

Avis Technique 3.2 / 13-738_V3

Annule et remplace l'Avis Technique 3.2 / 13-738_V2

*Dispositif d'accrochage
pour voile extérieur
librement dilatable
Point hanging device for
freely expanding panel*

SP-MVA / SP-FA / SP-SPA

Titulaire : HALFEN
18 Rue Goubet
FR-75959 Paris Cedex 19

Tél. : 33 (0) 1 44 52 31 00
Fax : + 33 (0) 1 44 52 31 52

Groupe Spécialisé n°3.2

Murs et accessoires de mur

Publié le 2 mars 2020



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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

Le Groupe Spécialisé n° 3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 26 septembre 2019 le procédé de dispositif d'accrochage de paroi extérieure librement dilatable MVA/FA/SPA exploité par la société HALFEN. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3.2/13-738_V2. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Dispositif d'accrochage de paroi extérieure de panneaux sandwichs lourds ou de murs à coffrage et isolation intégrés à voile extérieure 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.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Dispositifs d'accrochage destinés à des panneaux sandwichs lourds et des murs à coffrage et isolation intégrés à voile extérieure 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 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.

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

2.2 Appréciation sur le procédé

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

2.211 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).

2.212 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 au § 2.311 des Prescriptions Techniques.

2.213 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.

2.214 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.

2.211 Données environnementales

Le procédé MVA/FA/SPA 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.

2.212 Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci.

Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

2.22 Durabilité - Entretien

La 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.

2.23 Fabrication 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.

2.24 Mise en œuvre du dispositif

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.

2.25 Divers

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 Prescriptions Techniques

2.31 Prescriptions techniques particulières au dispositif d'accrochage ponctuel MVA/FA/SPA

2.311 Conditions de conception des ouvrages

- 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.
- En tant 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 est présentée sur le Tableau 19, Annexe VI du Dossier Technique.
- Le béton des panneaux doit être exempt de composé chloré.
- Les charges de calcul à l'ELU sur les ancrages, définies dans le Dossier technique, 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 $\sqrt{f_{ck} / f_{ck\text{ réf C30/37}}}$ les charges de calcul à l'ELU définies dans le Dossier Techniques.
- 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.
- 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.
- En situation normale (hors sismique), la répartition des sollicitations sur les ancrages (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'ancrage 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 ancre en considérant un fonctionnement en poutre sur 2 appuis de la paroi extérieure.
- 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
- 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 démolage 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 démolage), 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 fretage 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 positionnées 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.

2.312 Prescriptions en zone sismique

- 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) 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 et 16) par application à cette dernière d'un coefficient au moins égal à 1,35.
- A défaut d'essais dynamiques, les épingles (SPA-A, SPA-B et SPA-N) doivent être dimensionnées à partir de la charge de calcul en situation sismique indiquée dans l'Annexe VI du Dossier Technique (Tableau 27).
- 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.

2.313 Conditions de fabrication des pièces

La fabrication des pièces métalliques constituant ce dispositif doit faire l'objet d'un autocontrôle permanent tel que spécifié au paragraphe §6 du Dossier Technique, avec une attention particulière sur la qualité des soudures des cylindres.

2.314 Conditions de stockage et de transport

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.

2.315 Conditions de mise en œuvre

Les dispositions définies lors de la conception des panneaux doivent être strictement appliquées, notamment celles concernant le nombre et la dimension des barres d'ancrage des cylindres et des plats ainsi que leur positionnement.

Effectuée en usine, la mise en œuvre ne présente pas de difficulté particulière.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 30 Juin 2026.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

- Utilisation des plats SP-FA (épaisseur de 2mm et 3 mm) comme éléments d'ancrage principal et dispositifs « anti-couple » : épaisseurs d'isolant visées variant entre 30 et 260 mm ;
- Utilisation des étriers SP-SPA-1 et SP-SPA-2 (Ø 7 et 9mm) comme éléments d'ancrage principal et dispositifs « anti-couple » : épaisseurs d'isolant visées variant entre 30 et 300 mm.

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.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3.2

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description et 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 épingle 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.

2. Domaine d'emploi

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 pour les étriers SP-SPA 1 & 2.

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

Utilisation en France métropolitaine.

3. Eléments 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.

4. 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 épingle 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.

4.1 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.

4.2 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 format : 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,

4.3 Epingle

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 épingle 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 épingle 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 démolage du panneau, les épingle 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 épingle 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.

4.4 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 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 (les excentrement 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'ancrage 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.

5. Dispositions des éléments dans les panneaux

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 $\emptyset 8$ 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.

6. Fabrication

Les différents éléments d'ancrage sont fabriqués sous la responsabilité de HALFEN dans les différentes usines de fabrication appartenant au groupe industriel HALFEN, 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 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.

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 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 garantissant la traçabilité des pièces produites. Des certificats de conformité NF EN 10204-2.1/2.2 peuvent être fournis par HALFEN à la demande.

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

7. Assistance technique

L'implantation et le dimensionnement du dispositif d'accrochage ponctuel est systématiquement réalisé par la société HALFEN 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.

B. Résultats expérimentaux

B.1. Structure

B.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 $\Phi 2,8$.

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.

B.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 ancrs dans cette paroi est 55 mm dans tous les cas.

B.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.

C. Références

C.1 Données environnementales ¹

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.

C.2 Liste de références chantiers

Ci-dessous quelques références de chantiers réalisés depuis la dernière révision de l'Avis Technique du procédé MVA/SP/SPA en 2013.

ANNEE AFF	PROJET
2019	
12/04/2019	Complexe sportif Robert Deldicque - WORMHOUT
12/04/2019	CODAH - Communauté de l'Agglomération Havraise - LE HAVRE
07/03/2019	RHENUS LOGISTICS STRASBOURG
04/02/2019	LES JARDINS D'ORANE - Village-Neuf (68)
2018	
16/11/2018	Poste ENEDIS de Fondamante
31/10/2018	bâtiment Grand Froid SANOFI - 76580 Le Trait
14/03/2018	ECA ERO à TOULOUSE
21/02/2018	local gardien - PFAFFENHEIM
06/02/2018	longrines - CERP Venelles (13)
2017	
25/10/2017	Musée de la Picardie - Amiens
05/09/2017	LE TWINS - SCHILTIGHEIM (67)
28/08/2017	SCI BELLEGRAVE - Centre Médical - 33 PESSAC
19/05/2017	ARENE - Nantes
10/05/2017	Tour INNOVA Bordeaux
09/03/2017	CASRA Grenoble
23/01/2017	Notre Dame des Anges - BELFORT
03/01/2017	ECO QUARTIER Sainte-Bazille
2016	
29/11/2016	SCI Maggie - Toulouse
16/09/2016	ELIS AIX-LES-BAINS
30/08/2016	CAF à Evreux
20/07/2016	ZAC DANUBE - STRASBOURG
12/05/2016	LE SOPRANO - CONSTRUCTION DE BUREAUX
08/02/2016	SCCV CHARTREUX - LE PETIT QUEVILLY

