SISMO®
BUILDING TECHNOLOGY

GUIDE TECHNIQUE

ETA 01/0001
Version 01
Date of issue: 2016-06-03

© SISMO®

Guide Technique

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi proposé

Le procédé de mur SISMO® est un procédé de coffrage permanent isolant permettant la réalisation de murs d'épaisseur et composition variable jusqu'à 50 cm pour tout type de bâtiment.

Le procédé de mur SISMO® est constitué d'une trame métallique tridimensionnelle en fils d'aciers galvanisés ou inoxydables dans laquelle est insérée sur les deux faces, interne et externe, une bande isolante ou non-isolante. En option, des panneaux isolants sont montés sur la face de la trame.

(voir figures 1 à 19).

La composition des modules est choisie en fonction des performances structurelles, thermiques, hygrothermiques, acoustiques, et de résistance et réaction au feu souhaitées.

Les éléments de coffrage ainsi constitués en usine (SISMO® Production Station) selon les caractéristiques spécifiques sont assemblés sur site. Le cas échéant les armatures nécessaires à la reprise des efforts auxquels les murs et dalles sont soumis sont insérées dans la trame métallique entre les isolants. Le béton est ensuite coulé en œuvre dans l'espace libre entre les deux faces isolantes.

La stabilité du mur SISMO® en phase finale est entièrement assurée par le béton constituant la partie intérieure du mur. Le maintien du béton frais en phase provisoire est assuré conjointement par la trame métallique et par les faces isolantes. En outre, le treillis agit comme une armature et comme un ancrage pour le revêtement ou l'enduit

2. Mode d'exploitation du procédé

Les projets peuvent être soit directement conçus dans le logiciel SISCAD ™, propriété SISMO®, ou dessins d'architecture peuvent être convertis en dessins de production et chantier en utilisant SISCAD ™. L'ensemble du calepinage SISMO® est contrôlé et approuvé par le client avant la production.

Après fabrication, les panneaux SISMO® et accessoires sont transportés et déchargés sur chantier en limitant les sollicitations des panneaux lors des manipulations. La réception des marchandises sur chantier se fait par le client ou son représentant en vérifiant la qualité et les quantités et leur correspondance par rapport à la commande.

L'assistance et la formation technique est réalisée par des techniciens qui maitrisent le procédé SISMO®. Ils assurent la formation du client ou de son sous-traitant à tous les aspects liés au montage des modules SISMO ®

3. Caractéristiques des matériaux

3.1. Fils d'acier

Fil d'acier galvanisé à chaud ou inoxydable.

Le Ø des fils et des crochets : 2,2 ± 0,03 mm.
La résistance minimale à la traction du fil : 680 N/mm², selon EN 10002-1

L'identification du fil d'acier :

- Type C9D selon EN 16120 section 1 et 2.

Composition chimique : C9D : C ≤ 0,10 % ; Mn ≤ 0.3 % ; Si ≤ 0,6 % ; P : 0.035 % max ; S : 0.035 % max. ; Cr : 0.25% max. ; Ni : 0.25% max. ; Mo : 0.08% max. ; Cu : 0.3 % max.

- acier inox : 1.4482 ou acier austéno-ferritique X2CrMnNiMoN21-5-3 selon NF EN 10088 pour l'acier inoxydable.

Galvanisation selon NF EN 10244 section 1 et 2 : classe D et l'enduit recouvre les fils d'au moins 5 mm.

La résistance au cisaillement de la soudure : rupture > 1400 N (ISO 10287)
Quand le béton est durci, la durée de vie du fil d'acier n'est nécessaire que dans les applications avec lesquelles les finitions en sont tributaires (en plus de adhérence entre le béton et l'isolation et entre l'isolation et l'enduit).

Tolérances des dimensions des modules : ± 0,2 cm en largeur, ± 0.5 cm en hauteur et ± 0.1 cm en épaisseur des modules.

3.2. Boucles d'assemblage

Les boucles d'assemblages servent à maintenir les panneaux accrochés ensemble pendant les phases d'installation, de coulage et de durcissement du béton., voir figure 1.

3.3. Bandes d'insertion et panneaux d'isolation

- Polystyrène expansé (EPS) : NF EN 13163 « Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé – Spécification »
- Bandes en fibres de ciment (FCB) : NF EN 12467 : « Plaques planes en fibres-ciment - Spécifications du produit et méthodes d'essai »
- Bandes de laine minérale (MW) : NF EN 13162 : « Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification »
- Bandes de panneaux durs en fibres de bois (HDF) : NF EN 622-1 : « Panneaux de fibres - Exigences - Partie 1 : exigences générales » ; NF EN 622-2 : « Panneaux de fibres - Exigences - Partie 2 : exigences pour panneaux durs. »

Les exigences minimales sont à retrouver dans les tableaux 1 et 2

Tableau 1 Caractéristiques bandes isolantes

Caractéristiques Matériaux	Polystyrène expansé (EPS)	Panneau dur en fibres de ciment (FCB)	Laine Minérale (MW)	Verre Cellulaire (CG)	Resol (RS)	Panneau dur en fibres de bois (HDF) type HB.E (NF EN 622-2	Carton (CB)
Dimensions : longueur x largeur x épaisseur (cm)	120,0 x 14,8 x 3,8 jusqu'à 34.8 Tolérance (NF EN 822, NF EN 823) : L., l. et ép. : -0.1 à + 0 cm	120,0 x 14,8 x 0,3	120,0 x 14,8 x 3,8 jusqu'à 23.8 Tolérance (NF EN 822, NF EN 823) : L, l. et ép. : -0.1 à + 0 cm	120,0 x 14,8 x 4 jusqu'à 18 Tolérance (NF EN 822, NF EN 823) : l, w and t : -0.1 to + 0 cm	120,0 x 14,8 x 3,8 jusqu'à 23.8 Tol. (EN 822, EN 823) : l, w and t : -0.1 to + 0 cm	120,0 cm x 14,8 cm x 0,32 cm Tolérance (NF EN 324-1) : L., l. et ép. : - 0,1 à + 0 cm	120,0 x 14,8 x 0.52 Tolérance: l, w et t : -0,1 to + 0 cm
Equerrage	≤ 3 mm / 500 mm (NF EN 824)		≤ 3 mm / 500 mm (NF EN 824)			≤ 3 mm / 500 mm (NF EN 324-2)	≤ 3 mm / 500 mm
Densité apparente (kg/m³)	Murs ≥ 20 à ≤ 30 / Dalles ≥ 15 (NF EN 1602)	1300 (NF EN 12467)	≥ 100 (NF EN 1602)	≥ 100 (EN 1602)	35 (EN 1602)	≥ 800 (NF EN 323)	≥ 200
Résistance à la compression (10% de déformation) (N/mm²)	Murs ≥ 0.1 N/mm² / Dalles ≥ 0.06 N/mm² (NF EN 826)	Non déterminée	0,02 (épaisseur < 50 mm) / 0,04 (épaisseur ≥ 50 mm) (NF EN 826)	≥ 0,4 (EN 826)	0,12 (EN 826)	Non déterminée	Non déterminée
Résistance à la flexion (N/mm²)	Murs ≥ 0,15 / Dalles ≥ 0.1 (NF EN 12089)	13 (NF EN 12467)	≥ 0,15 (NF EN 12089)			≥ 40 (NF EN 310)	≥ 0,10
Résistance à la traction (10% de déformation) – accrochage interne	≥ 0,080 (NF EN 1607)		≥ 0,080 (NF EN 1607)	≥ 0,1 (EN 1607)		≥ 0,700 (NF EN 319)	≥ 0,4 (ASTM D 829)

Réaction au feu (Euroclass)	E (NF EN 13501-1)	A2-s2, d0 (NF EN 13501-1)	A1 (NF EN 13501-1)	A1 (EN 13501-1)	B-s1, d0 (EN 13501-1)	Non déterminé	Non déterminée
Conductivité thermique (W/mK) (λ)	Murs ≤ 0,033 / Dalles ≤ 0,038	0,16	≤ 0,045 (NF EN 12667)		≤ 0,022 (EN 13166)	≤ 0,14 (EN 12524)	≤ 0,14
Transmission des vapeurs (g/m²/24h)	30 à 70	≤ 80 (NF EN 12572)	≈ 1,3 (EN 12524 ou NF EN 12086)	∞	20 to 50	10 (EN 12524 ou NF EN 12086)	Non déterminée
Absorption d'eau	≤ 1,5% (NF EN 12087)		≤ 1,5% (NF EN 12087)	0		300 g/m² (NF EN 382-2)	≈ 1500 g/m²
Stabilité dimensionnelle	≤ 0,5 % (NF EN 1604)		≤ 0,5 % (NF EN 1604)	Non applicable	DS (70, 90) (EN 1604)	0.25 l. et 0.1 t (NF EN 318)	Non déterminée
Gonflement	Non applicable	Non déterminée	Non applicable	Non applicable		≤ 12% (NF EN 317)	Non déterminée

Longueur des bandes varie de 20,5 cm jusqu'à 120 cm en multiples de 10 cm de sorte qu'ils peuvent être supportés sur leurs extrémités par les trames 2-dimensionnelles. Distance entre 2 trames 2D externes d'une trame 3D standard varie de 119,5 cm à 119,7 cm

Tableau 2 Caractéristiques panneaux isolants Plus et entrevous isolants

Caractéristiques Matériaux	Polystyrène Expansé (EPS)	Verre cellulaire (VC)
Dimensions : longueur x largeur x épaisseur (cm)	Panneaux 120 x 50 x 6 jusqu'à 20 / Entrevous 120 x 45 x 10 jusqu'à 35 (NF EN 822, NF EN 823)	Panneaux 120 x 60 x 4 jusqu'à 18 (EN 822, EN 823)
Equerrage	≤ 3 mm / 500 mm (NF EN 824)	≤ 3 mm / 500 mm (EN 824)
Densité apparente (kg/m³)	Panneaux ≥ 20 à ≤ 30 / Entrevous ≥ 15 (NF EN 1602)	Panneaux ≥ 100 to 115 (EN 1602)
Résistance à la compression (10% de déformation) (N/mm²)	Panneaux ≥ 0,1 à 0,15 / Entrevous ≥ 0,06 (NF EN 826)	≥ 0,4 jusqu'à 0,6 (EN 826)
Résistance à la pénétration des fils d'acier	Passe	Passe
Résistance à la flexion (N/mm²)	Panneaux ≥ 0,15 à 0.20 / Entrevous ≥ 0,1 (NF EN 12089)	Jusqu'à 0.45 (EN 12089)
Résistance à la traction (10% de déformation) – accrochage interne	≥ 0,08 (NF EN 1607)	≥ 0,1 (EN 1607)

Réaction au feu (Euroclass)	E (NF EN 13501-1)	A1 (EN 13501-1)
Conductivité thermique (W/mK) (λ)	Panneaux ≤ 0,035 / Entrevous ≤ 0,038	≤ 0,041 (EN ISO 10456)
Transmission des vapeurs ($g/m^2/24h$)	30 à 70	∞
Absorption d'eau	≤ 1,5% (NF EN 12087)	0
Stabilité dimensionnelle	≤ 0,5% (NF EN 1604)	Stable

3.4. Béton coulé en place

La classe de consistance du béton pour un mur SISMO® doit être au moins égale à une classe d'affaissement S4 selon NF EN 206-1, pour les planchers et toitures SISMO® elle devrait être au moins S3.

Le béton recommandé est un béton auto-plaçant d'une classe d'étalement SF1 selon la norme NF EN 206-9, comme par exemple un béton type Agilia Panneau Sismo de Lafarge Béton. Ce type de béton permet d'obtenir un béton homogène sans damage, vibration ou pervibration.

La mise en œuvre doit respecter les exigences du DTU 21 (NF P18-201)

La classe de résistance à la compression du béton est au moins égale à C20/25 pour la classe d'exposition XC1.

L'épaisseur du béton est au moins égale à 10 cm pour les murs intérieurs et 12 cm pour des murs extérieurs [1]

La dimension maximale des agrégats est fonction de l'épaisseur de béton coulée, de la densité des armatures mises en œuvre, et de l'éventuel dispositif de pompage du béton utilisé pour sa mise en œuvre. La dimension minimale des sections de remplissage rapportées aux propriétés pertinentes du béton est supposée être conforme au tableau suivant :

Tableau 3 Granulométrie et classe de consistance en fonction de la section béton

Dimension minimale de la section de remplissage	**Propriétés du** béton selon NF EN 206-1
<12 cm	Granulométrie maximale 8 mm, classe d'étalement ≥ F5
12 cm ≤Dimension minimale de la section de remplissage< 14 cm	Granulométrie maximale 16 mm, classe d'étalement ≥ F4 (≥ F3 pour les dalles dont trame ouverte)
≥ 14 cm	Granulométrie maximale 22 mm (32 mm pour les dalles dont trame ouverte), classe d'étalement ≥ F4 (≥ F2 pour les dalles dont trame ouverte)

[1] Epaisseur minimale des murs extérieurs en béton banché est égale à 12 cm, voir paragraphe 4.1.3 « Armatures et épaisseurs des murs extérieurs ». NF P18-210 DTU 23.1 « Murs en béton banché ». Epaisseur des murs intérieurs en béton banché au moins égale à 10 cm, voir paragraphe 4.2.1 « Domaine de validité » NF P18-210 DTU 23.1

3.5. Type de modules

Selon le matériau de coffrage interne et externe, on peut diviser les murs SISMO® en 7 types (figures 5 à 11):

- Des bandes isolantes à l'intérieur et à l'extérieur, symétrique et asymétrique;
- Des panneaux à l'intérieur et des bandes isolantes à l'extérieur ;
- Des panneaux à l'intérieur et à l'extérieur;
- Des bandes isolantes à l'intérieur, bandes isolantes et panneaux isolants Plus à l'extérieur ;
- Des panneaux à l'intérieur, bandes isolantes et panneaux isolants Plus à l'extérieur ;
- 2 murs SISMO® découplés et isolées pour une performance acoustique optimisée , ce type est typiquement utilisé comme mur séparatif de logement ;
- Mur avec matériau de remplissage non-structurel

Les dalles de plancher et toiture SISMO® peuvent être divisé en 3 types : lisses, nervurées et à caissons

3.6. Dénomination des modules

Codes de designation:

- Murs: $SX_1_X_2X_3_X_4X_3+X_8X_9_X_5_X_6_X_7$
- Planchers: FX_{10}

X_1 = épaisseur de la trame métallique en cm = 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ou 50, voir figure 3

X_2 = épaisseur des bandes isolantes à l'intérieur en cm = 4 ou aucune indication dans le cas de l'utilisation d'un panneau dur

X_3 = matériau de coffrage = FC, EPS, CG, MW, CG, RS, HDF, CB

X_4 = épaisseur des bandes isolantes à l'extérieur en cm = 4 jusqu'à 35 ou aucune indication dans le cas de l'utilisation d'un panneau dur

X_5 = HP (Haute Performance) lorsque l'acier inoxydable est utilisé pour les fils transversaux

X_6 = SS pour la partie extérieure de la trame en acier inoxydable, FSS pour toute la trame en acier inoxydable

X_7 = SW sans treillis d'accroche à l'extérieur (figure 56) ou 2SW sans treillis d'accroche des deux côtés du panneau

X_8 = épaisseur du panneau isolant Plus (figure 7) en cm

X_9 = matériau du panneau isolant Plus = EPS, CG

X_{10} = épaisseur du plancher (dimension X sur figure 16) en cm = de 15 jusqu'à 40

Exemple = S35_4EPS_14EPS_HP_SW = panneau SISMO® dont la trame métallique a une épaisseur de 35 cm, le panneau a une bande isolante intérieure en polystyrène expansé de 4 cm et une bande

isolante extérieure en polystyrène expansé de 14 cm. Ce panneau n'a pas de treillis d'accroche et les fils transversaux sont faits en acier inoxydable/

4. Description des composants

4.1. Trame métallique

La trame métallique constitutive de l'ossature du procédé de mur SISMO® est disponible en panneaux de dimensions variables, voir figures 2 à 4 :

- Hauteur : dimension multiple de 15 cm, et au maximum 12 m
- Largeur : dimension multiple de 10 cm, et au maximum 1,2 m
- Epaisseur : au maximum 50 cm.

Tableau 4 Dimensions du module

Dimensions du module		Maximum (cm)
Largeur	Multiple de 10 cm	120
Hauteur	Multiple de 15 cm	1200
Epaisseur	Dépend du type de mur, plancher et toit	50

4.1.1. Durabilité et fonctions de la trame métallique

Quand le béton est durci, la durée de vie du fil d'acier n'est nécessaire que dans les applications avec lesquelles les finitions en sont tributaires (en plus de adhérence entre le béton et l'isolation et entre l'isolation et l'enduit), paragraphe 2.1 ATE 01/0001

La trame métallique a trois fonctions:

1. Résister à la pression hydraulique du béton frais lors du coulage et premières heures de durcissement
2. Gardez les barres d'armature en place lors du coulage du béton
3. Assurez l'adhérence (et le renforcement) de la finition lors de l'utilisation des enduits à base de minéraux

24 heures après le coulage du béton fonction 1 et 2 deviennent obsolètes, la fonction 3 n'a pas d'importance en cas d'utilisation d'un enduit modifié aux polymères ou couche de fond assurant l'adhérence d'un enduit à base de minéraux.

