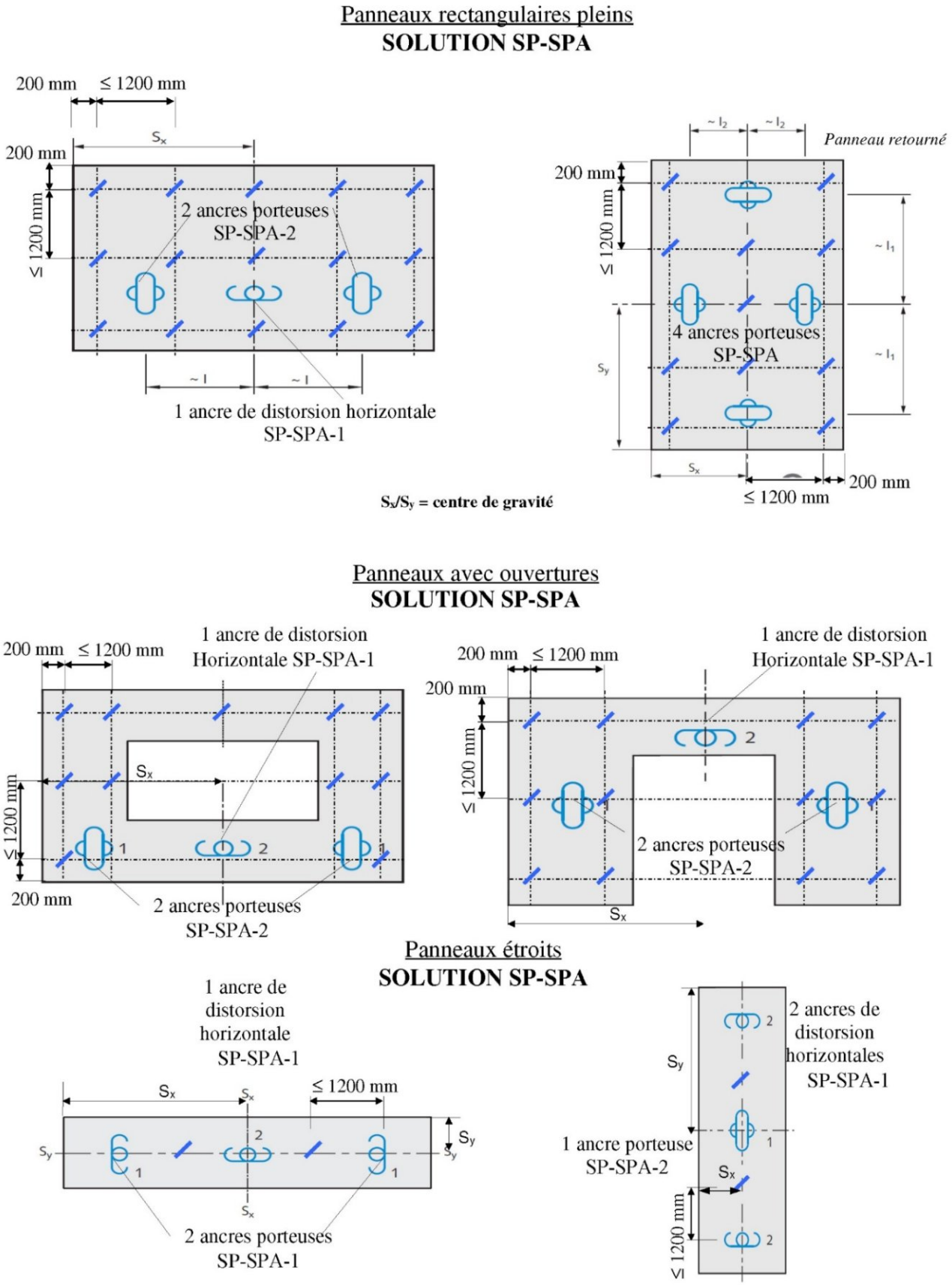


Figure 12 : Solution avec étrier d'ancrage principal SP-SPA

Annexe VIII : Détails de mise en œuvre

Les aciers de renfort sont insérés au travers des trous ronds au bas du cylindre et placés parallèlement de préférence sous la nappe d'acier du treillis inférieur.