2015	
02/12/2015	EDF - bâtiment industriel - St. DIZIER
07/10/2015	AZIYADE - CROUS LA ROCHELLE
08/09/2015	Gymnase de VINAY
07/09/2015	École Centrale Paris
31/08/2015	Magasin LIDL à Thouars
05/06/2015	Longrines _ Decathlon St Dizier
03/04/2015	HÔPITAL DE CARENTAN
27/02/2015	CHAIS à Cognac (17)
11/02/2015	Villa CLERBOUT à Montanaire
2014	
03/11/2014	LAFAYETTE - bureaux à Mérignac
27/10/2014	Bâtiment relais ZAC des Chauffours
24/10/2014	ZAC de Grismesnil - Monturbert 24 LOGEMENTS CHERBOURG
22/04/2014	Maison hospitalière ST CHARLES a NANCY 54000
13/04/2014	SCI AEROPARK BORDEAUX
03/04/2014	THE BENACK'S HOME - Pont en Royans (38)
12/03/2014	Ecole Européenne de Strasbourg
2013	
07/11/2013	Bâtiment d'Activités à LYON
06/09/2013	Stepan à Voreppe
02/07/2013	BRAMETOT-usine Méthanisation / Compostage d'ordures ménagères
29/04/2013	ZAC Chandon Gennevilliers
22/04/2013	SMOBY à MOIRANS - bâtiment logistique
15/04/2013	CRIEE DE ROSCOFF
20/03/2013	TRANSROUTE - bureaux à REGUISHEIM

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre cet Avis

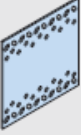
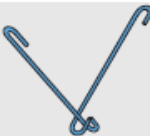
Icônes pour les connecteurs de panneaux sandwich		
	MVA	
	FA	
	SPA-2	
	SPA-1	
	SPA-B	
	SPA-N	
	SPA-A	

Figure 1 : Symbolisation des connecteurs

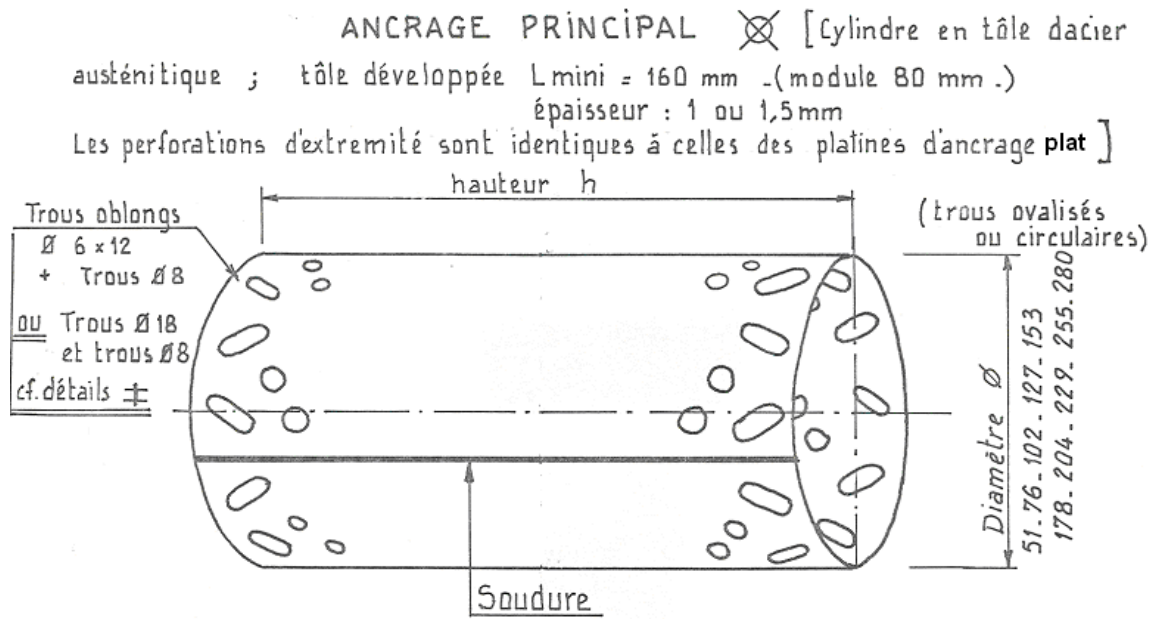
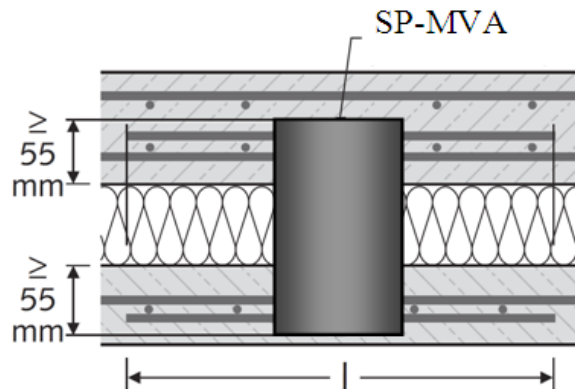


Figure 2 : Cylindre ☒ SP-MVA

-Pour une épaisseur d'isolant $\leq 15 \text{ cm}$:



-Pour une épaisseur d'isolant $> 15 \text{ cm}$:

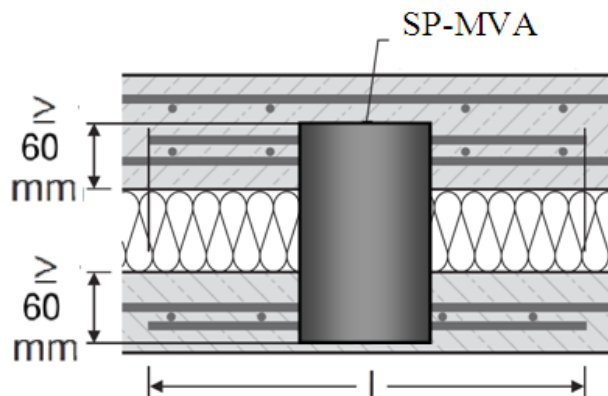


Figure 3 : Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un cylindre)

I

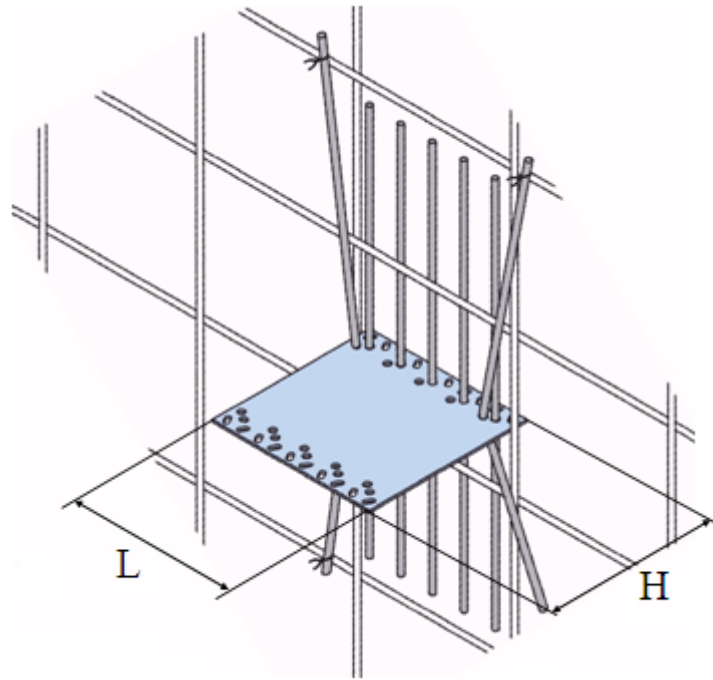


Figure 3 : Plats  SP-FA

pour $30 \text{ mm} \leq e \leq 200 \text{ mm}$ → épaisseur de tôle : 3 mm
 hauteur mini. : $e + 110 \text{ mm}$
 longueur : $n \times 40 \text{ mm}$ (mini. 40 mm)