4.2. Bandes, entrevous et panneaux isolants

Voir figures 1 à 19.

Les bandes isolantes ont trois rôles :

- Maintien du béton en phase provisoire
- Isolation thermique en phase définitive

- Support des finitions intérieure et extérieure

Les bandes sont de dimensions fixes selon le Tableau 1, avec des bords droits ou à rainure et languette de 10 mm x 15 mm (hauteur x largeur) pour des bandes EPS d'une épaisseur de 3.8 cm et 15 mm x 20 mm pour des épaisseurs entre 3.8 cm et 11.8 cm.

Les panneaux isolants Plus ont deux rôles :

- Isolation thermique en phase définitive
- Support des finitions extérieures

Les panneaux sont de dimensions fixes (longueur :120 cm ; largeur : 50 cm). Ils sont disponibles en plusieurs épaisseurs.

Les entrevous EPS ont deux rôles :

- Coffrage perdu afin de créer des dalles nervurées ou à caissons
- Isolation thermique en phase définitive

Les entrevous sont de dimensions fixes (longueur :120 cm ; largeur : 45 cm) mais peuvent être coupés en longueur à un multiple de 10 cm et en largeur à un multiple de 15 cm. Ils sont disponibles en plusieurs épaisseurs : de 10 cm jusqu'à 35 cm avec structure « gaufrée » (de 10 cm par 7.5 cm), dont la rainure a une profondeur de 3 cm sur une largeur de 1 cm. La structure gaufrée permet d'assurer une bonne accroche sur la trame métallique des modules.

Schéma d'un plancher nervuré SISMO® :

- la distance de centre à centre entre les nervures est un multiple de 15 cm ;
- la largeur des nervures est de 15 cm ou un multiple de 15 cm ;

Schéma de dalles à caissons SISMO®.

- La distance de centre à centre entre les nervures est un multiple de 15 cm.
- La largeur des nervures est de 15 cm ou un multiple de 15 cm.
- La distance de centre à centre entre les nervures est un multiple de 10 cm.
- La largeur des nervures est de 10 cm ou un multiple de 10 cm.

4.3. Fabrication des composants

La fabrication des panneaux SISMO® est réalisée en usine (SISMO® Production Station ou SPS™).

Les principales étapes de la fabrication comportent :

- Le déroulage des bobines de fils
- La coupe et le dressage des fils
- L'assemblage et la soudure des trames bidimensionnelles
- L'assemblage et la soudure des trames tridimensionnelles
- La coupe des bandes, entrevous et panneaux isolants
- L'insertion des bandes isolantes dans les intervalles latéraux de la trame métallique prévus à cet effet

Le montage des panneaux isolants Plus se fait sur chantier après coulage du béton conformément au paragraphe 12.5. Le placement des entrevous sur les modules SISMO® se fait sur chantier.

La fabrication fait l'objet d'un contrôle interne de production CPU (contrôle de la production à l'usine), qui répond aux exigences de l'Agrément Technique Européen ETA 01/0001.

Le fabricant exerce un contrôle interne permanent de la production. Toutes les parties, exigences et conditions adoptées par le fabricant sont documentées de manière systématique sous forme de mesures et de procédures écrites. La CPU fait en sorte que le produit soit conforme à cet ETA.

Le fabricant utilise uniquement des fils, des panneaux EPS, MW, HDF, CG, CB et FCB.. Contrôle des matériaux entrants, y compris le contrôle des documents présentés par les fournisseurs (comparaison avec les valeurs nominales).

Les contrôles de conformité ont lieu sur les matériaux entrants et à des intervalles réguliers dans le processus de production pour s'assurer de la conformité et de l'adéquation des composants.

Les bandes ne pourront être intégrées qu'après contrôle des dimensions des modules et de la conformité des points de soudure. Cette inspection comprend une inspection visuelle continue et un programme d'échantillonnage pour mesurer les dimensions et la résistance des soudures, selon le plan d'essai prescrit.

Les résultats du CPU sont enregistrés et évalués. Les enregistrements comprennent au moins les informations suivantes :

- Désignation;

- Type de contrôle ou d'essai;

- Date de fabrication et date d'essai;

- Résultats du contrôle et des essais et le cas échéant, comparaison avec les exigences;

- Signature de la personne responsable pour le contrôle de la production en usine.

4.4. Accessoires

Les accessoires nécessaires à la mise en œuvre du procédé sont les suivants :

- Accessoires spécifiques Sismo :
    - Etais : pour supporter les panneaux SISMO® lors de leur montage et le coulage du béton (distance maximale de 2 m entre 2 étais), voir figure 20 ;
    - Lattes : pour supporter les panneaux SISMO® lors de leur montage et lors du coulage du béton, affichage des lattes rouge au figure 23 ;
    - Profils en U : pour connecter les lattes avec le fil d'acier horizontal afin de supporter les panneaux SISMO® lors du coulage du béton, voir figures 20 à 24.;
    - Pince agrafeuse : raccordement des panneaux entre eux (7 boucles par mètre linéaire, de chaque côté du mur, l'avant et l'arrière), voir figure 27;
    - Boucles d'assemblage : raccordement des panneaux entre eux (7 boucles par mètre linéaire de chaque côté du mur, l'avant et l'arrière), voir figure 1;
    - Pince coupante : nécessaire à la découpe des fils métalliques au niveau des ouvertures (portes, baies, etc.) après durcissement du béton, voir figure 29;
    - Barreau de garde-corps (figure 25)
    - Support pour barreau: support pour barreau de garde-corps (figure 25), aussi utilisé pour aligner et soutenir la partie supérieure des panneaux SISMO® au niveau du plancher lors de l'installation et coulage du béton (figures 25 et 26)
- Des attaches en boucles et un appareil à lier pour fixer les barres de renfort à la trame métallique, voir figure 28;
- Planches de 3cm/12cm : pour permettre de placer et aligner correctement les trames, voir figure 25 ;

- Etais de coffrage comme appuis verticaux pour les dalles SISMO®, voir figures 30 et 31 ;
- Planches de coffrage afin de distribuer les sollicitations concentrées des étais de coffrage verticaux sur les modules SISMO®.Le nombre d'étançons verticaux peut être réduite en utilisant des poutrelles d'étalement de charges, voir figures 30 et 31.
- Echelle d'une hauteur correspondant au minimum à la hauteur du niveau ;
- Règle niveau de 2 mètres de long ;
- Corde : pour l'alignement des murs (poudre) ;
- Truelle : pour lisser le béton au sommet du mur ;
- Brouette
- Perceuse à béton avec forêt 12 mm : nécessaire à la fixation des étais
- Boulons d'ancrage pour les étais ;

5. Modulation

Voir figure 34

Les murs extérieurs et intérieurs sont élevés, en hauteur comme en section, sur la base des dimensions modulaires de la trame (hauteur 15 cm, largeur 10 cm), utilisées comme unités.

Les ouvertures sont définies en unités modulaires. Les coins ou ouvertures rectangulaires correspondent aux coins de la trame. Les ouvertures diagonales et courbes ne présentent pas de problème, les courbes, pentes et points de départ pouvant être définis librement. Le dessus et les côtés des ouvertures sont fermés avec des panneaux d'insertion.

Le côté supérieur des dalles de plancher non finies doit être aligné sur le niveau d'un module vertical de 15 cm, de sorte que les murs puissent se poursuivre en modules de 15 cm.

Dans le plan de rez-de-chaussée, les trames SISMO® sont directement placées les unes à côté des autres. L'on peut toujours utiliser un module de projet de 10 cm. Il se peut que l'on doive faire exception au module de projet de 10 cm ; dans ce cas, l'on accordera davantage d'attention à l'assemblage des trames à cet endroit.

L'architecte détermine quelles trames doivent être utilisés dans les coins et les jonctions en T

Tout doit être mis en oeuvre afin de garantir que les trames soient assemblés de telle façon que leur longueur soit toujours un multiple de 10 cm et leur hauteur un multiple de 15 cm.

5.1. Astuces et techniques

5.1.1. Baies

Les ouvertures sont définies en unités modulaires de trame. Les coins ou ouvertures rectangulaires correspondront aux coins de la trame, voir figure 35

Des ouvertures obliques et courbes sont possibles. Les courbes, inclinaisons et points de départ peuvent être définis librement.

5.1.2. Niveau des dalles de plancher

Le côté supérieur des dalles de plancher non finies doit mis au niveau d'un module vertical de 15 cm, de sorte que les murs puissent se prolonger en modules de 15 cm, l'épaisseur de la dalle structurelle peut varier, voir figure 36.

5.1.3. Jonctions

Les trames des murs extérieurs devraient de préférence pouvoir se poursuivre dans les murs de jonction internes. A l'endroit de jonction des trames, le côté de la trame qui ne se poursuit pas devrait être raccordé au module 10 cm de la trame qui se poursuit, voir figure 37

5.1.4. Coins et jonctions en T

Les coins et les jonctions en T sont formés en plaçant les trames les unes contre les autres de sorte qu'une trame se poursuit au-delà de l'autre, voir figure 38.

6. La manipulation de la trame SISMO®

Comme la trame SISMO® est faite des fils d'acier, elle peut être moulée rapidement et avec précision dans presque n'importe quelle forme. Les modifications de forme sont opérées durant le processus de production. Elles auront, bien entendu, une influence sur le coût de la trame mais ne généreront par contre plus de coûts de main d'œuvre sur le chantier..

6.1. Jouer des courbes avec la trame SISMO®

Le rayon externe minimum que la trame pourra supporter dépendra de l'épaisseur globale de la trame, voir figure 39.

Les valeurs suivantes sont données à titre indicatif :

- 5 -20 cm : R > 100 cm;
- 20 -30 cm : R > 130 cm;
- 30 -50 cm : R > 150 cm.

6.2. Courber la trame SISMO®

La trame peut être courbée en continu de 0° à 90°, voir figure 40.

6.3. Raccourcir la trame SISMO®

Lorsque nécessaire, la trame peut être raccourcie ; il suffit de prévoir un pli dans les fils d'acier, voir figure 41.

7. Hygiène, santé et environnement

Le kit ne comprend pas de matériaux dont l'usage est restreint selon la directive «Substances dangereuses» Les matériaux du kit résistent à la croissance de champignons et de micro-organismes dans des conditions normales de température et d'humidité.

Comme décrit au paragraphe 8 l'auteur de l'ouvrage tiendra compte des besoins de ventilation, chauffage et isolation pour prévenir la condensation à l'utilisation, qui pourrait conduire à une

prolifération inacceptable de micro-organismes (effets à long terme). L'infestation par des parasites n'est pas stimulée car les matériaux sont sans valeur nutritive et il n'y a pas de vides dans le système.

8. Performance hygrothermique

Le risque de condensation superficielle et interstitielle peut être minimisé en appliquant une ou plusieurs des mesures suivantes:

- Obtenir pressions de vapeur faibles par ventilation et / ou apport d'humidité réduit à l'immeuble
- Obtenir des températures de surface élevées en plaçant plus d'isolation et / ou l'augmentation de l'apport de chaleur
- Utiliser moins de résistance thermique près du côté chaud de la construction
- Utilisez plus de résistance à la vapeur près du côté chaud de la construction

C'est pourquoi les modules SISMO® ont généralement plus d'isolation à l'extérieur qu'à l'intérieur. On peut déroger à ce principe si le calcul de la condensation superficielle et interstitielle, selon la norme NF EN ISO 13788, montre qu'il n'y a aucun risque.. Figure 43 montre un exemple de calcul de la condensation interstitielle pour un climat comme à Bruxelles et un mur SISMO® S35_4EPS_14EPS_HP_SW, les schémas Glaser montrent qu'il n'y pas de condensation interstitielle en Janvier ni en Juillet.

L'occupation des bâtiments, des activités et des processus associés, produit l'humidité. Elle doit être enlevée et emportée à l'extérieur par la ventilation, afin d'éviter une humidité relative élevée qui peut entraîner des problèmes de condensation et de moisissure.

Du point de vue de contrôler la condensation, le système de ventilation idéale assure soit:
• ventilation de fond, finement contrôlable, et l'extraction mécanique de la vapeur d'eau dans les zones productrices de l'humidité, comme les cuisines et salles de bains; soit
• une ventilation continue, soit par l'utilisation de ventilation naturelle soit par un système de ventilation mécanique.

Les débits de ventilation à respecter sont à retrouver dans l'arrêté relatif à l'aération des logements.

9. Résistance au feu

La résistance au feu peut être justifié par le calcul sur la partie béton seule par référence à la norme NF EN 1992-1-2. La stabilité au feu peut, par référence à l'annexe C du Guide d'Agrément Technique Européen n°9, être appréciée à :

Tableau 5 Résistance au feu des murs SISMO®

Épaisseur minimale du béton (mm)	Exemple mur SISMO®	Résistance au feu mur porteur	Résistance au feu mur non-porteur
100	S20_4EPS_4EPS	REI 30	EI 90
110	S20_FC_8EPS	REI 60	EI 90
120	S30_4EPS_12EPS	REI 90	EI 120
150	S25_4EPS_4EPS	REI 120	EI 180
180	S20_FC_FC	REI 180	EI 240
230	S25_FC_FC	REI 240	EI 240

10. Réaction au feu

En fonction de la demande de la classe de réaction au feu, les panneaux SISMO® peuvent être adaptés soit en modifiant la bande isolante soit en utilisant un écran protectif.

Dans le cas de mise en œuvre en façade d'un ERP (établissement recevant du public), l'isolant, dont l'épaisseur est supérieure à 5 mm (10 mm en sol), doit respecter l'une des dispositions suivantes :[2]

- Être classé au moins :
  - A2-s2, d0 en paroi verticale, en plafond ou en toiture ;
  - $A2_{FL}$– s1, en plancher, au sol
- être protégé par un écran thermique qui joue son rôle protecteur, vis-à-vis de l'action du programme thermique normalisé, durant au moins ¼ heure pour les parois verticales et les sols

Ecrans ne nécessitant pas de justification via un test selon la norme NF EN-13501 :

- Plâtre projeté : enduits d'épaisseur minimale de 15 mm en plâtre projeté sur une armature métallique fixée mécaniquement à la paroi ou à une ossature au travers de l'isolant combustible
- Plaques de parement à base minérale : plaques de parement en plâtre de 12.5 mm ou plaques de silicate de calcium de 14 mm

11. Isolation thermique

À titre d'exemple, la résistance thermique pour certaines configurations de murs SISMO® peuvent être trouvés dans le tableau 6. La résistance thermique de ces murs a été calculée conformément à la norme NF EN ISO 6946.

Tableau 6 Résistance thermique de certains murs SISMO®[3]

Dénomination SISMO®	Epaisseur totale (cm)	Epaisseur béton (cm)	R (m²K/W)
S35_4EPS_14EPS sw	37	16	4.57
S35_4EPS_14EPS_HP sw	37	16	5.43
S25_4RS_9RS_HP	27	10	5.40
S25_4EPS_10EPS_HP sw	27	10	4.25

12. L'inertie thermique

La masse thermique ou la capacité de stockage de chaleur des structures affecte le comportement thermique dynamique d'un bâtiment Le diagramme de figure 42 montre l´influence de la masse thermique sur le flux périodique de chaleur.

[2] Extrait de l'arrêté du 6 octobre 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissement recevant du public

[3] Y compris l'isolation thermique de l'enduit intérieur λ = 0.18 W/mK (Enduit isolant au plâtre, Tableau 3 NF EN ISO 10456), de l'enduit extérieur λ = 1 W/mK (Ciment, sable, Tableau 3 NF EN ISO 10456), du béton λ = 1.35 W/mK (Densité moyenne, Tableau 3 NF EN ISO 10456). Calculé avec une conductivité thermique λ de 0.032 W/mK pour l'EPS, 50 W/mK et 15 W/mK pour respectivement l'acier galvanisé à chaud et inoxydable

Les variations journalières de la température extérieure (ligne bleue) entraînent des flux de chaleur vers le bâtiment pendant le jour, où une partie de la chaleur est stockée dans la structure. Pendant la nuit, le flux de la chaleur est renversé (depuis le bâtiment vers l´environnement).

Les variations journalières résultantes de la température intérieure sont entre la masse thermique basse (ligne rouge) et la masse thermique importante (ligne verte).

Plus la masse thermique est importante, plus le délai est grand et plus le facteur de décroissance entre la variation des températures intérieures et extérieures (Tintérieurmax/Textérieurmax) est petit

Ainsi la masse thermique procure de confort thermique augmenté et des charges de pic réduites des systèmes techniques, autrement dit la possibilité d'installer des systèmes techniques moins puissante et couteux.

Les murs SISMO® ont une capacité de stockage de chaleur élevée avec une faible conductivité thermique par rapport à d'autres systèmes de construction. La masse thermique élevée stabilise la température interne provenant des fluctuations de température de jour en nuit et offre un environnement largement auto-régularisent qui se traduit par une consommation d'énergie moindre, réduisant la nécessité pour le chauffage et le refroidissement, entraînant davantage d'économies tout au long de l'année, voir la ligne verte le diagramme.