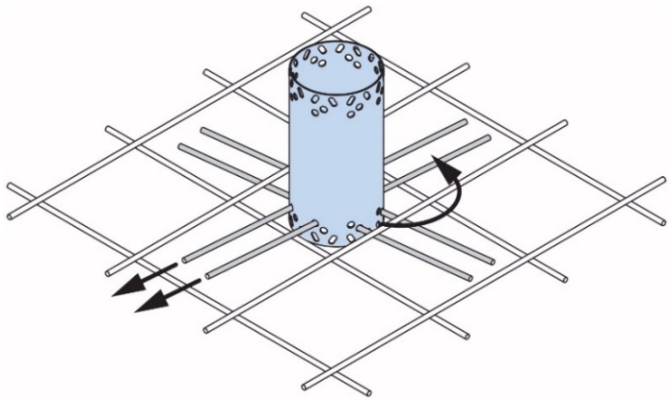


Figure 13 : Cylindre SP-MVA

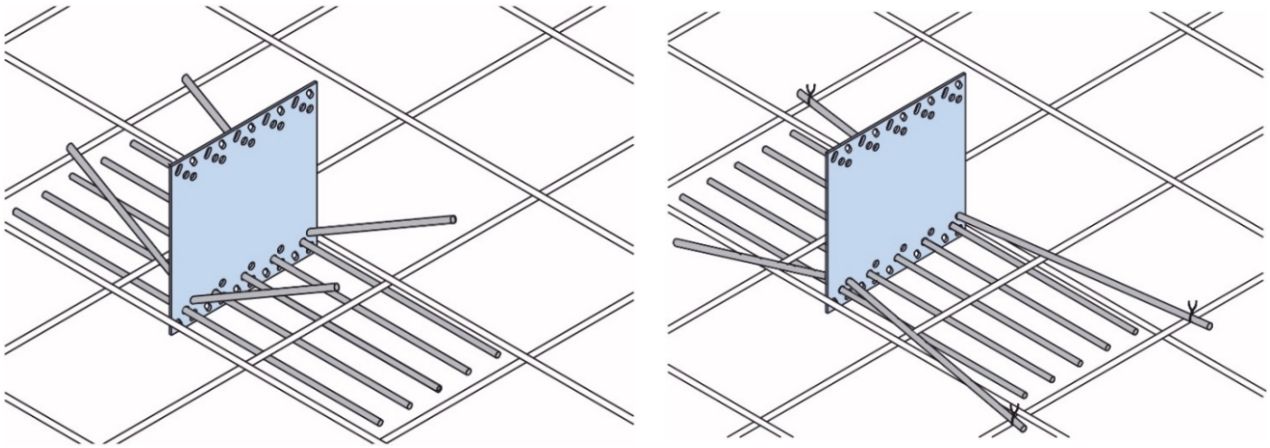
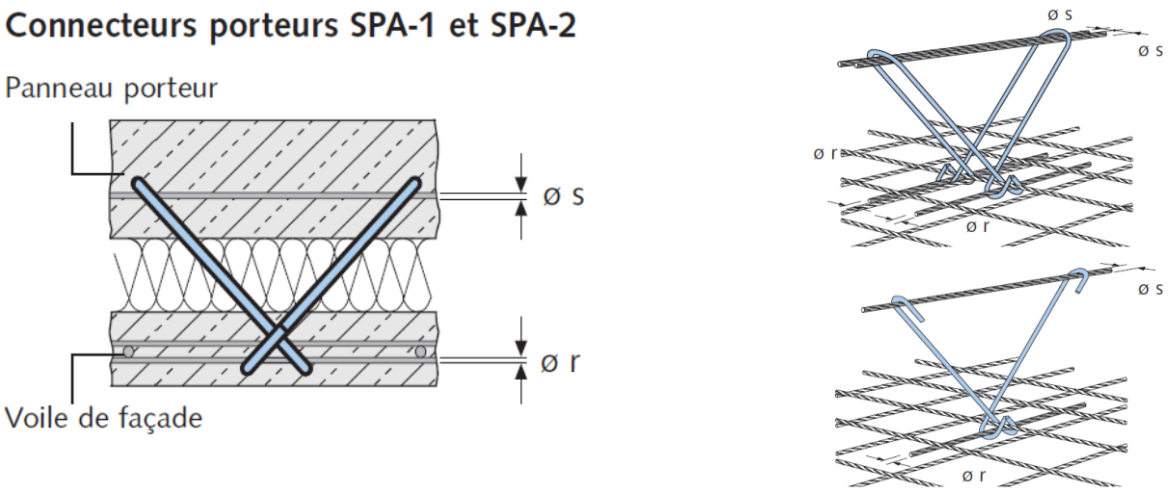


Figure 14 : Plat SP-FA

Les étriers SPA-N sont des épingles en forme de "U" de diamètres 3,0 ; 4,0 ou 5,0 mm.

L'épingle doit être enfoncée au travers de l'isolant jusque dans le béton non encore durci de la peau extérieure, d'une profondeur d'au moins 55 mm.



- Placer le connecteur porteur sur la nappe d'acier et l'ancrer avec une ou deux barres d'armatures de renfort positionnées en dessous de la nappe d'acier.
- Couler le béton de la peau extérieure, installer l'isolant et disposer la nappe basse d'armature du voile porteur.
- Fixer les barres d'armatures de renfort suivant le type de connecteur à l'intérieur des boucles supérieures du connecteur.

Figure 15 : Connecteurs SP-SPA

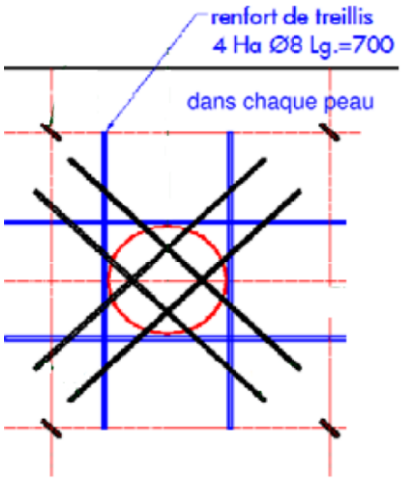


Figure 16 : Principe de renforcement du ferraillage au droit des cylindres MVA de diamètre ≥ 127 mm :