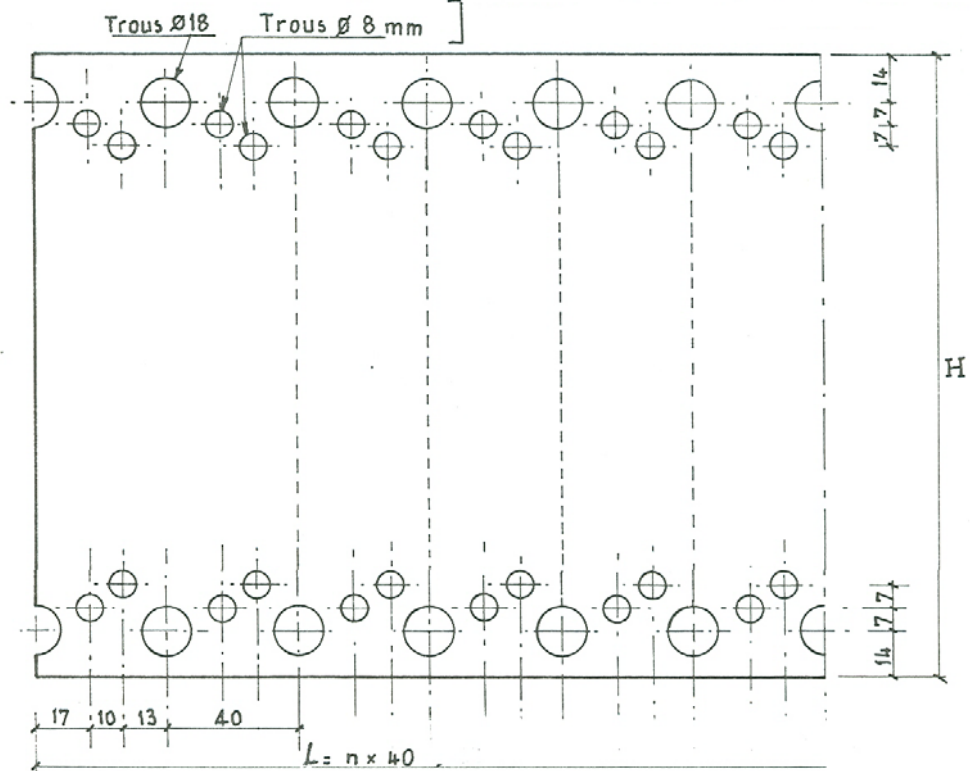
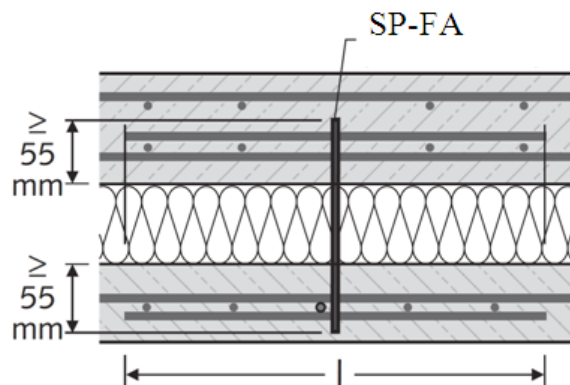


Figure 4 : Plats  SP-FA

IMPLANTATION : VUES EN COUPE

Pour une épaisseur d'isolant ≤ 15 cm :



-Pour une épaisseur d'isolant > 15 cm :

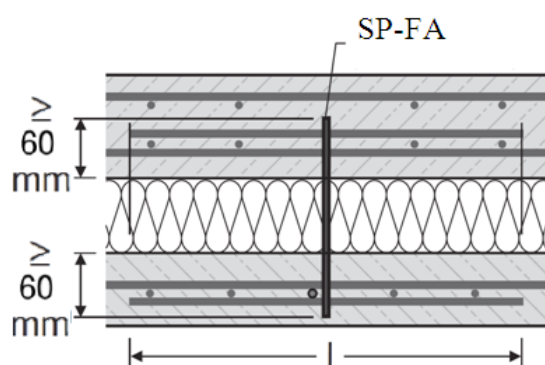
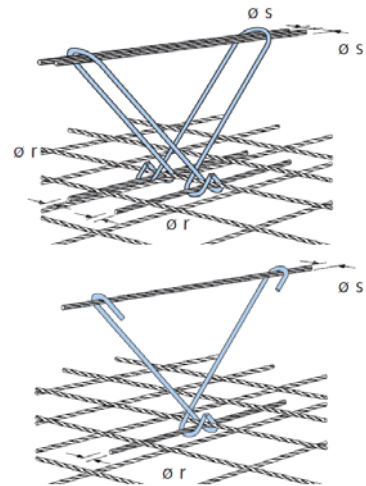
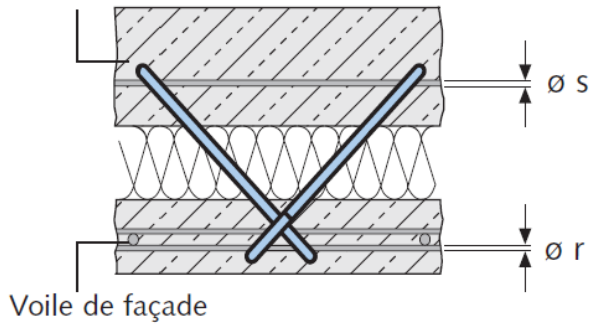


Figure 5 : Détails de l'enrobage des armatures (disposition d'un plat)

Connecteurs porteurs SPA-1 et SPA-2

Panneau porteur



SPA-2

SPA-1

Figure 6 : Connecteurs SPA – 1 et SPA – 2

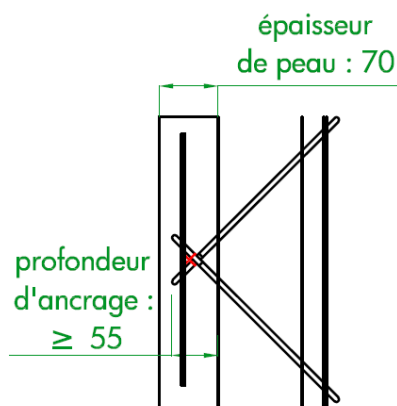


Figure 7 : Profondeur d'ancrage pour les étriers SPA-1 et SPA-2

Ancres porteuses SP-SPA vue en coupe

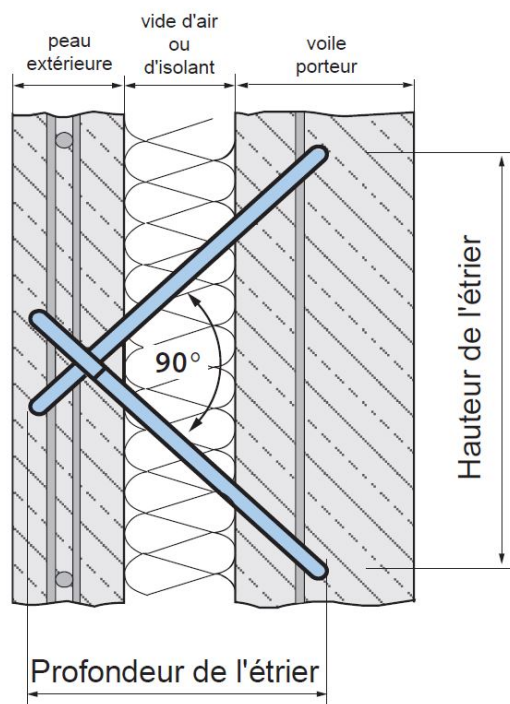


Figure 8 : Définition de la hauteur et profondeur pour les étriers SPA-1 et SPA-2 (cf. Tableaux 11 à 18)