Les valeurs de la capacité calorifique du béton, le polystyrène expansé et de fibrociment sont donnés dans la norme EN 12524.
Dans le tableau 7 l'effet d'inertie, de certains murs SISMO® finis, est donné et calculé selon la norme NF EN ISO 13786.

Tableau 7 Inertie thermique pour quelques murs SISMO®

	Délai	Facteur de décroissance	Résistance thermique	Epaisseur
S35_4EPS_14EPS_HP	9h 32 min	0.04	5.43 m²KW	37 cm
S25_4EPS_10EPS_HP	7h 58 min	0.07	4.25 m²K/W	27 cm
Système ossature en bois	8h 59 min	0.35	4.2 m²K/W	27 cm
Mur creux (maçonnerie en briques)	10h 32 min	0.23	4.02 m²K/W	36 cm

13. Isolation acoustique

Le procédé SISMO® peut permettre de satisfaire à la réglementation en matière d'isolement acoustique.

A titre d'exemple quelques valeurs d'indices d'affaiblissement acoustique :

Tableau 8 Indice d'affaiblissement acoustique pour quelques murs SISMO®

	Rw (C ; C_{TR}) (dB)
S25_4EPS_4EPS+8EPS	52 (-2, -5)
S20_FC_4EPS	51 (-1 ;-4)
S10_4MW_S10	62 (-1 ; -3)

Le module S10_4MW_S10 est composé de 2 modules SISMO® séparés par de la laine minérale ce qui est typiquement utilisé comme mur séparatif de logement.

14. Mise en œuvre

14.1. Manutention, transport et stockage des panneaux SISMO®

Les panneaux livrés sur place peuvent avoir des pointes aiguës, la manutention sur place doit être fait avec des gants et des lunettes de protection.

Le chargement et le déchargement des modules SISMO® peut être fait manuellement (stockés latéralement, debout), ainsi que par un engin (stockés à plat, en position horizontale).

Les modules SISMO® peuvent être transportés et stockés sur le côté, debout ou en position horizontale. Quand stocké et transporté en position horizontale, il faut faire attention à limiter la charge parce que les panneaux de fond, d'un tas modules SISMO® horizontalement empilés, ont un risque plus élevé de se déformer.

14.2. Mise en place des panneaux SISMO®

Les panneaux SISMO® sont mis en place sur les fondations ou sur les planchers. Ils sont maintenus entre eux par la mise en œuvre des boucles d'assemblage (figure 1) placées longitudinalement tous les 15 cm de chaque côté du panneaux (face intérieure et extérieure).

Les panneaux sont maintenus en phase provisoire à l'aide des étais (figure 20) conçus spécialement à cet effet et mis en œuvre contre l'une des faces. Ils assurent le maintien latéral des panneaux en phase provisoire. La distance maximale entre 2 étais ne peut pas dépasser 2 mètres. Il est possible de transformer les étais en échafaudage afin de permettre l'accès en partie haute du coffrage pour assurer le suivi des opérations de coulage du béton.

L'extrémité libre des panneaux (cas des ouvertures , fenêtres, baies, portes ou extrémité des refends) est clôturées en phase provisoire dans les mêmes conditions que les parties courantes pour garantir la tenue du béton frais.

La verticalité du mur est vérifiée avant et pendant coulage.

La mise en œuvre d'une dalle peut être réalisée avec une files d'étais régulièrement espacées (figures 30 à 31). Un plan de pose indique la disposition retenue pour chaque travée. Lorsque la dalle est réalisée avec des files d'étais n'assurant pas la sécurité à la mise en œuvre, il est fait usage d'un platelage de circulation et de déversement du béton. Une mention explicite figure alors sur le plan de pose.

14.3. Mise en place des armatures

Les schémas de principe des armatures SISMO® se trouvent en annexe.

Plusieurs aspects doivent être pris en compte pour un placement efficace des renforts.

Les dimensions modulaires de la trame SISMO® sont des pas de 10 cm horizontalement et des pas de 15 cm verticalement, voir figures 4 et 73 à 76. Comme les renforts sont tenus en place par la trame SISMO®, les distances des renforts devraient être des multiples de ces dimensions. Le maintien des armatures par la trame métallique garantit le bon positionnement des armatures après coulage du béton.

Les étriers, barres de renforcement droites, en L et U (figures 61 à 64) peuvent aisément être intégrés durant l'assemblage des modules. La trame SISMO® ne peut pas être combinée à des grillages de renforcement soudés.

Les armatures verticales destinées à la réalisation des chainages verticaux ou nécessitées par le calcul en partie courante sont insérées par le haut des panneaux au fur et à mesure de l'avancement de leur montage.

Les armatures horizontales destinées à la réalisation des chainages horizontaux, des linteaux ou nécessitées par le calcul en partie courante sont insérées par le bord des coffrages au fur et à mesure de l'avancement des murs. Parfois il y a lieu de faire glisser les bandes isolantes servant de coffrage d'extrémité pour insérer les armatures et de les remettre en position ensuite.

Pour des raisons pratiques , les armatures d'angles nécessitent un façonnage particulier permettant une mise en œuvre aisée.

La chronologie des opérations de mise en œuvre des armatures, ,voir schémas de principe en annexe :

- D'un mur en angle, voir figures 85 à 87 :
    1. Mise en place des barres de renforcement horizontales en U d'un mur ;
    2. Mise en place des barres de renforcement horizontales en U de l'autre mur ;
    3. Mise en place de la barre de renforcement verticale commune.
- D'un mur en jonction T, voir figures 79 à 84 :
    1. Mise en place des barres de renforcement horizontales en U du mur à joindre ;
    2. Mise en place du mur en jonction T ;
    3. Mise en place des barres de renforcement horizontales en U du mur à joindre ;
    4. Mise en place de la barre de renforcement verticale commune.
- D'un linteau, voir figures 88 à 91 :
    1. Mise en place des étriers verticaux ;
    2. Mise en place des barres de renforcement horizontales.

14.4. Coulage du béton

Le coulage du béton est effectué à la pompe à béton, ou à la benne. Il est impératif de respecter les dispositions suivantes :

- Le coulage du béton se fait à une vitesse maximale de 100 cm par heure, en couches successives de 50 cm maximum pour un béton d'une classe de consistance SF1, comme le béton type Agilia Panneau Sismo. Le remplissage est limité à 6 mètres par jour.
- Si le coulage est fait à la pompe, il est préférable de prendre de mesures, afin de couper l'effet dynamique de poussée du béton. Une manchette souple , en caoutchouc, sera fixée à l'aide de circlips au tuyau de la pompe afin de canaliser la sortie du béton.

La plasticité du béton coulé et la dimension maximale des granulats sont fonctions de l'épaisseur de béton coulé. Les valeurs sont données au paragraphe 3.4

Le remplissage de l'espace entre les bandes est effectué en des endroits bien prévus (à savoir horizontalement, maximum 2 à 4 m l'un de l'autre, en fonction de la plasticité du béton) pour obtenir une efficacité maximale sans séparation du béton.

La largeur de l'espace à remplir entre les bandes est d'au moins 10 cm.

Pour garantir les caractéristiques géométriques et mécaniques du mur fini, les vérifications suivantes sont effectuées pendant l'opération de coulage :

- Contrôle et correction éventuelle de la verticalité du mur avant début de prise du béton. Le module ne pourra pas bouger ni fléchir (de sa position théorique verticale et horizontale) de plus d'un demi pour cent horizontalement et verticalement, quand le béton est versé à une hauteur de 6 m, en tenant compte de la pression du vent. L'écart maximal de verticalité est de 20 mm sur la hauteur de l'étage ou 50 mm sur la hauteur totale de la construction.
- Vérification du bétonnage correct par examen des fuites légères de laitance au droit des joints entre bandes isolantes. Cette vérification visuelle peut être complétée par un sondage pour des situations jugées critiques vis-à-vis du remplissage du béton. Cependant, les essais réalisés pour l'obtention de l'Agrément Technique Européen ETA 01/0001 ont montré que, moyennant le respect des prescriptions relatives à la consistance du béton et à la dimension maximale des granulats, la finesse de la trame métallique permet un bétonnage pleinement satisfaisant.

Les toits avec des inclinaisons de moins et de plus de 30° sont construits avec des trames respectivement ouvertes et fermées.

Les parements constitués des bandes isolantes peuvent être nettoyées au jet d'eau ou au balai après bétonnage pour éliminer les fuites légères de laitance.

14.5. Mise en place des panneaux isolants Plus

La mise en place des panneaux isolants doit s'effectuer selon le Cahier des Prescriptions Techniques (CPT) 3035 du CSTB.

La surface des murs doit être saine, dépoussiérée et débarrassée de tout produit non adhérent La fixation des panneaux de polystyrène expansé sur le support est effectué par collage.

Les panneaux Plus sont disponible avec une structure gaufrée qui permet d'assurer une bonne accroche sur le treillis de 1 cm qui traverse le panneau SISMO®, voir figure 13.

Les panneaux Plus sans structure gaufrée sont destinés à être collés sur les panneaux SISMO® sans treillis d'accrochage. Pour ce type de panneau SISMO® un rail de départ est fixé à 15 cm au-dessus du point le plus haut du sol. Un espace de 2 à 3 mm est laissé entre chaque profilé afin de permettre leur dilatation.

La colle est appliqué par boudins sur le panneau. La première rangée de panneaux est posée à partir du niveau bas. La planéité est vérifié en permanence à l'aide d'un règle de 2 m. Les rangées suivantes sont posées en « coup de pierre », panneaux bout à bout, parfaitement jointif.

Aux angles de baies, des découpes en « L » doivent être réalisés afin d'éviter de joints filants. La découpe et l'ajustement des panneaux, sont réalisés après mise en place de l'isolant.

14.6. Finitions

La mise en œuvre des revêtements doit être effectuée soit conformément aux Guide d'Agrément Technique Européen n° 4-ETICS (Système de façade à isolation thermique extérieure) et DTU visant les supports et techniques concernées, soit au moyen d'enduits bénéficiant d'Avis Technique visant l'emploi envisagé.

14.6.1. Enduits

Les recommandations du fabricant du matériau de finition seront respectées et les bonnes pratiques commerciales concernant l'installation et le scellement seront observées. L'enduit devrait adhérer aux support spécifique prévue, être résistant à un niveau d'impact acceptable, être résistant au gel (le cas échéant), de préférence, être étanche mais perméable à l'humidité et être capable de résister à un choc thermique.

Ci-dessous quelques remarques générales à prendre en compte :

- Tant les enduits à la chaux que les enduits au ciment conviennent, mais les systèmes d'enduit à la chaux sont généralement plus fiables que les systèmes à base de ciment avec un plastifiant.
- Le système se compose de modules de 120 cm, tous les systèmes d'enduits externes devant être employés conformément aux dispositions visant à ne pas avoir d'interruption des joints entre les différents modules. La deuxième couche de fond sera renforcée d'un treillis de fibre afin d'améliorer sa résistance mécanique.
- L'épaisseur de l'enduit est au minimum de
    - 20 mm sur les bandes isolantes en polystyrène expansé et laine minérale en cas de treillis d'accroche de 1 cm, figure 54 ;
    - de 10 mm dans tous les autres cas, figure 55 ;
    - 5 mm sur les panneaux Plus en polystyrène expansé, figure 56.
- Le recouvrement des fils de la trame métallique doit être au moins de 5 mm.
- Les enduits qui couvrent les treillis doivent avoir un pH ≥ 11, en cas d'application directe sur les panneaux en polystyrène il n'y a pas cette exigence. Des matières agressives peuvent entraîner la corrosion des trames SISMO®.
- Le treillis d'accroche de 1 cm, peut être supprimé lorsqu'on utilise un enduit léger modifié aux polymères qui offre une adhésion suffisante à l'isolant. Les enduits à base de minéraux nécessitent un treillis d'accroche SISMO® afin d'adhérer.
- Le support doit être propre. Si nécessaire , il doit être nettoyé avec un balai pour enlever toutes les impuretés. Le mur SISMO®, peut être lavé à l'eau afin d'obtenir une surface exempte de toute poussière.
- Les murs SISMO® doivent avoir été traités de manière adéquate et être stables avant d'être enduits. Ils doivent être exempts de tout mouvement dû à des sollicitations , des contractions, à l'affaissement, etc.
- Le nombre de treillis de renforcement en fibre doit être augmenté aux endroits où des tensions se concentrent, comme aux ouvertures de portes et fenêtres.
- Aux coins extérieurs et aux endroits où l'enduit se termine, les moulures nécessaires pour la finition des coins et des extrémités doivent être utilisées. Tenez toujours compte de l'épaisseur de la couche de finition.
- Les joints de dilatation sont essentiels pour éviter les fissures aux endroits où l'enduit et le substrat sont susceptible de bouger.
- Bien qu'il soit possible d'utiliser un enduit monocouche, il est généralement conseillé de prévoir deux couches, une sous-couche et une couche de finition. En cas de forte exposition, il est recommandé de prévoir 3 couches, avec une première couche relativement imperméable et les autres plus poreuses.
- Si une attention particulière a été portée aux détails extérieurs lors de la conception de la structure et si les matériaux et méthodes d'application des enduits sont conformes aux recommandations, les finitions extérieures ne demanderont aucun entretien pendant de

nombreuses années. Toutefois, en fonction des niveaux de pollution et de saleté présent dans l'air, un nettoyage régulier peut être nécessaire. Un entretien typique devrait comprendre une inspection annuelle, un nettoyage tous les cinq ans au bout de 20 ans et des réparations mineures à des intervalles de 10 ans.

14.6.2. Autres finitions

La trame SISMO® offre la liberté d'opter pour quasiment n'importe quelle finition, voir figures 57 à 60. Les recommandations du fabricant du matériau de finition seront respectées et les bonnes pratiques commerciales concernant l'installation et le scellement seront observées. Les techniques de finition les plus diverses pourront être adoptées, comme la surface brute, le revêtement de pierre naturelle, les bardeaux, les panneaux de parement, la maçonnerie, le mur-rideau, le plafonnage, les panneaux de plâtre, le lambrissage, les panneaux de bois, etc. Voir les figures en annexe.

14.7. Conduits

Certains matériaux de remplissage permettent d'installer des conduits rapidement et facilement, voir figure 32. Le polystyrène auto-extinguible, par exemple, permet de créer un passage pour les conduits.

Quand des panneaux durs minces sont utilisés pour le coffrage, les conduits peuvent soit être montés en surface, soit insérés avant que le béton ne soit versé.

Il est également possible de prévoir des bandes de polystyrène permettant d'installer les conduits ultérieurement. Il conviendra dans ce cas de vérifier la réduction locale d'épaisseur du béton afin de ne pas porter préjudice à la robustesse générale de la paroi.

14.8. Fixation des objets

Il est possible de fixer des objets jusqu'à 80 kg par dispositif de fixation (cylindre d'installation) dans la combinaison enduit et bandes d'isolation, pour d'autres cas, les dispositifs de fixation doivent être insérés dans le béton. Pour le type de fixation, il convient de consulter le distributeur local. Voir les exemples figures 33.

14.9. Points singuliers

Des schémas de principe sur les points singuliers suivants sont affichés en annexe (figures 44 à 53) : menuiserie, coffre volet roulant, joint murs et dalles et finition soubassement.

15. Dimensionnement – vérification par le calcul

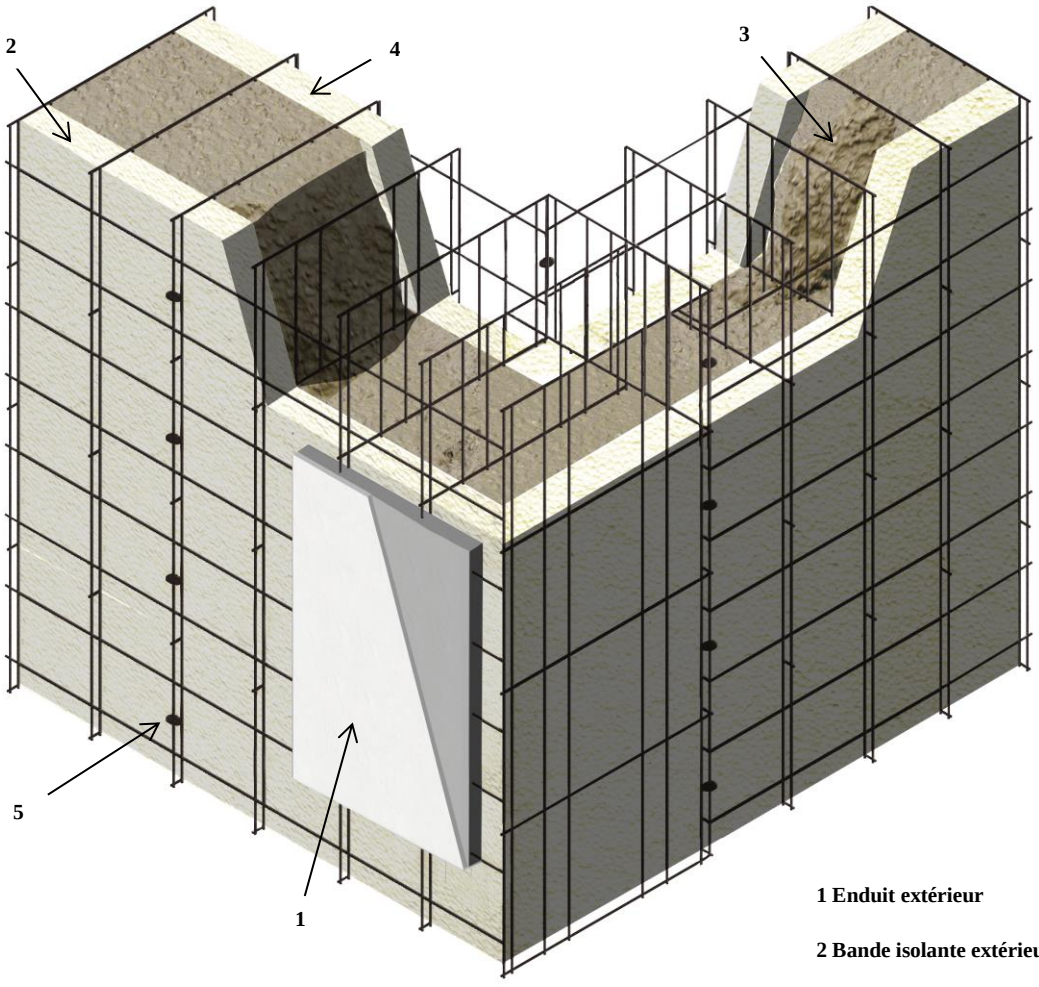
Le dimensionnement est effectué dans les mêmes conditions que pour les murs et dalles traditionnelles en béton (armé). Les armatures résultent de l'application des dispositions constructives à appliquer et/ou des calculs de structures menés selon les règles usuelles sont mises en œuvre dans les conditions précisées au paragraphe 14.3 ci-avant.