Annexe V : Épingles de liaison

ÉPINGLES : $\phi 3$ ou $\phi 4$ ou $\phi 5$

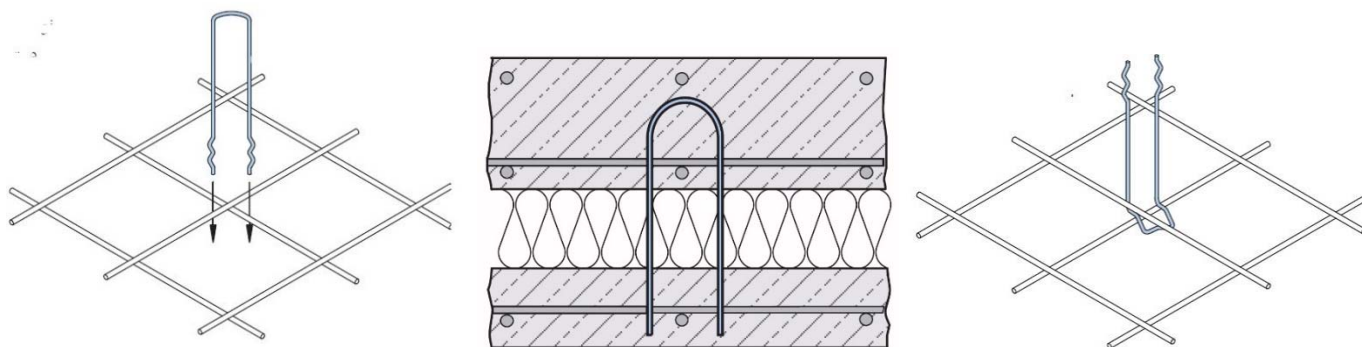


Figure 9 : Épingles SPA-N, SPA-B et SPA-A

Épingle droite ($\angle$) long^r min cf. Tableau N°3

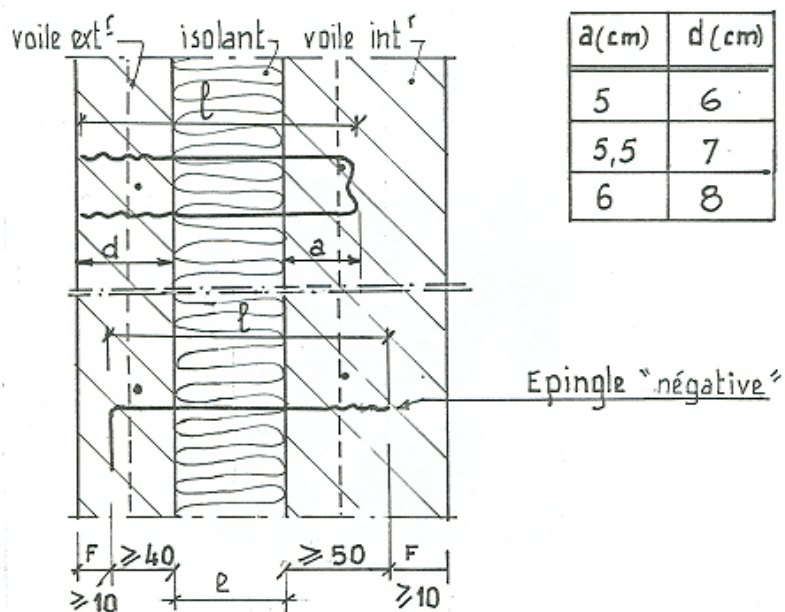


Figure 10 : Longueurs d'ancrage pour les épingles SPA-N, SPA-B et SPA-A

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

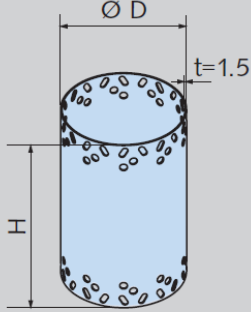
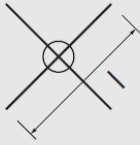
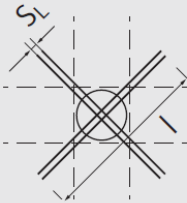
NOTA : Le Tableau 18 est applicable pour une épaisseur minimale de la paroi extérieure de 70.

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

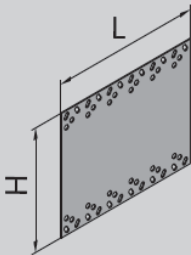
Composant	Epaisseur de la tôle ou barre	Epaisseur d'Isolant		Epaisseur minimale de la paroi extérieure
		Min	Max	
Cylindre SP-MVA	1mm	30mm	90mm	60 mm
	1,5 mm	100 mm	150 mm	65 mm
		160 mm	200 mm	80 mm
Plat SP-FA	2 mm	30 mm	180 mm	70 mm
	3 mm	30 mm	120 mm	60 mm
		130 mm	260 mm	70 mm
SP-SPA 1	7 mm	30 mm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

Système SP-MVA

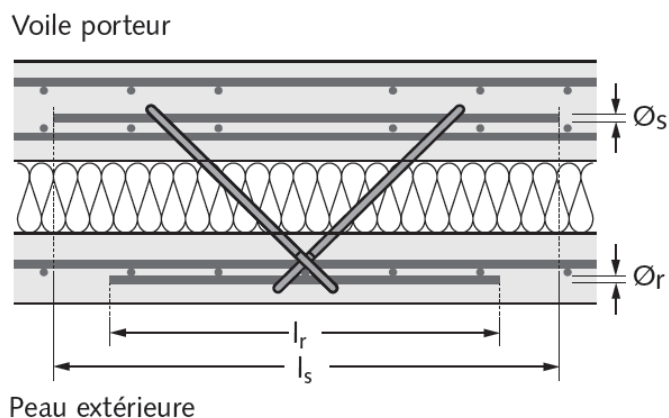
Armatures supplémentaires			
Cylindre de connexion	Ø D [mm]	Symbole	Armature de renfort HA Fe 500
	51 76 102		2 × 2 Ø 6 mm l = 500 mm
	127 153 178		2 × 4 Ø 6 mm l = 700 mm
	204 229 255 280		Nécessite une armature de renfort supplémentaire : 2 × 4 Ø 8 mm l = 700 mm au croisement dans la partie découpée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

Système SP-FA

Armature supplémentaire			
Plat de liaison FA	Longueur L [mm]	Symbole	Barres d'ancrage B500A, B500B 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 > 500mm l = 900mm
pour L > 800mm l = 1100mm.