B. Résultats expérimentaux

- Essais d'isolement acoustique aux bruits aériens selon la norme EN ISO 10140-2: 2010 et EN ISO 717-1:1996 par le laboratoire agrée selon la norme EN ISO/IEC 17025 Blasco bvba – LARGE (2013)
- Essais de résistance à la compression sur éprouvettes cylindriques béton prélevées à la base d'un mur coulé dans les conditions plus sévères que celles spécifiées dans l'ATE 01/0001 - Test réalisé par le laboratoire de Magnel de l'Université de Gand, en Belgique en 2006 (www.labomagnel. ugent.be)
- Murs en béton SISMO®, SISMO® Building Technology: béton dans les bâtiments de grande hauteur - Etude théorique et expérimentale présentée par le Département de l'Université de Louvain, en Belgique en génie civil en 1994
- Détermination de la résistance à la flexion des joints mur et dalle sous charge verticale et horizontale d'un mur SISMO® avec un renforcement standard - test réalisé par le département de génie civil à l'Université de Louvain, en Belgique en 1993 et 1994
- Comportement au flambement des murs et des colonnes SISMO®, Joints mur /mur SISMO® dans les zones de tremblement de terre: la résistance au cisaillement - Tests effectués par le département de génie civil à l'Université de Louvain, en Belgique en 1992 et 1993
- Détermination de la résistance des soudures de deux types de trames métalliques - des tests effectués par le Centre de recherche de l'Institut de Soudure belge de l'Université de Gand, en Belgique en 1991
- Essais d'adhérence d'enduit plâtre sur panneaux SISMO® réalisés par le laboratoire des matériaux de construction de l'université de Liège (1991)
- Essai de résistance au feu des panneaux SISMO® réalisés dans les laboratoires de résistance au feu de l'université de Gand – Belgique (1985 et 1988)
- Essais de résistance à la compression des panneaux SISMO® réalisés à l'université de Louvain – Belgique (1985)

ANNEXE 1 Figures

Mur SISMO®



1 Enduit extérieur

2 Bande isolante extérieure

3 Béton

4 Bande isolante intérieure

5 Boucles d'assemblage

Figure 1

EOTA European Organisation for Technical Assessment

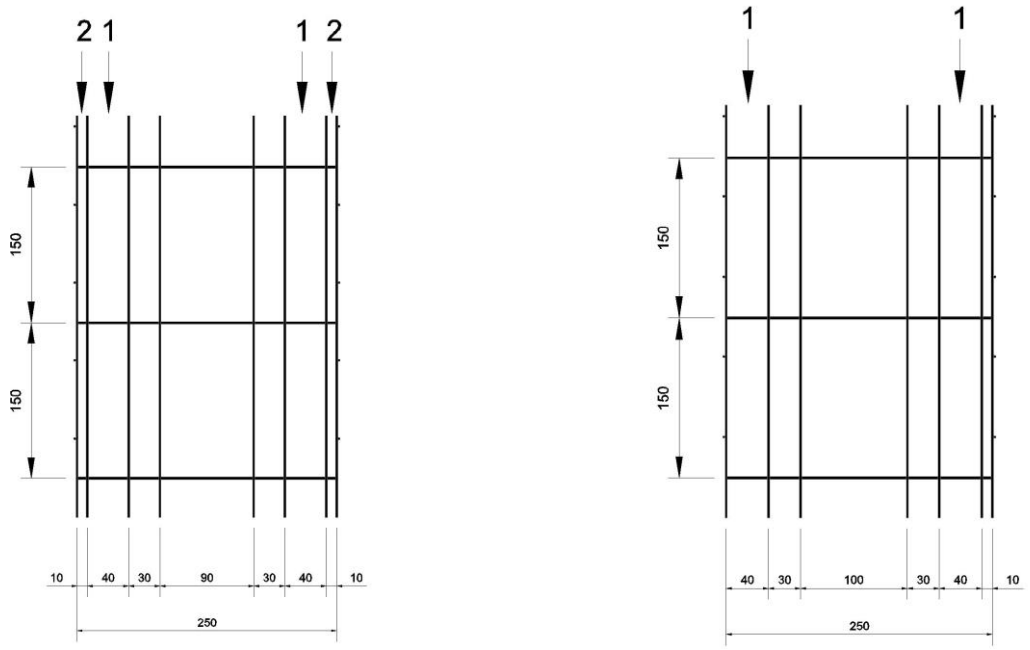


Figure 2 Trame 2-dimensionnelle . Figure droit une trame 2D sans treillis d'ancrage d'un côté. 1 = position des bandes isolantes, 2 = position des bandes de panneaux durs

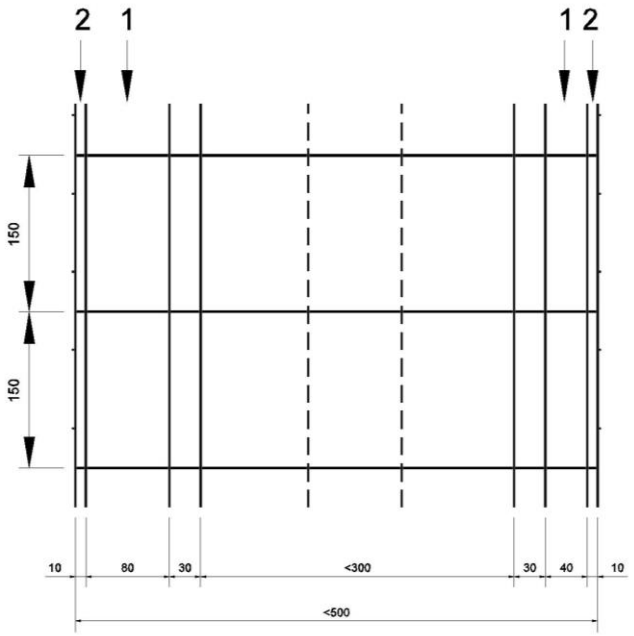


Figure 3 Trame 2-dimensnionnelle, disponible jusqu'à 50 cm

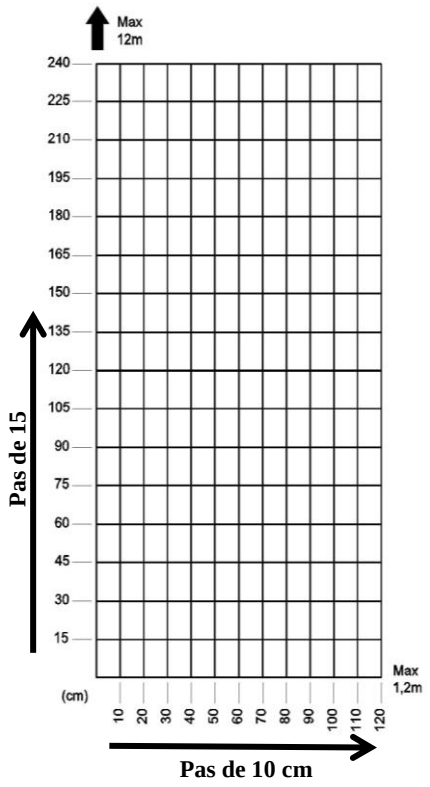


Figure 4 Dimensions modulaires de la trame métallique

European Organisation for Technical Assessment

Types de mur SISMO®

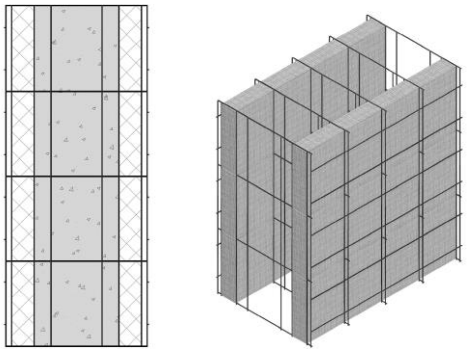


Figure 5 Bandes isolantes intérieures et extérieures, symétriques

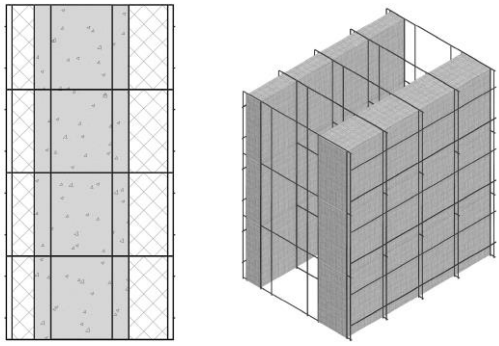


Figure 6 Bandes isolantes intérieures et extérieures, asymétrique

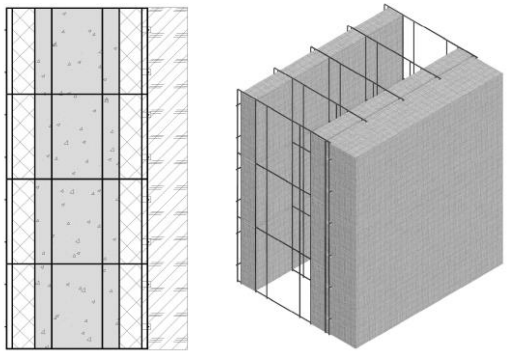


Figure 7 Bandes isolantes intérieures et extérieures et panneaux isolants Plus

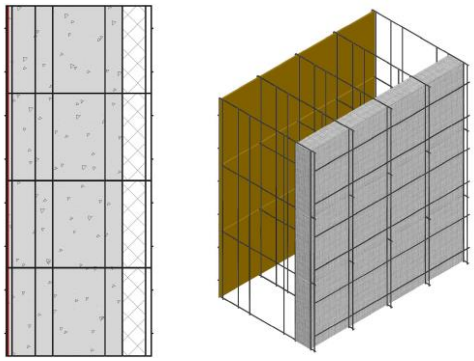


Figure 8 Bandes de panneaux durs intérieures et bandes isolantes extérieures

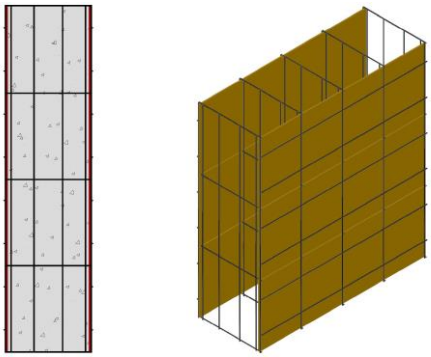


Figure 9 Bandes de panneaux durs intérieures et extérieures

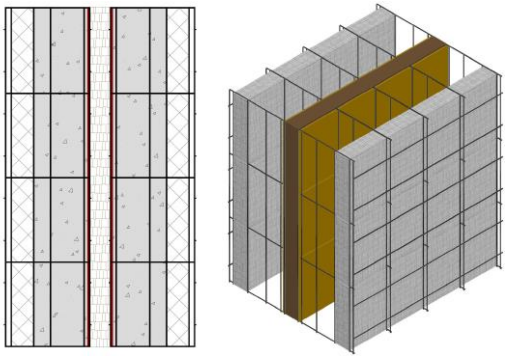


Figure 10 2 murs SISMO®, avec de bandes de panneaux durs extérieures, découplés et isolés par de la laine minérale pour les performances acoustiques

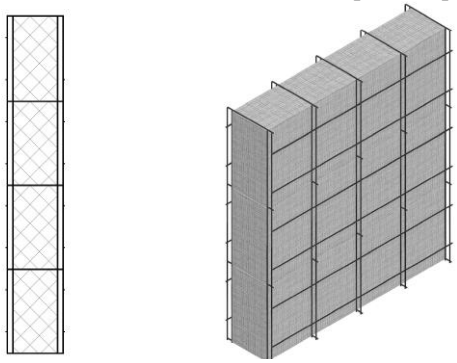


Figure 11 Module avec isolation, seulement pour des murs non-porteur

Bandes isolantes à insérer dans les modules

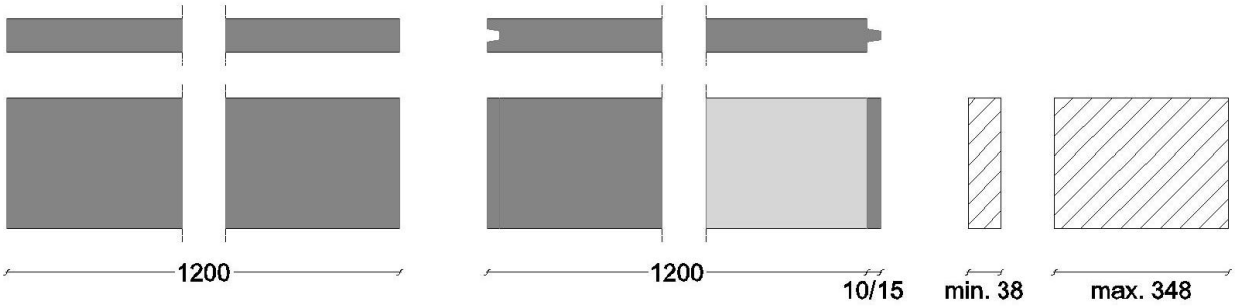


Figure 12 Bandes isolantes, sans ou à languette et rainure

Panneaux d'isolation Plus

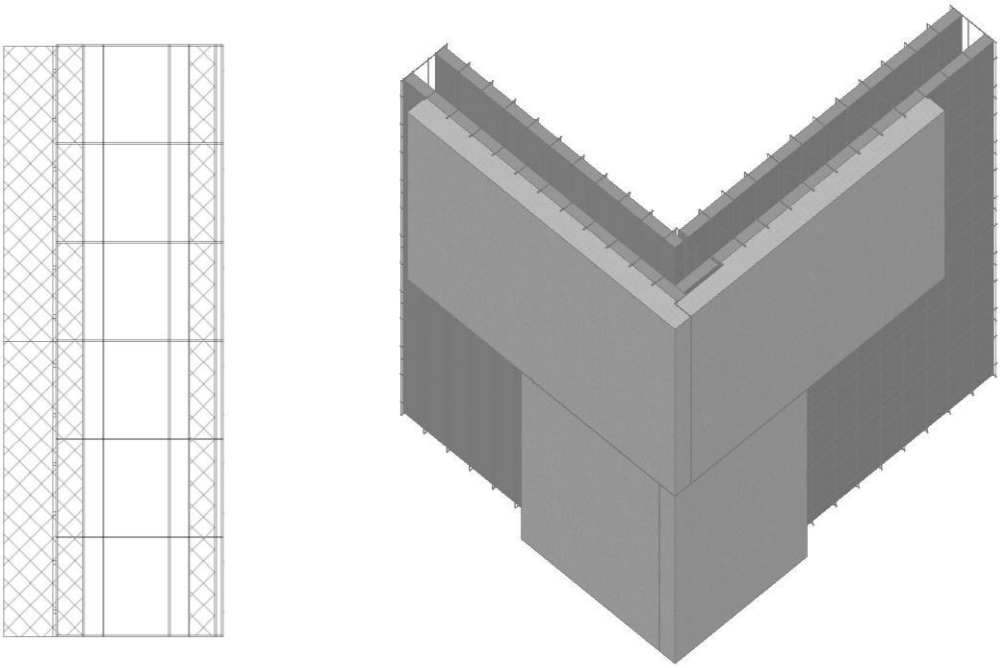


Figure 13

EOTA European Organisation for Technical Assessment

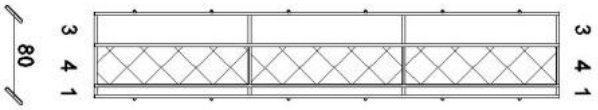


Figure 14 Module SISMO® pour une dalle pleine

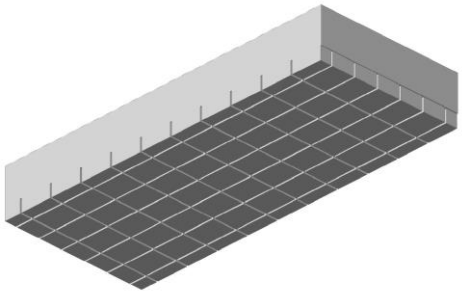


Figure 15 Entrevous PSE pour module dalle SISMO®

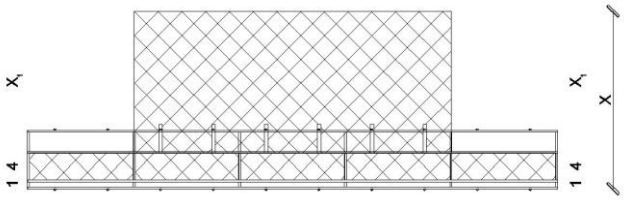


Figure 16 Module dalle SISMO® avec entrevous en PSE pour créer une dalle à nervures SISMO

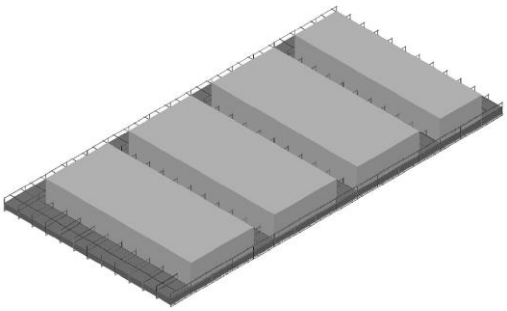


Figure 17 Module dalles à nervures SISMO®

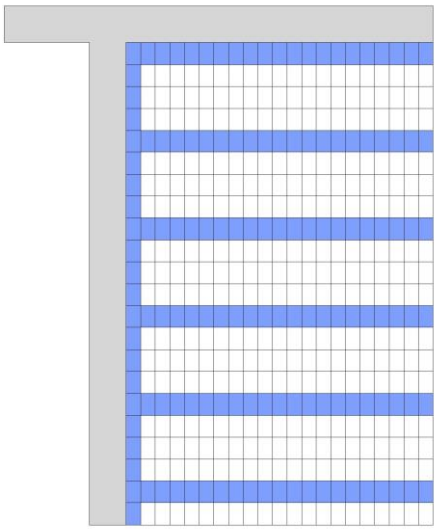


Figure 18 Dalle à nervures SISMO®

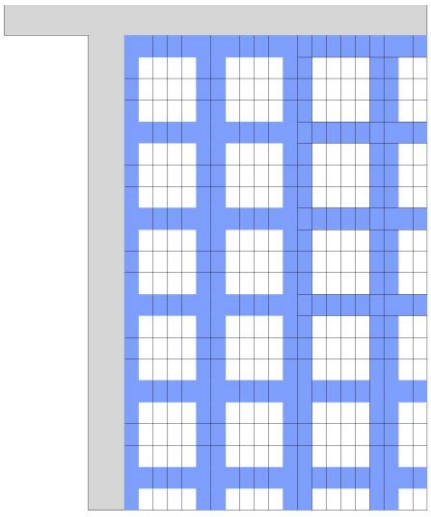


Figure 19 Dalle à caissons SISMO®

Accessoires

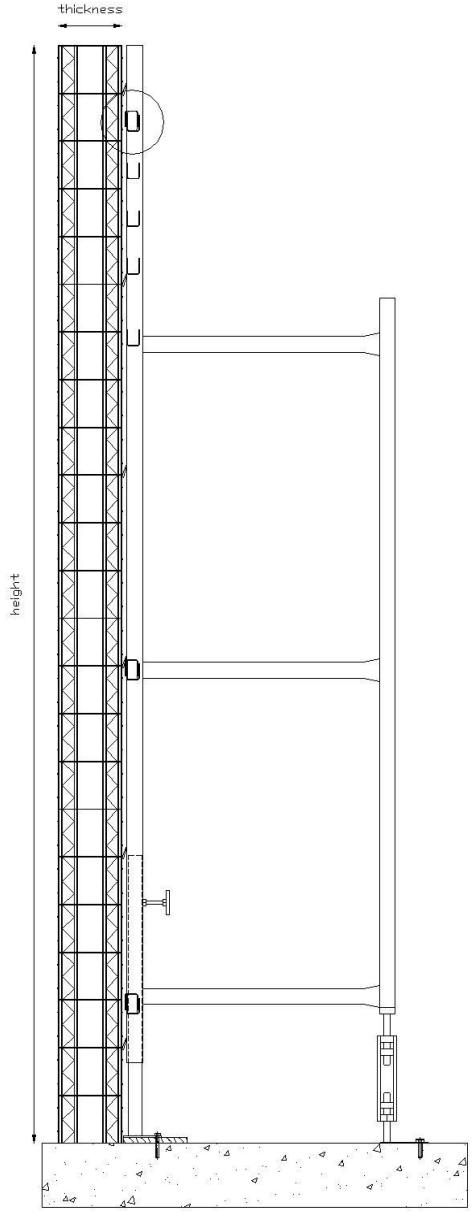


Figure 20 Etais SISMO®

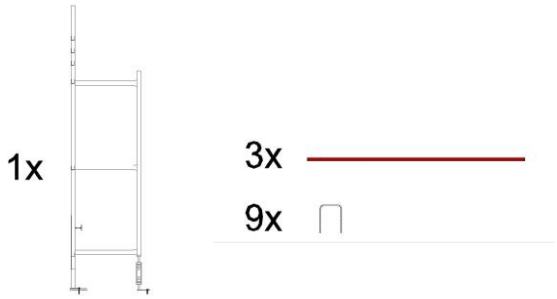


Figure 21 1 set étais =
1 étais, 3 lattes, 9 profils en U

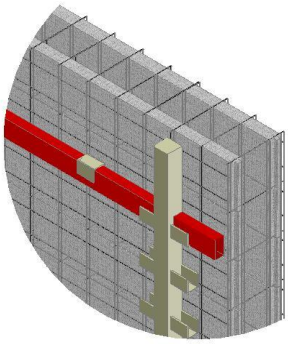


Figure 22

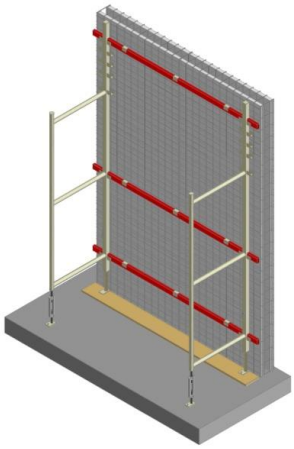


Figure 23

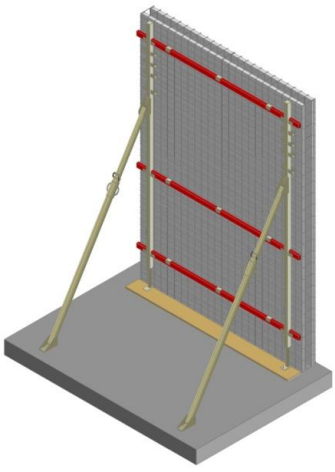


Figure 24

European Organisation
for Technical Assessment

Accessories

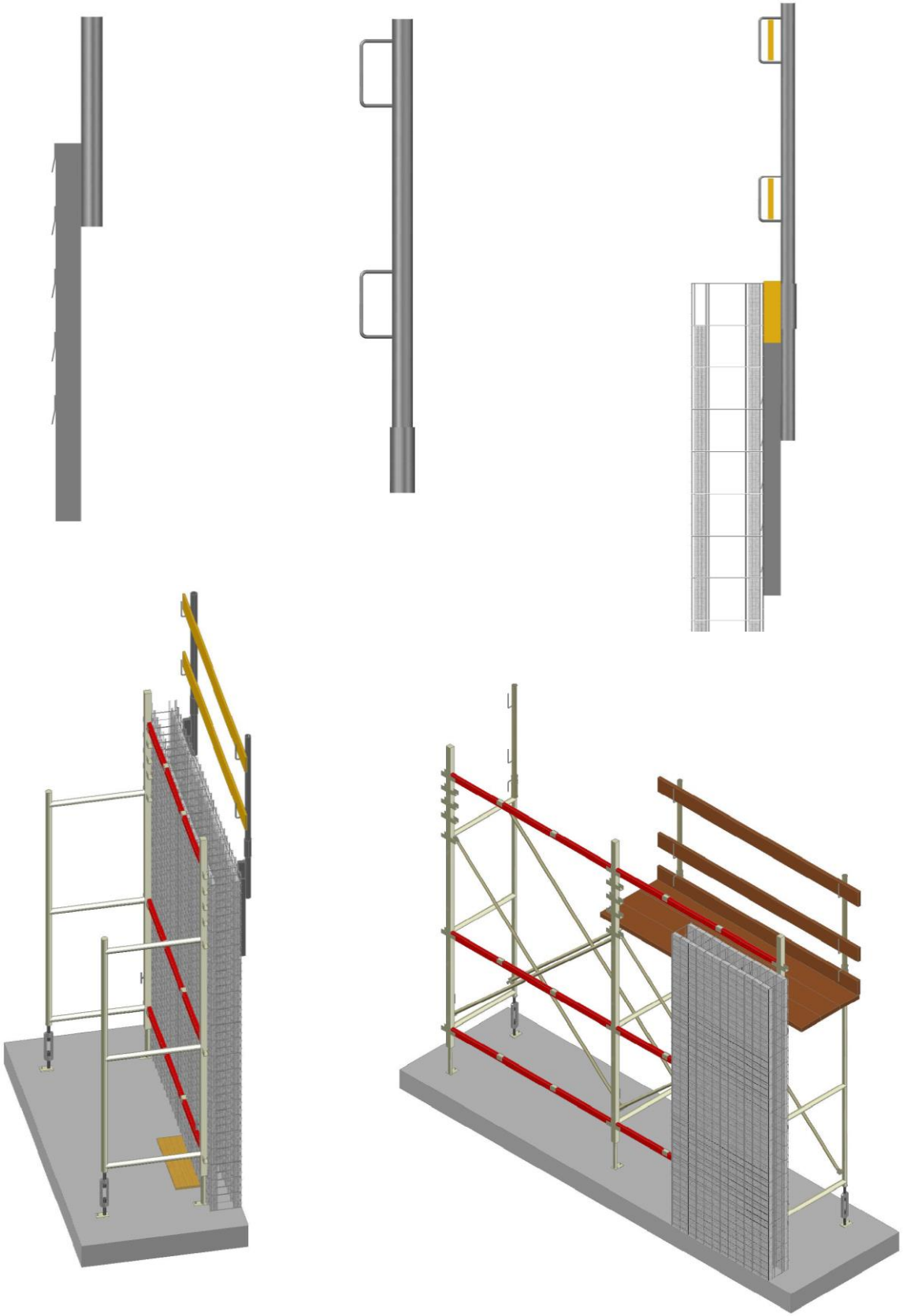


Figure 25 Barreau de garde-corps et support pour barreau pour créer un garde-corps, plancher pour aligner les panneaux

Accessories

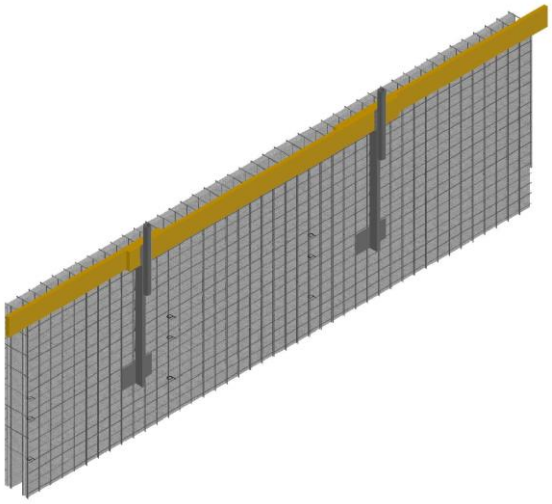


Figure 26 Support de barreau utilisé pour l'alignement des panneaux

Les outils à main :

Figure 27 Agrafeuse et agrafes omega

Figure 28 Appareil à lier

Figure 29 Pince coupante

Etais de dalle et planches de coffrage

Figure 30 Etais de dalle supportant poutres et planches de coffrage

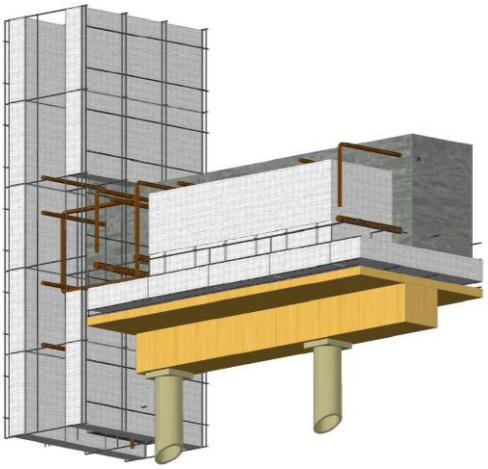


Figure 31

Encastrement des conduits et circuits

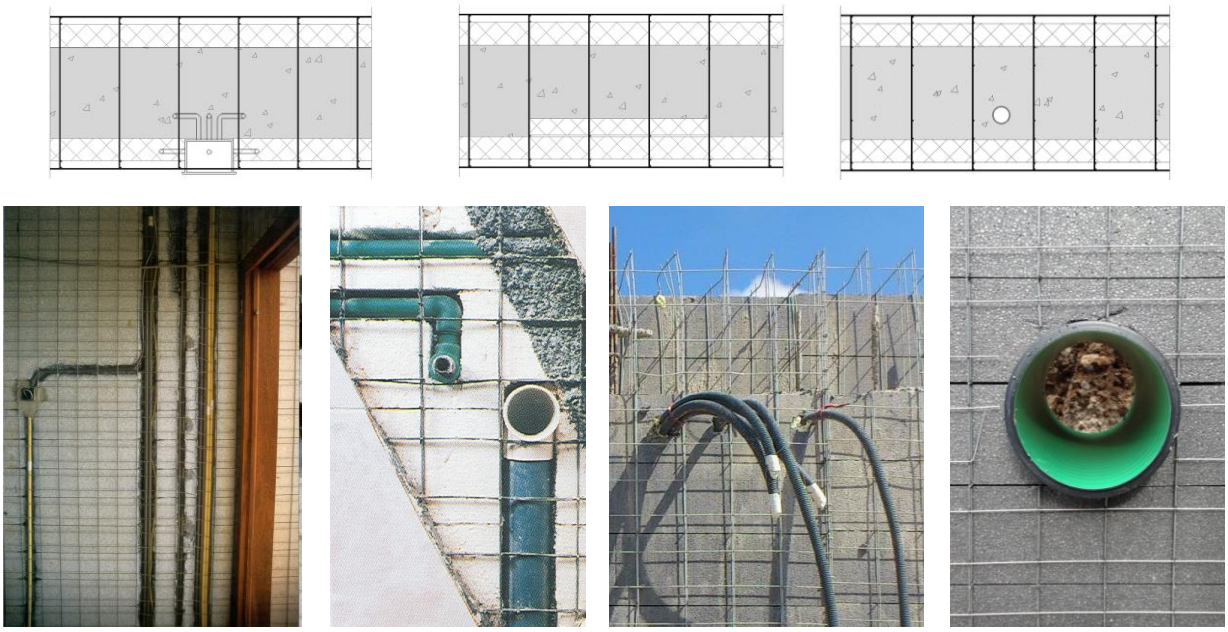


Figure 32 Conduits intégrés dans le béton et l'isolation, 1 avant le coulage du béton 2 dans l'isolation (couper ou faire fondre)