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

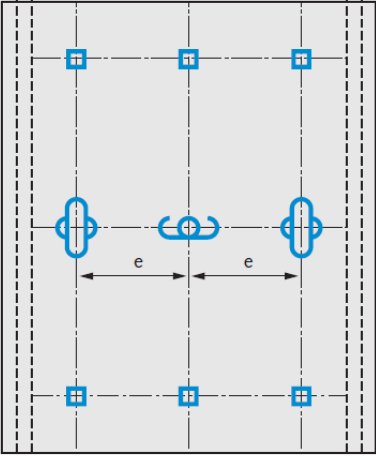
Legende:

- MVA
- FA
- SPA-N / -A / -B

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 « e_{max} » en cm entre l’ancrage principal de type étrier SP-SPA et l’ancrage anti-couple

SP-SPA Ø7		SP-SPA Ø9	
Isolant [cm]	e _{max} [cm]	Isolant [cm]	e _{max} [cm]
4	62	6	62
5	90	7	90
6	123	8	123
7	161	9	161
8	204	10	204
9	252	11	252
10	306	12	306
11	264	13	264
12	428	14	428
13	497	15	497
14	571	16	571
15	650	17	650
16	734	18	734
17	823	19	823
18	918	20	918
19	1000	21	1000
20	1000	22	1000
		23	1000
		24	1000
		25	1000
		26	1000
		27	1000
		28	1000
		29	1000



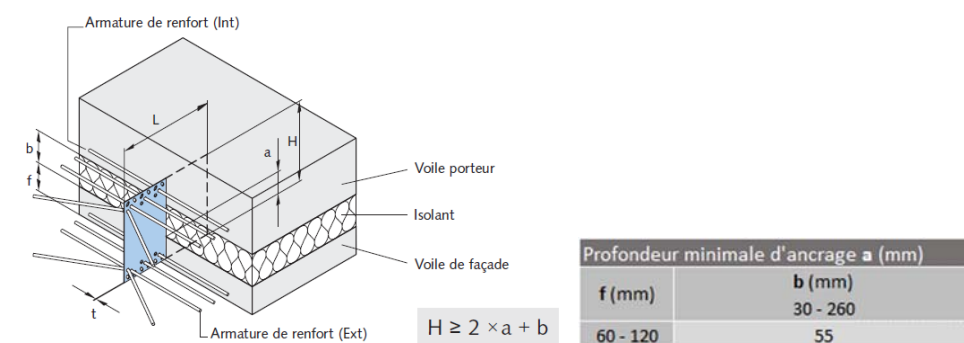
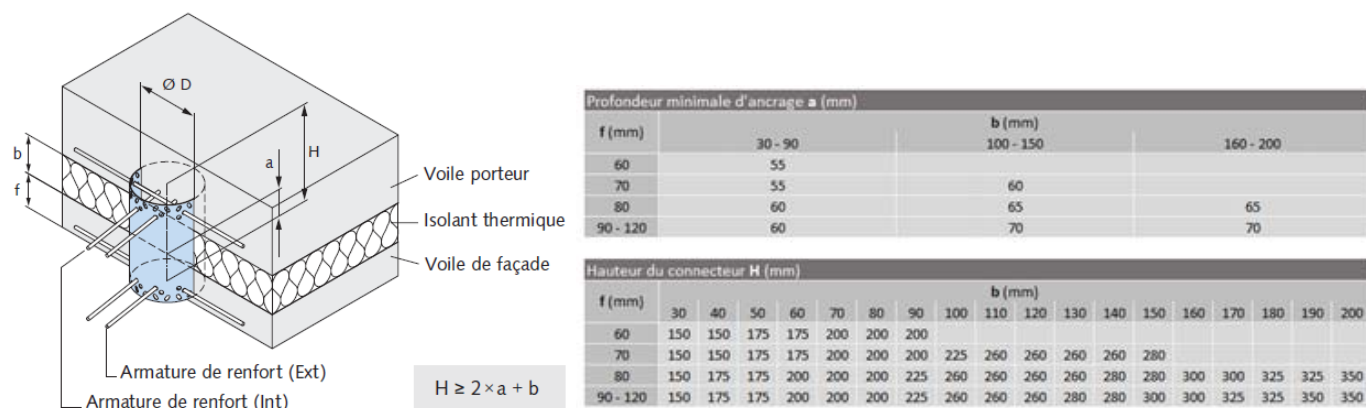
Exemple système SPA

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

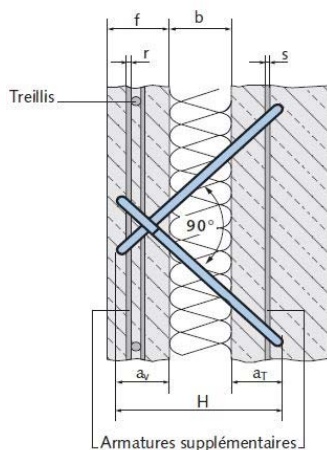
TABLEAU 5		DOMAINE D'UTILISATION DES EPINGLES DROITES de liaison / (ø en mm)																		
EPAISSEUR DU VOILE EXTERIEUR "d" (mm)	FAÇADE	Epaisseur d'isolant "e" (cm)																		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
60	claire																			
	foncée																			
70	claire																			
	foncée																			
80	claire																			
	foncée																			

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



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
60 - 120	150	150	175	175	200	200	200	225	225	260	260	260	260	280	280	300	300	325	325	350



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

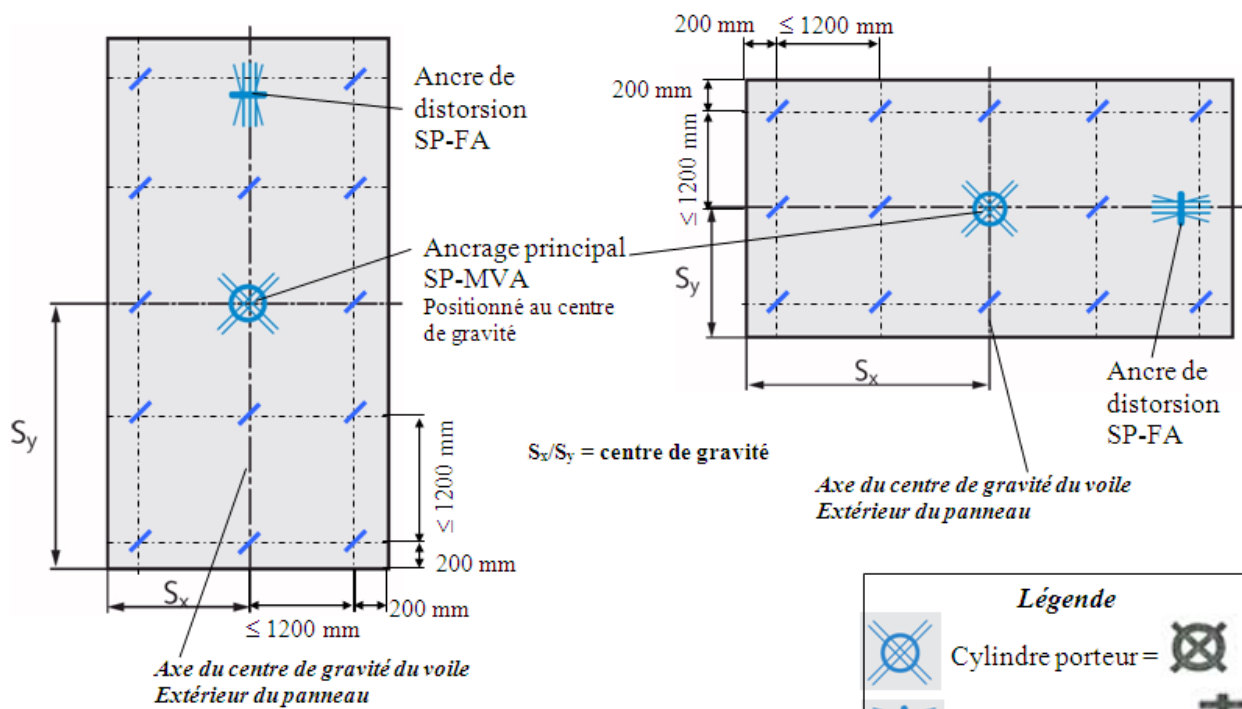
Diamètre ϕ	Résistance N_{Rd} en KN
3 mm	2,89
4 mm	4,22
5 mm	4,92

Tableau 27 : Charges de calcul en situation sismique des épingles.