Fixation des objets

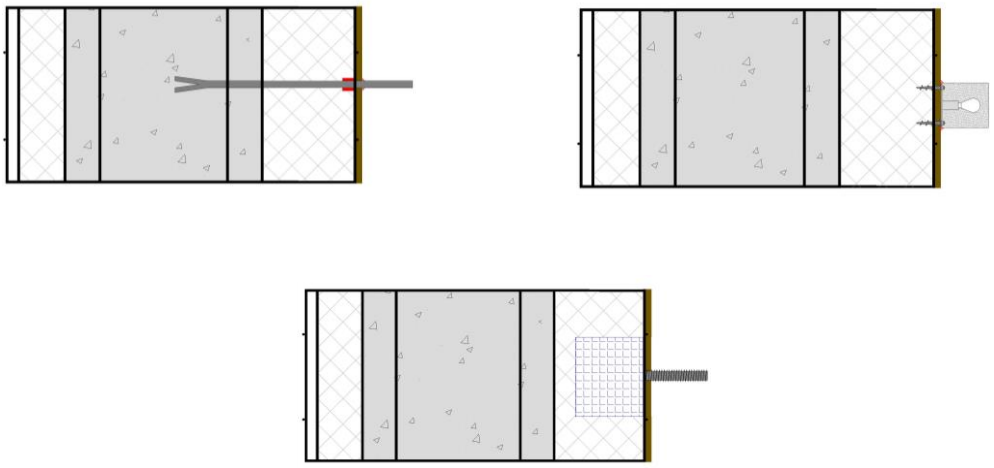


Figure 33 Fixation des objets dans l'insulation ou le béton

Modulation

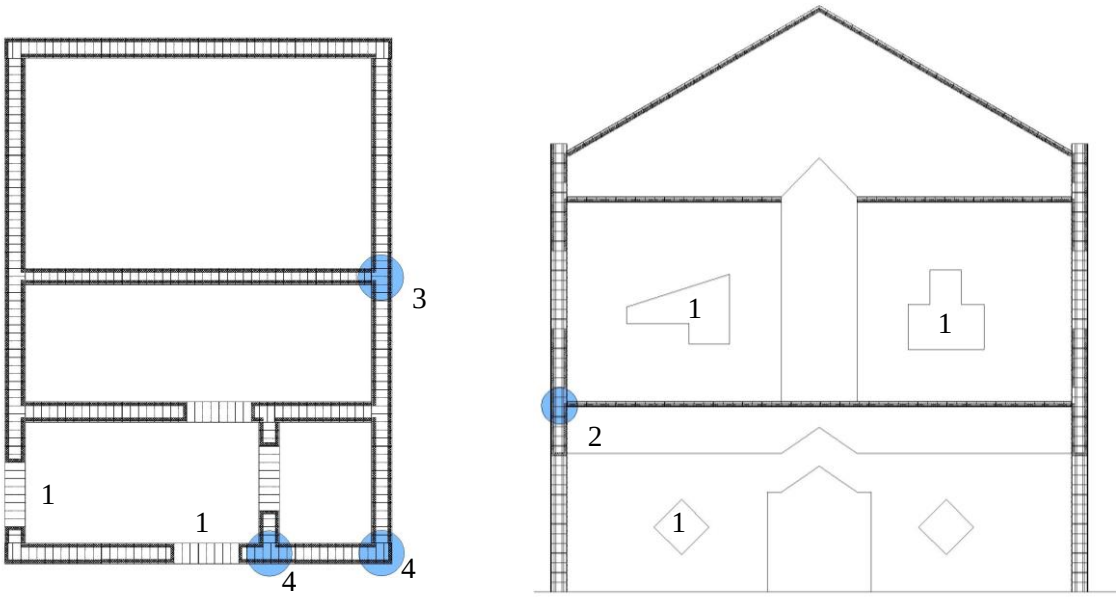


Figure 34 Modulation

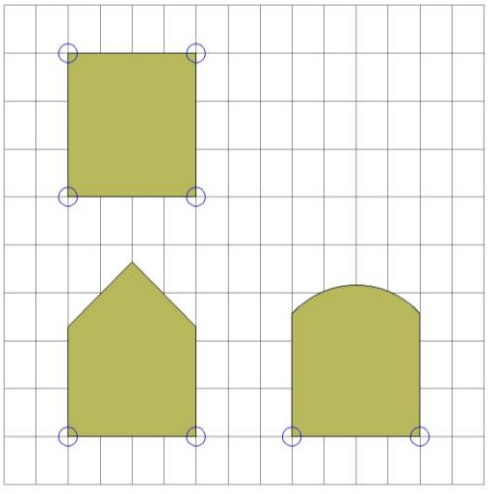


Figure 35 Coins des ouvertures rectangulaires

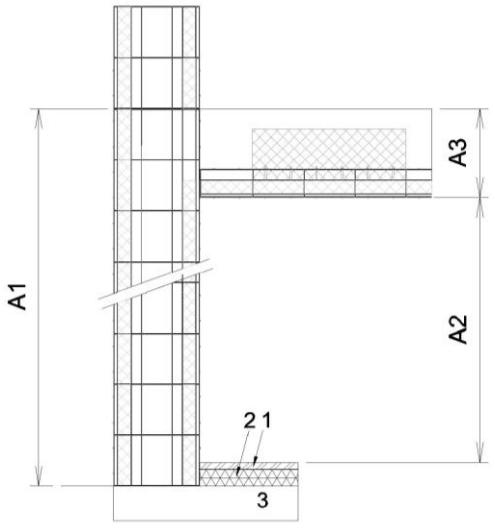


Figure 36 Niveau de la dalle de plancher

European Organisation
for Technical Assessment

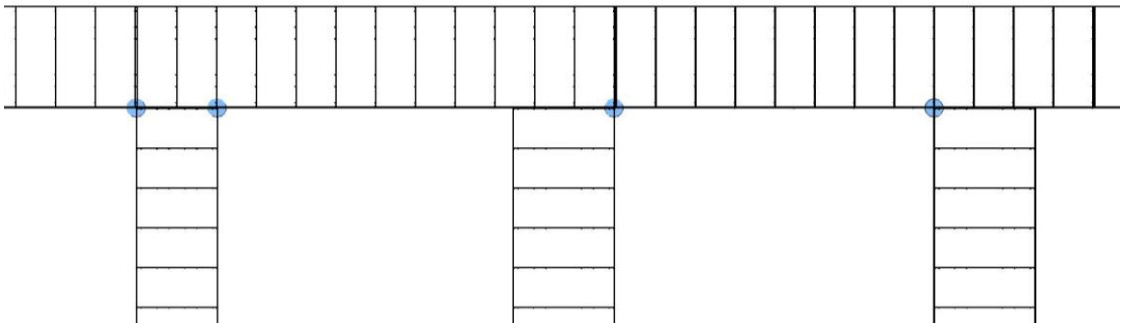


Figure 37 Jonctions, un côté de la trame devrait être raccordé au module 10 cm de la trame qui se poursuit

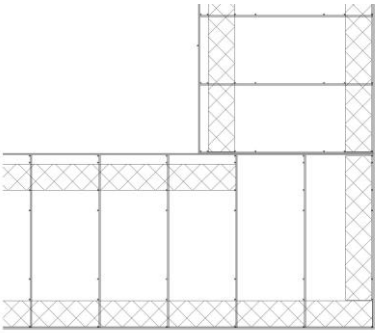


Figure 38 Jonctions, une trame se poursuit au-delà de l'autre

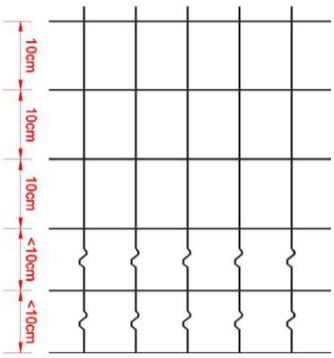


Figure 41 Raccourcir la trame SISMO®

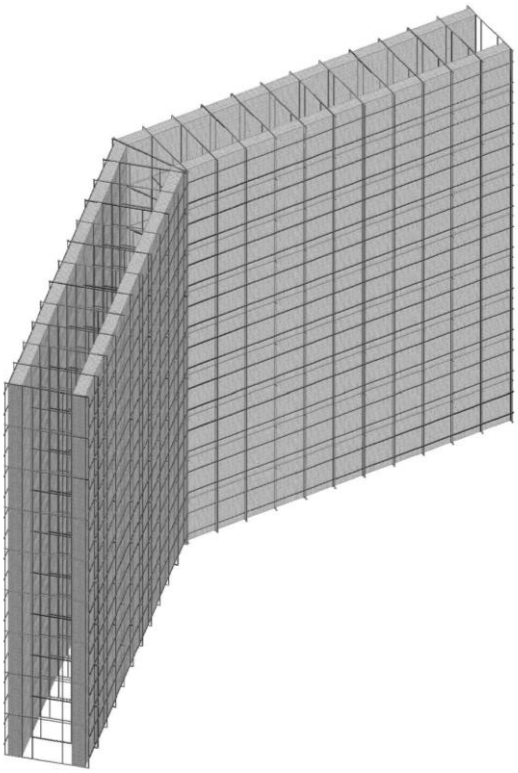


Figure 40 Courber la trame SISMO®

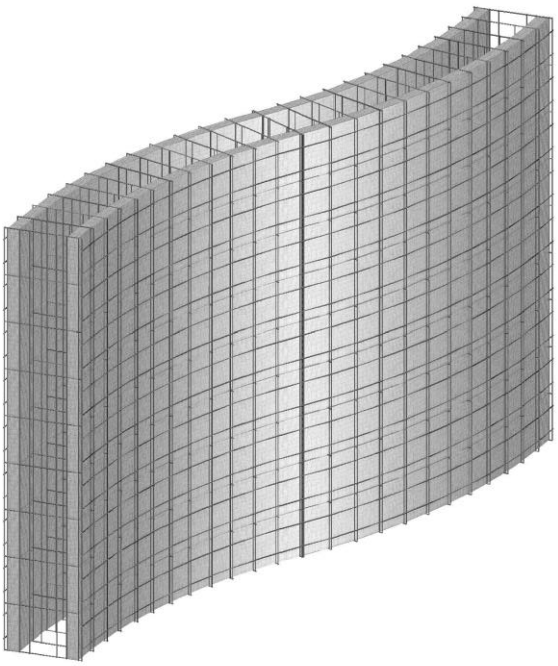


Figure 39 Jouer des courbes avec la trame SISMO®

Inertie Thermique

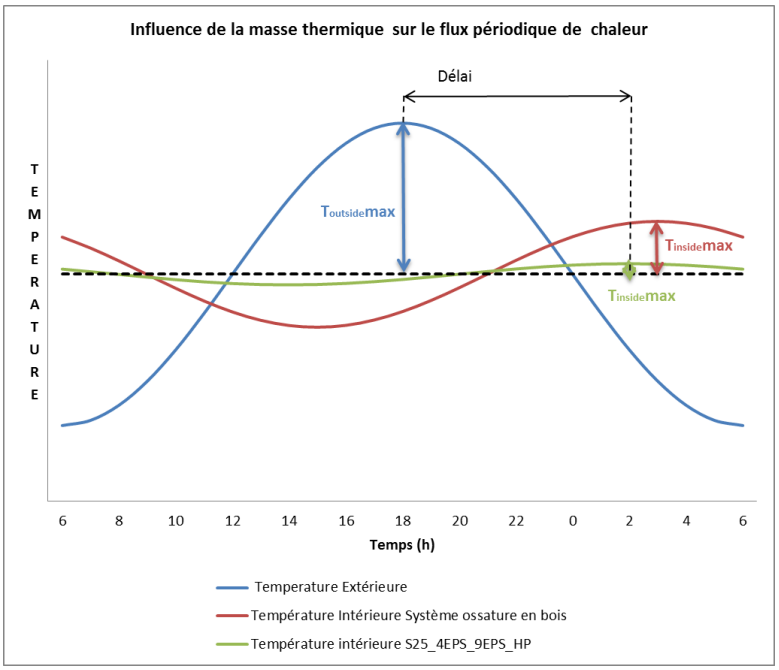


Figure 42

Performance Hygrothermique

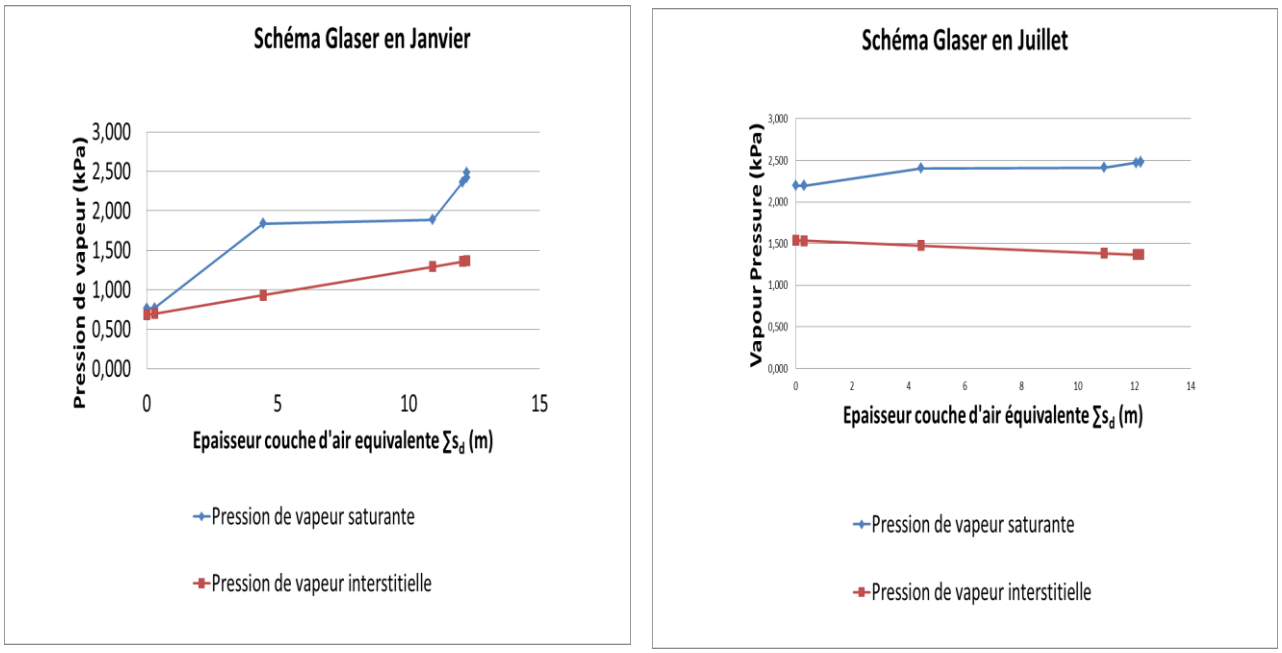
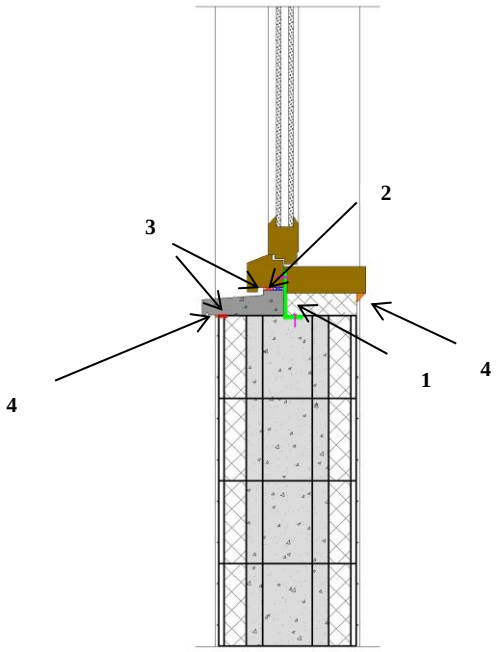


Figure 43 Schéma Glaser pour un climat comme à Bruxelles et un mur SISMO® S35_4EPS_14EPS_HP_SW

Raccordement des fenêtres



1 Equerre

2 Cale

3 Calfeutrement

4 Joint mastic

5 Béton

Figure 44 Coupe verticale

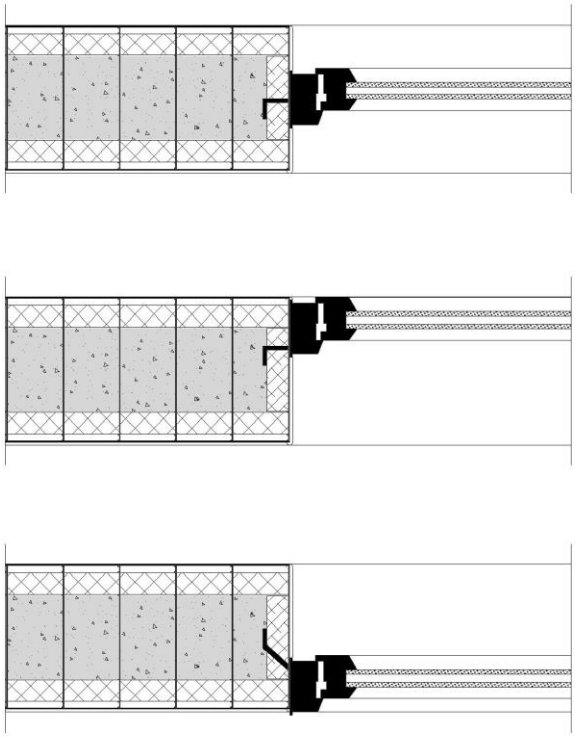
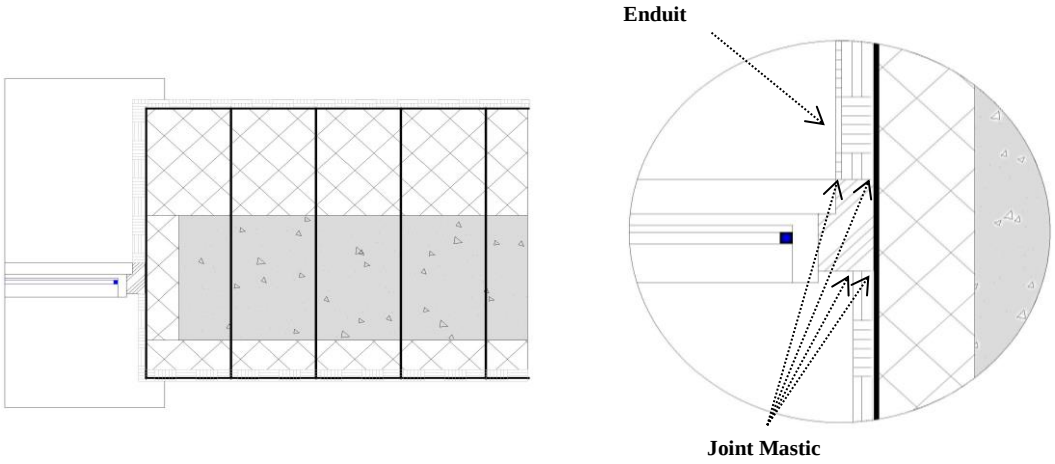


Figure 45 Coupe horizontale : fenêtre dans l'épaisseur, à l'intérieur et à l'extérieur du mur

EOTA European Organisation for Technical Assessment



Coffre volet roulant

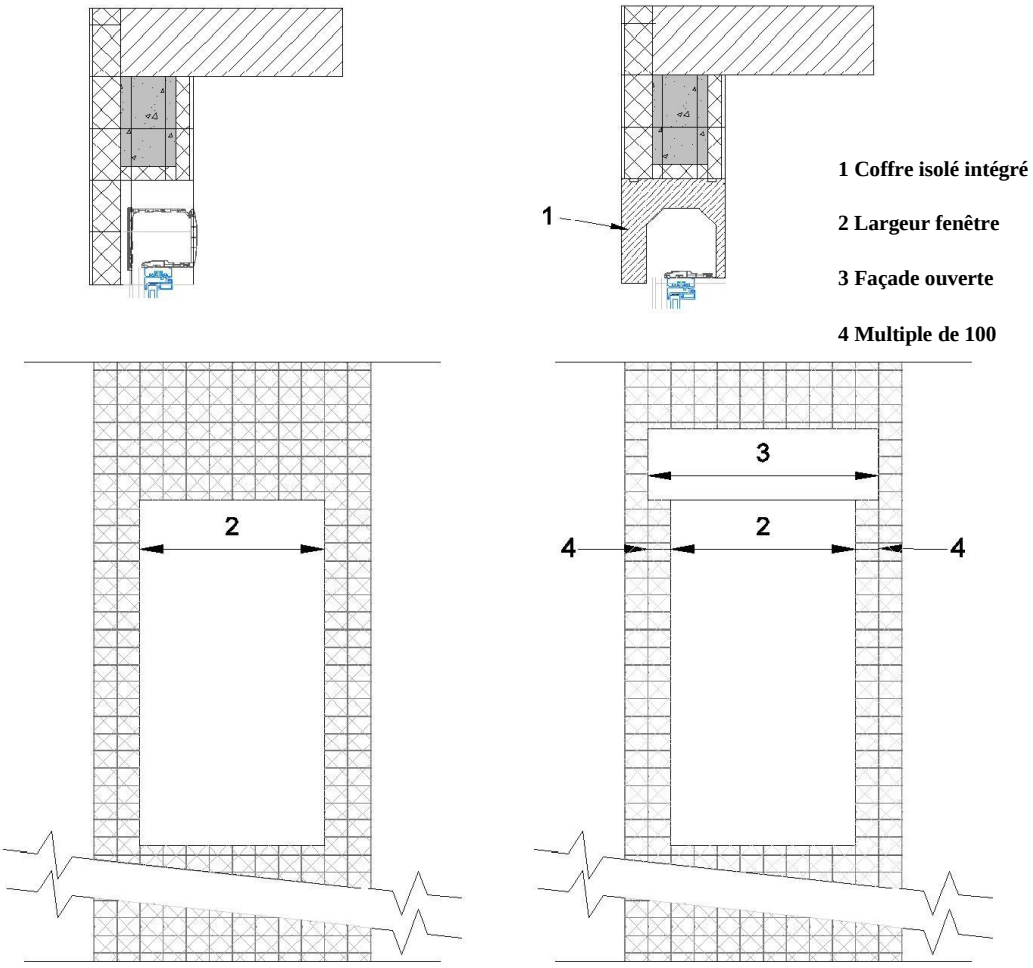


Figure 47 Façade extérieure fermée ou ouverte avec coffre isolé intégré

European Organisation for Technical Assessment

Joint murs et dalles

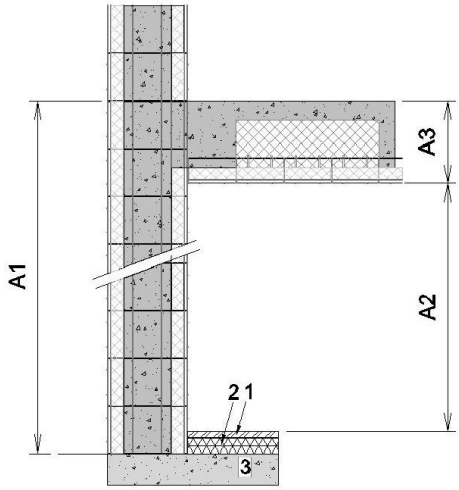


Figure 48 Avec module dalle SISMO®

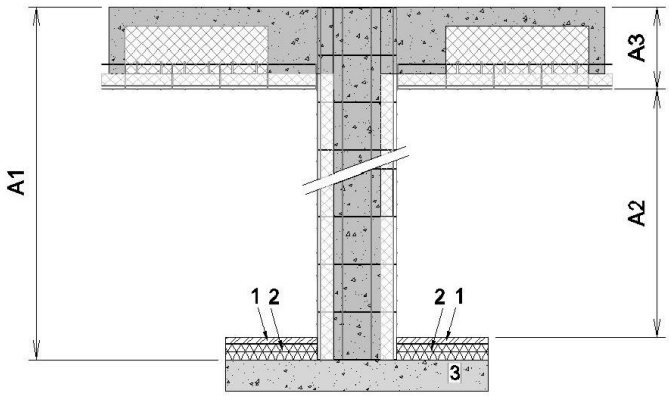


Figure 49 Avec module dalle SISMO®

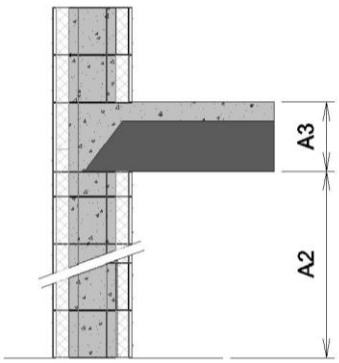


Figure 50 Avec dalle autoportant et couche de pression en béton

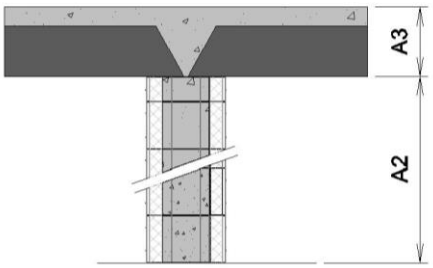


Figure 51 Avec dalle autoportant et couche de pression en béton

1 Finition

2 Chape

3 Dalle béton

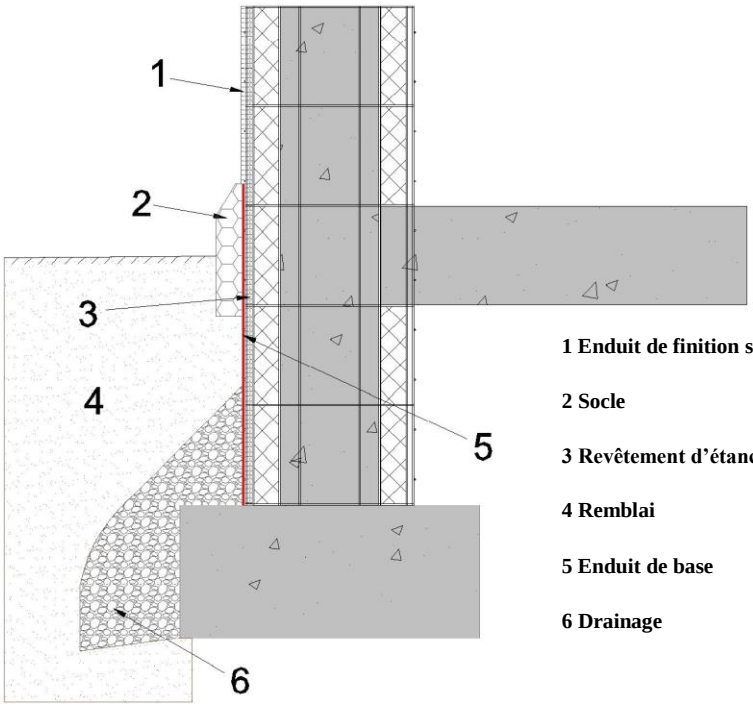
A1 Hauteur module

A2 Hauteur libre

A3 Plancher

European Organisation for Technical Assessment

Finition de soubassement



1 Enduit de finition sur enduit de base

2 Socle

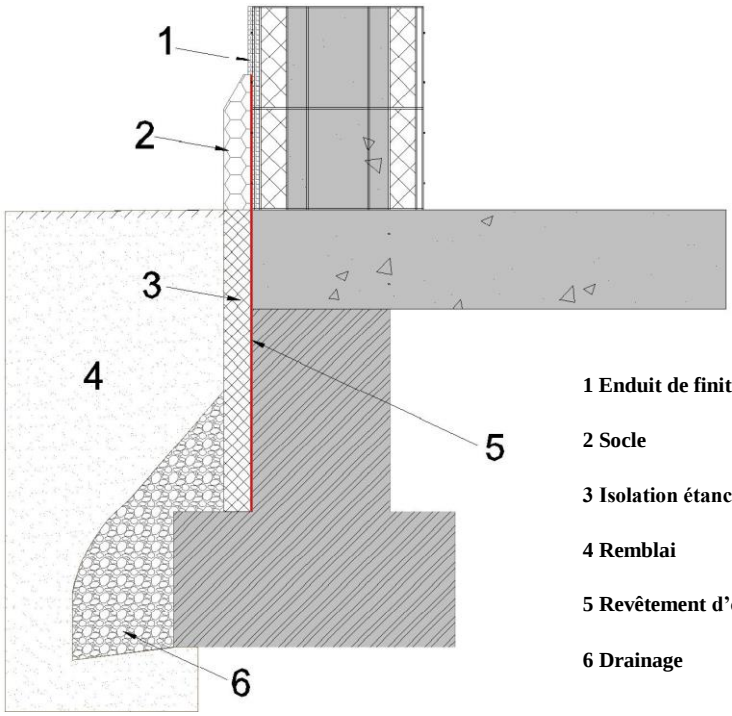
3 Revêtement d'étanchéité

4 Remblai

5 Enduit de base

6 Drainage

Figure 52 Finition d'un soubassement SISMO®



1 Enduit de finition sur enduit de base

2 Socle

3 Isolation étanche à l'eau

4 Remblai

5 Revêtement d'étanchéité

6 Drainage

Figure 53 Finition d'un soubassement traditionnel

EOTA European Organisation for Technical Assessment

Supports pour enduits, 3 alternatives

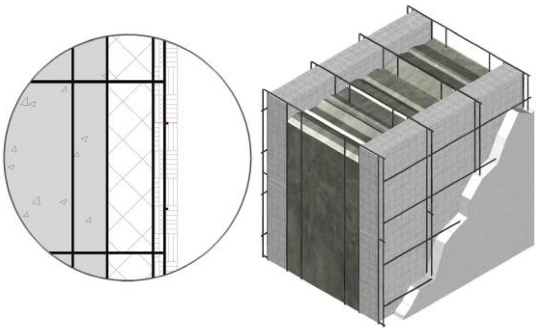


Figure 54 Avec treillis d'accrochage de 1 cm (double fils), enduit de ±20 mm

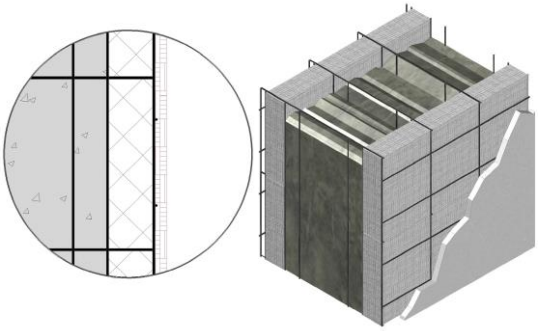


Figure 55 Sans treillis d'accroche (simple fils), enduit de ±10 mm

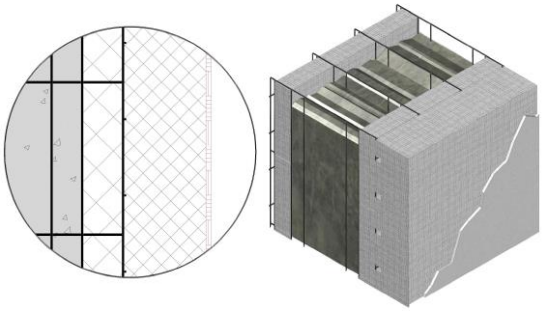


Figure 56 Sur un panneau Plus , enduit de ±5 mm

Quelques exemples de finition

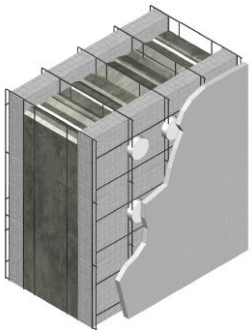


Figure 57 Panneau de finition collé par plots

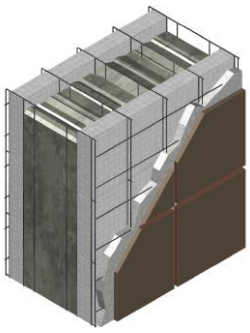


Figure 58 Carrelage sur un base de ciment

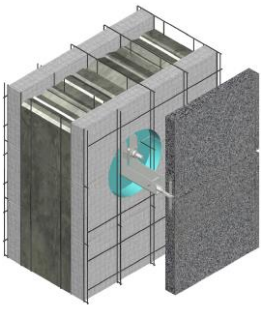


Figure 59 Ancres mécaniques pour la pierre naturelle ou le revêtement

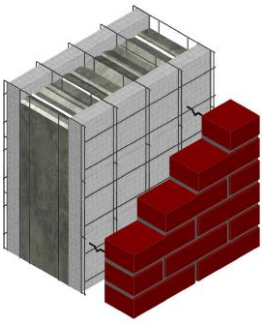


Figure 60 Façade de briques avec fixation mécanique

Schémas de principe des armatures SISMO®

Figure 61 Etrier

Figure 62 Barre de renforcement droite

Figure 63 Barre de renforcement en L

Figure 64 Barre de renforcement en U

Jonction mur/dalle :

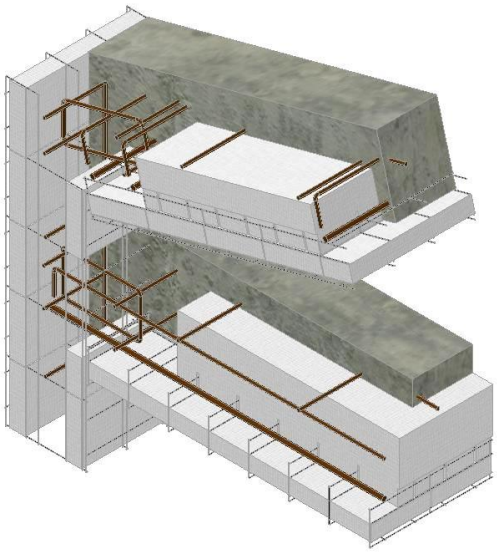


Figure 65

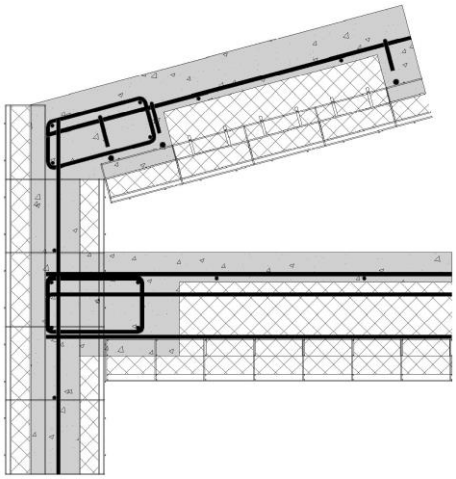


Figure 66

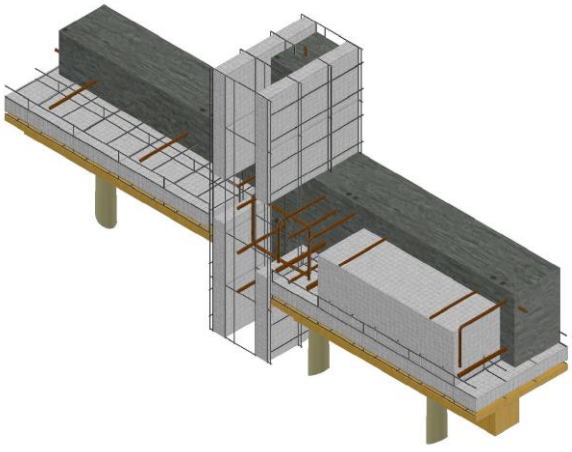


Figure 67

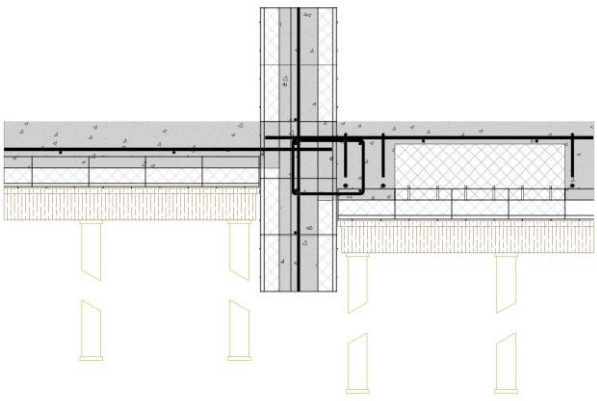


Figure 68

EOTA European Organisation for Technical Assessment

Barres d'attente :