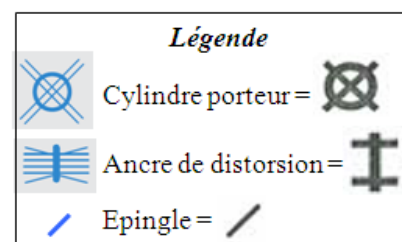
Diamètre ϕ	Résistance N_{Rd} en KN
3 mm	2,66
4 mm	3,91
5 mm	4,56

Annexe VII : Principes d'implantation

Panneaux rectangulaires pleins SOLUTION SP-MVA



Panneaux avec ouvertures SOLUTION SP-MVA



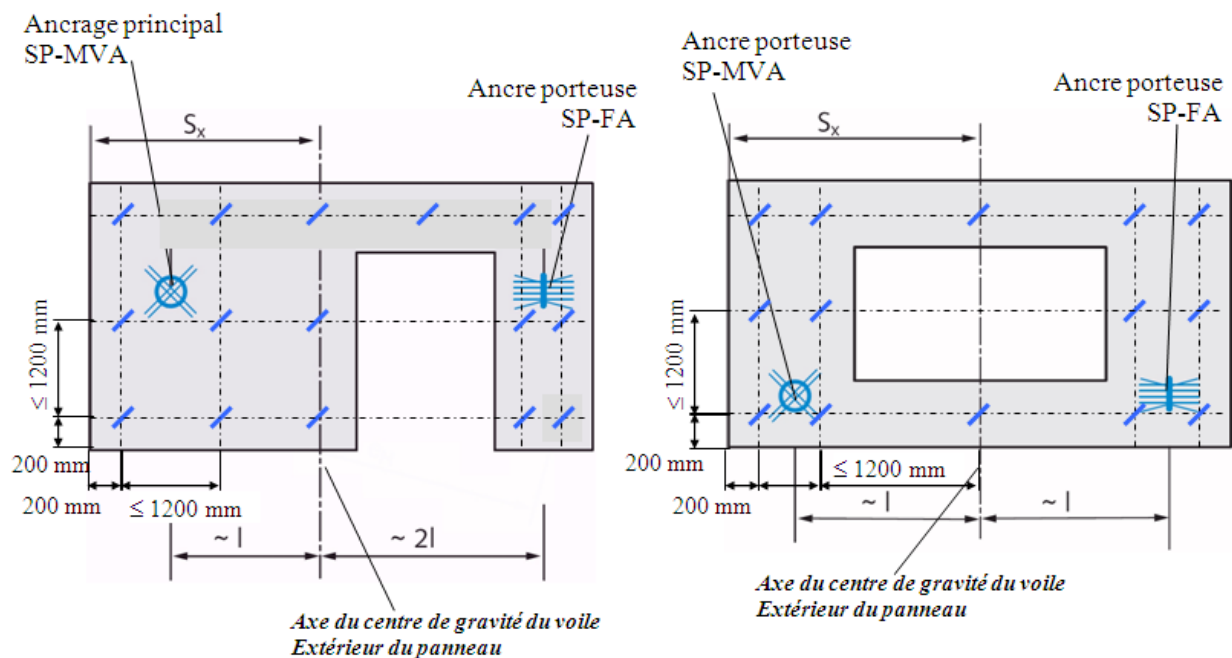
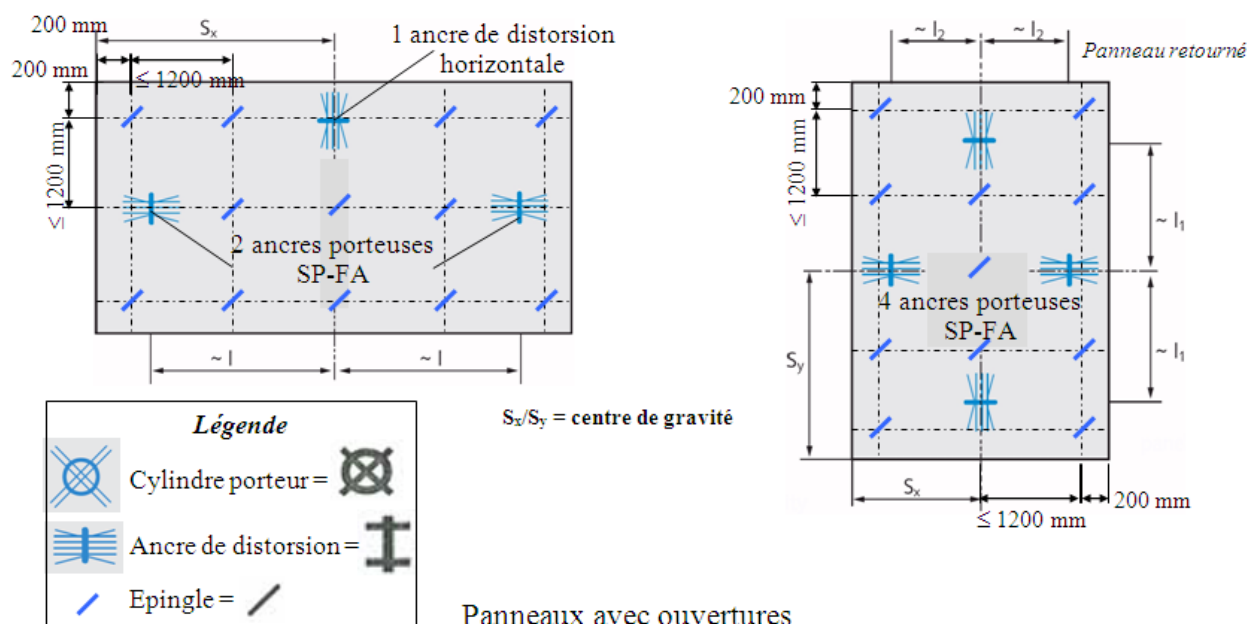


Figure 10 : Solution avec cylindre d'ancrage principal SP-MVA

Panneaux rectangulaires pleins SOLUTION SP-FA



Panneaux avec ouvertures SOLUTION SP-FA

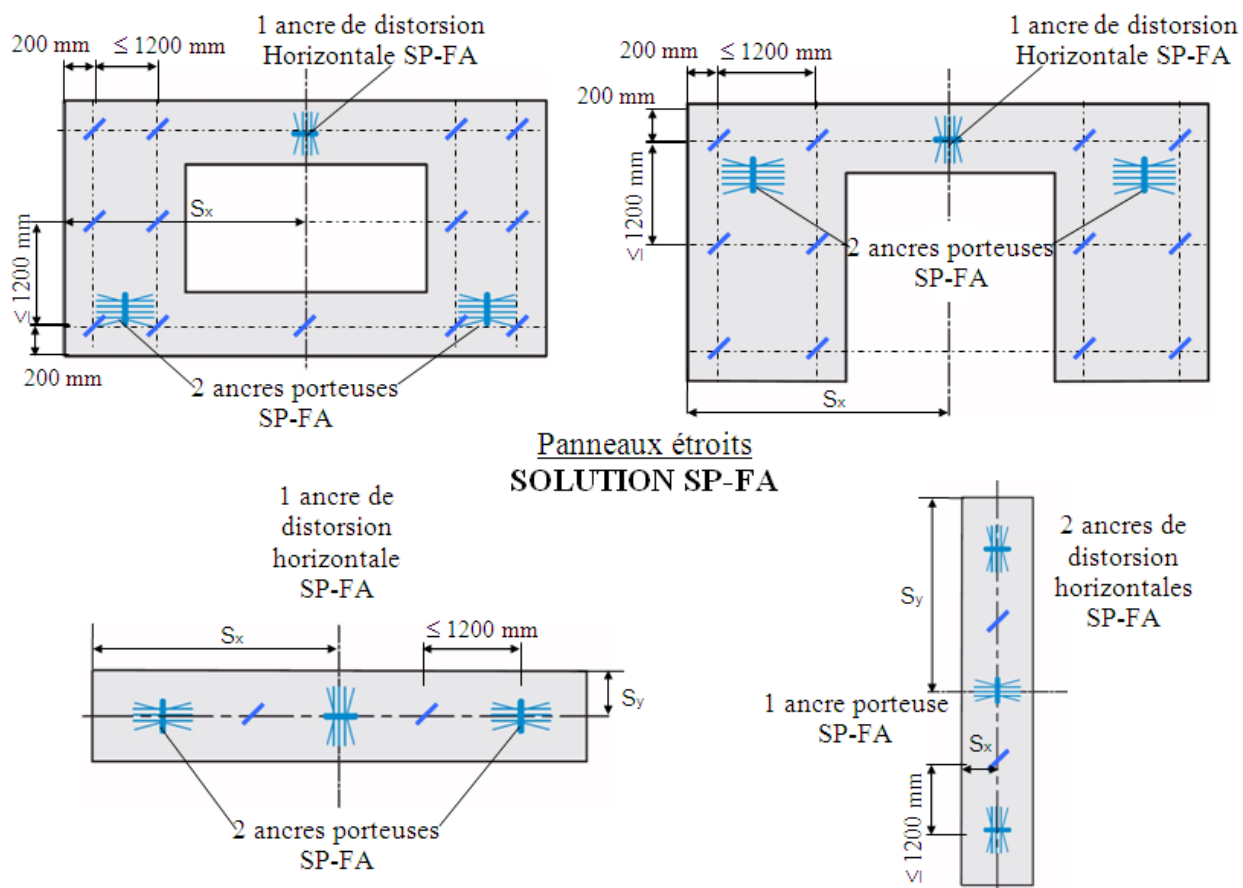
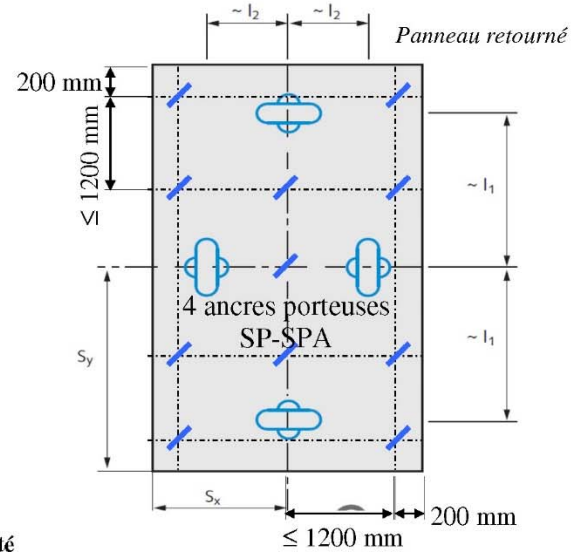
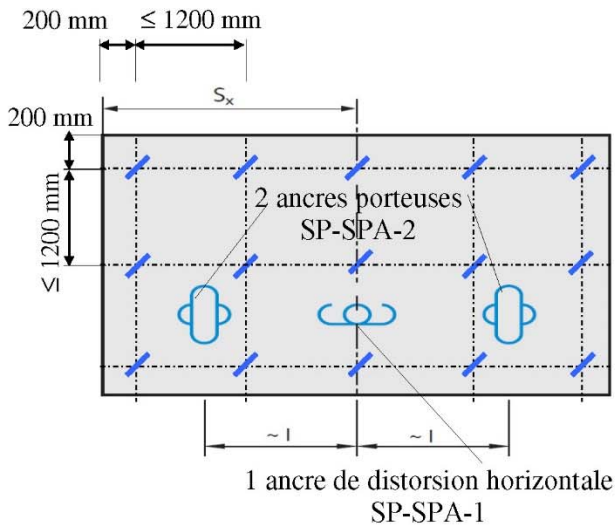


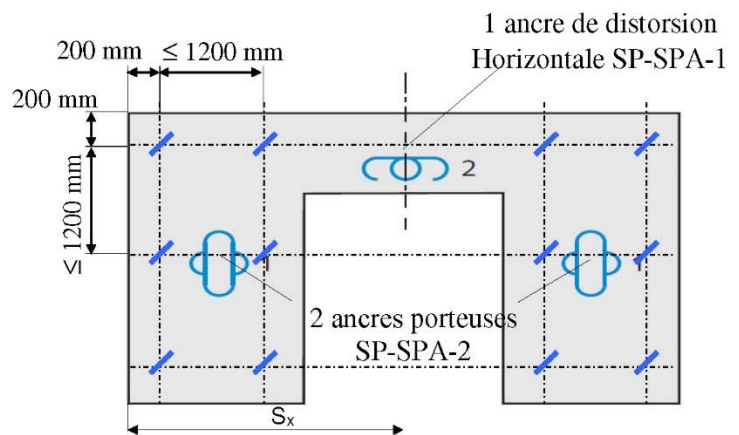
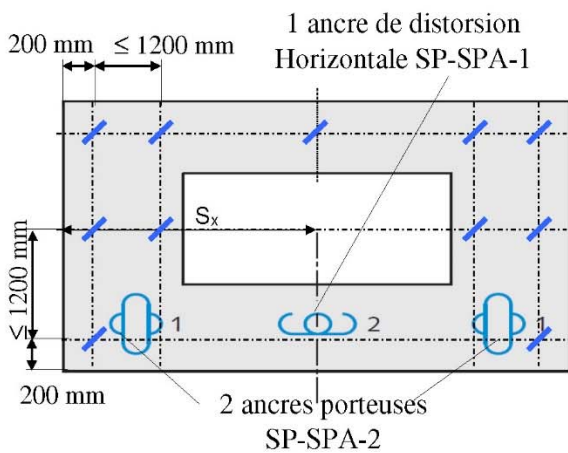
Figure 11 : Solution avec plat d'ancrage principal SP-FA

Panneaux rectangulaires pleins **SOLUTION SP-SPA**



S_x/S_y = centre de gravité

Panneaux avec ouvertures **SOLUTION SP-SPA**



Panneaux étroits **SOLUTION SP-SPA**

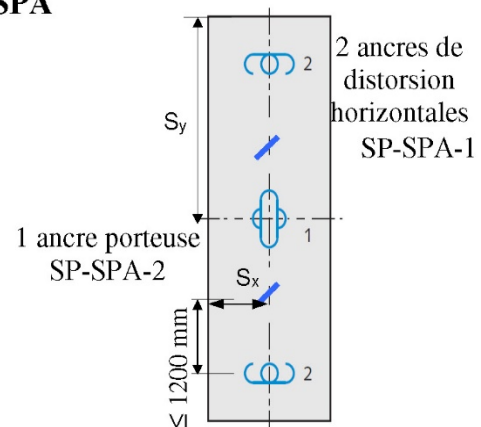
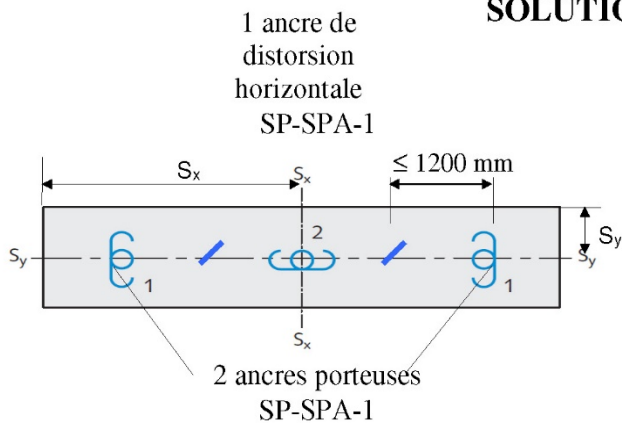


Figure 12 : Solution avec étrier d'ancrage principal SP-SPA

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.

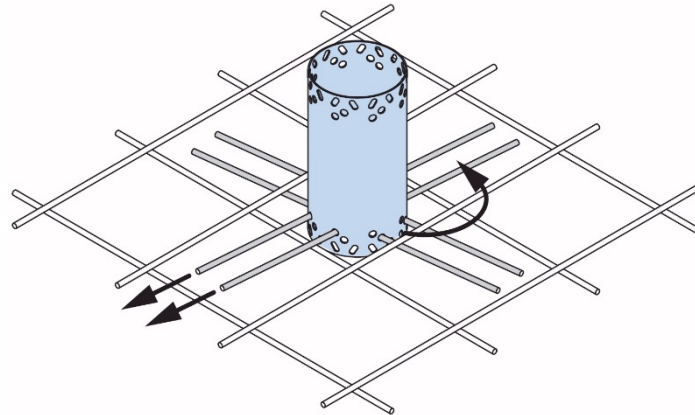


Figure 13 : Cylindre SP-MVA

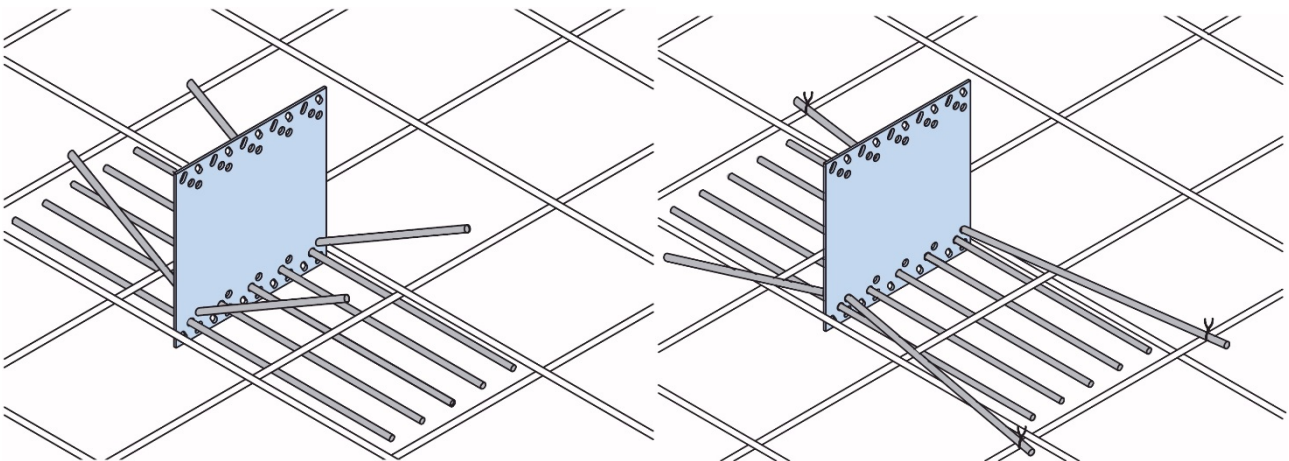


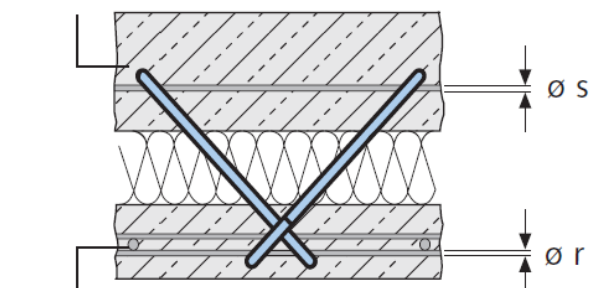
Figure 14 : Plat SP-FA

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 jusqu'à dans le béton non encore durci de la peau extérieure, d'une profondeur d'au moins 55 mm.

Connecteurs porteurs SPA-1 et SPA-2

Panneau porteur



Voile de façade

- 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.

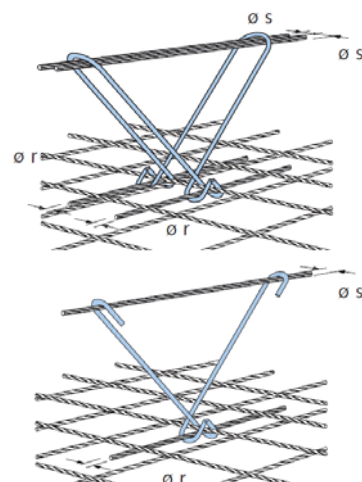


Figure 15 : Connecteurs SP-SPA

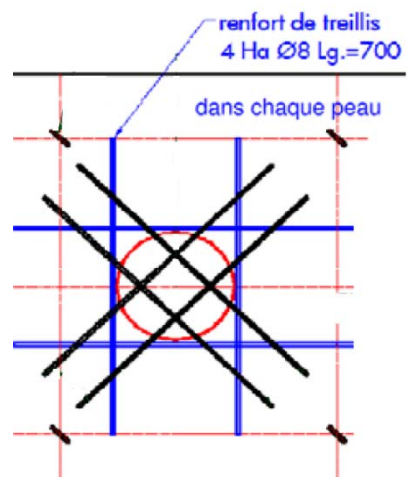


Figure 16 : Principe de renforcement du ferrailage au droit des cylindres MVA de diamètre ≥ 127 mm :