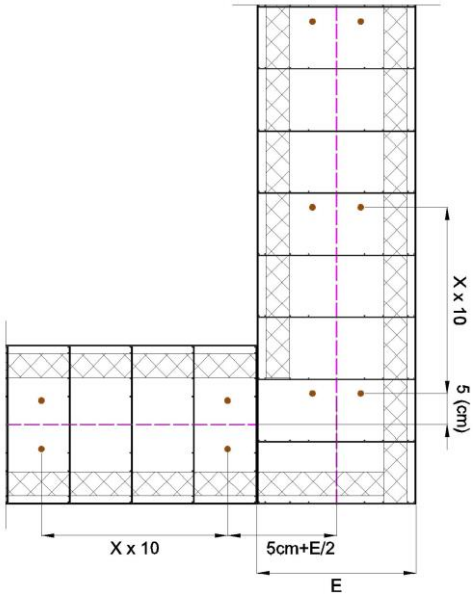


Figure 69

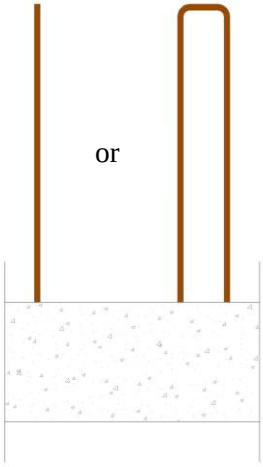


Figure 70

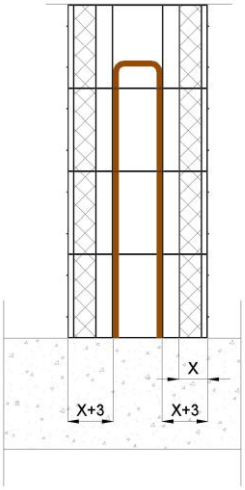


Figure 71

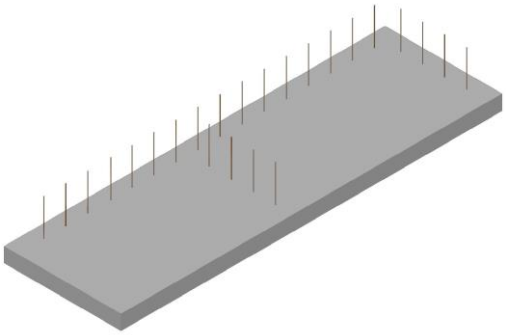


Figure 72

European Organisation for Technical Assessment

Positionnement des barres :

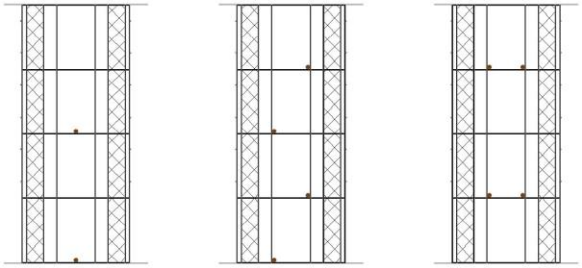


Figure 73 Barres horizontales

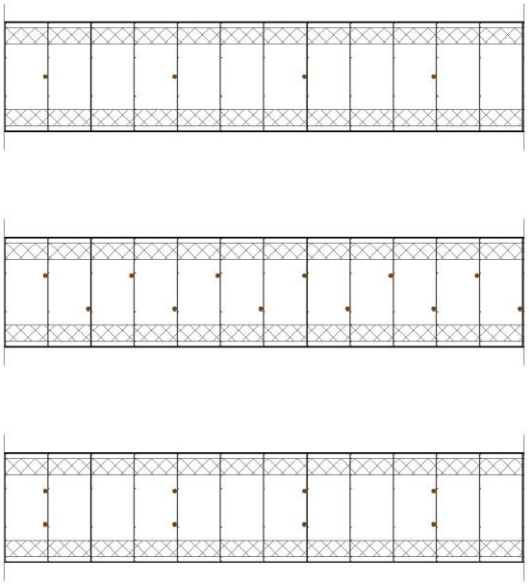


Figure 74 Barres verticales

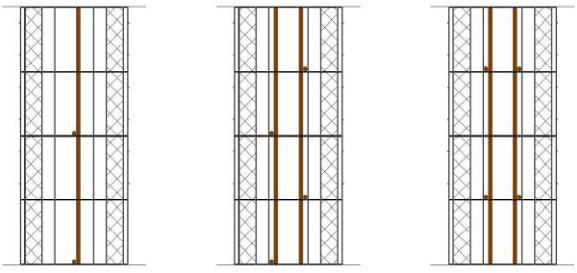


Figure 75

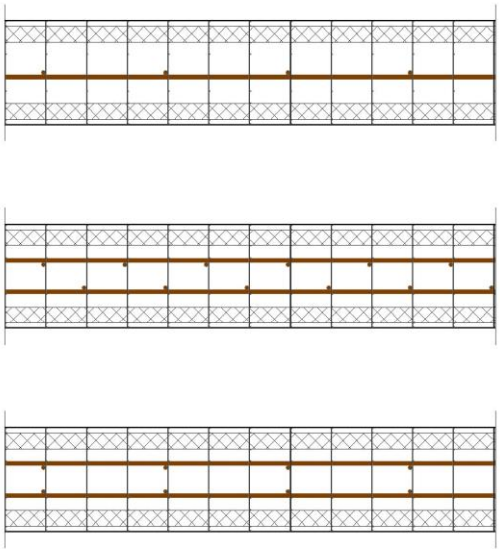


Figure 76

EOTA European Organisation for Technical Assessment

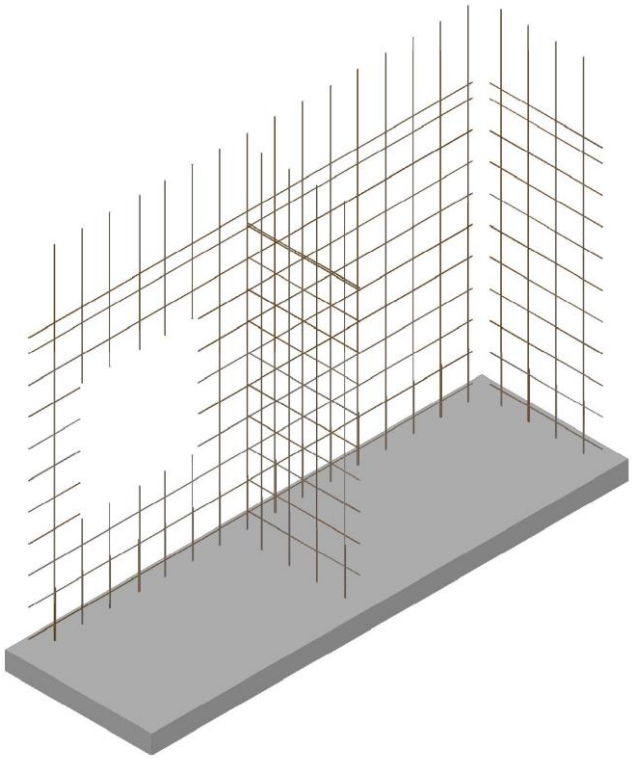


Figure 77

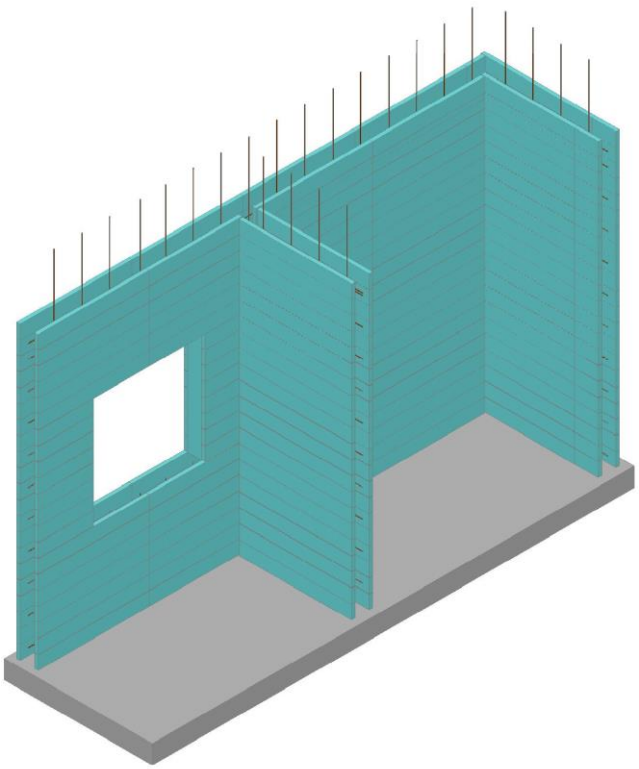


Figure 78

Murs – Joint en T:

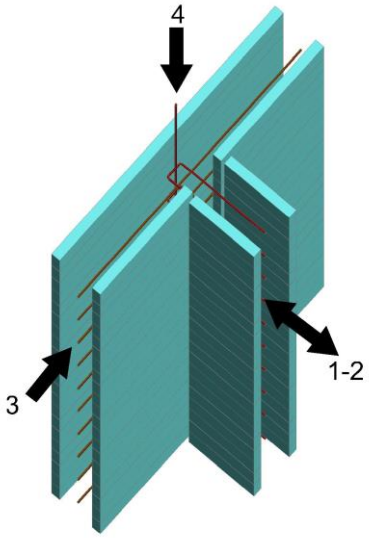


Figure 79

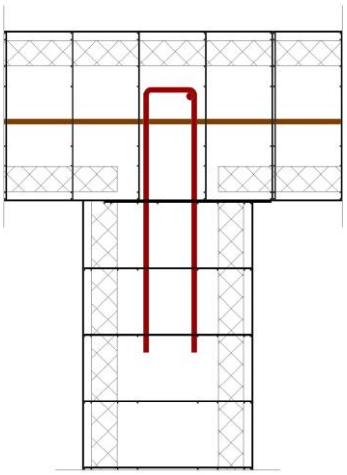


Figure 80

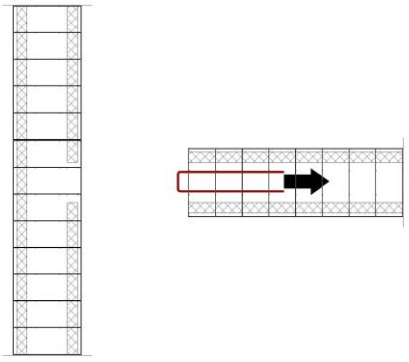


Figure 81 Etape 1

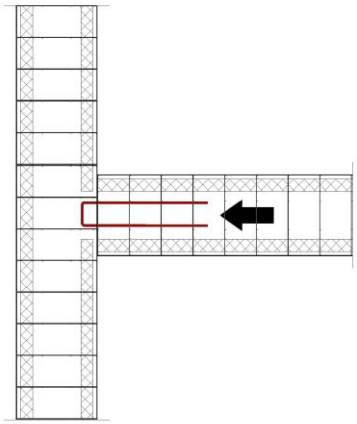


Figure 82 Etape 2

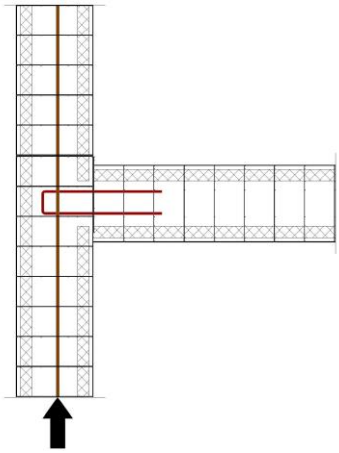


Figure 83 Etape 3

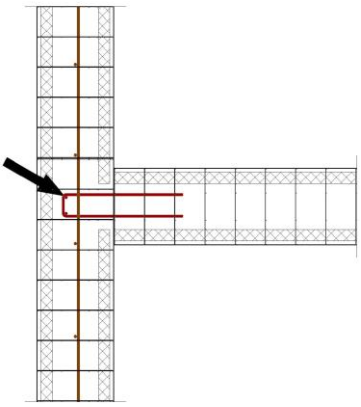


Figure 84 Etape 4

Murs – Joint d'angle:

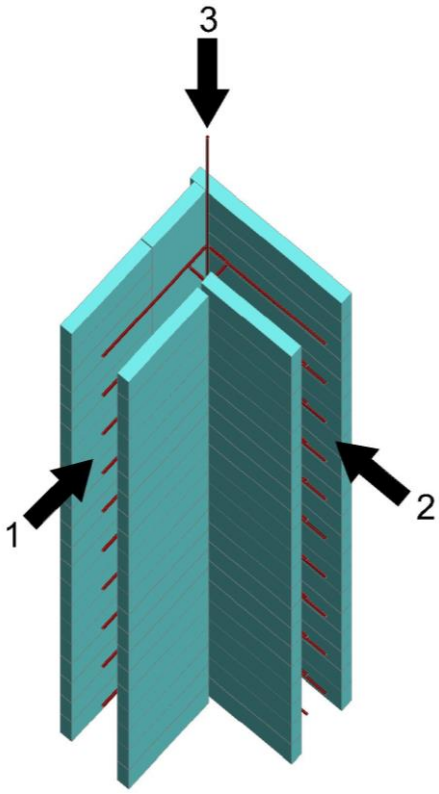


Figure 85

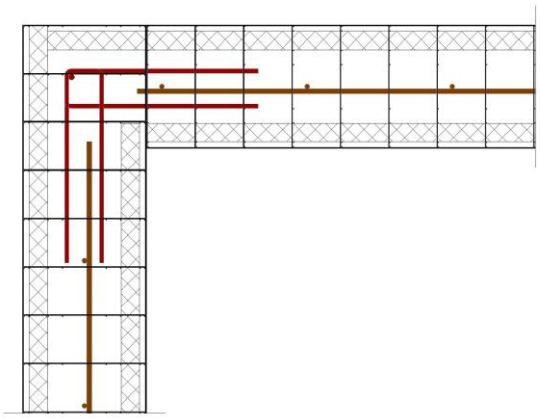


Figure 86

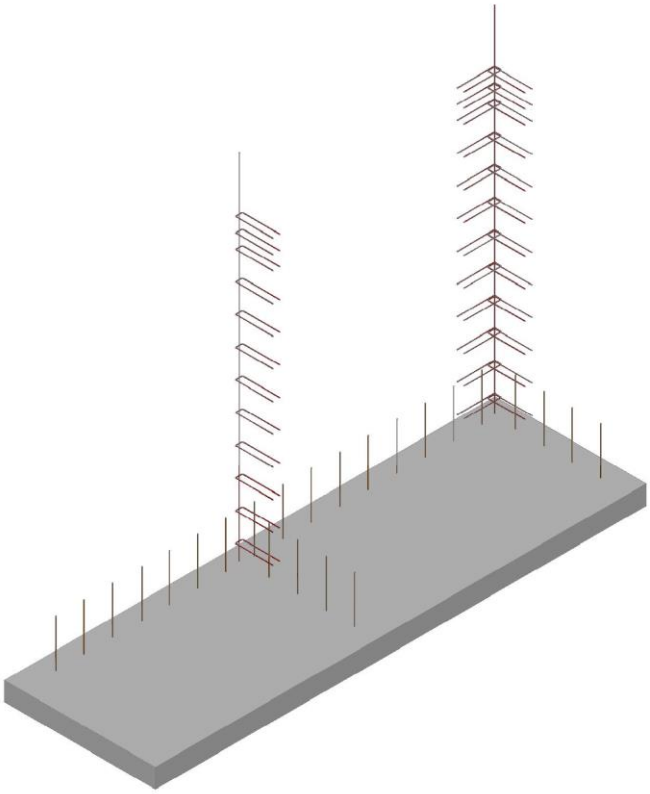


Figure 87

Linteau / Poutre:

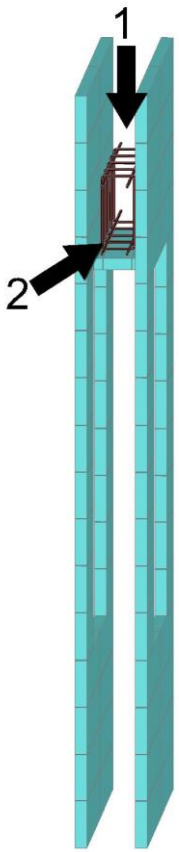


Figure 88

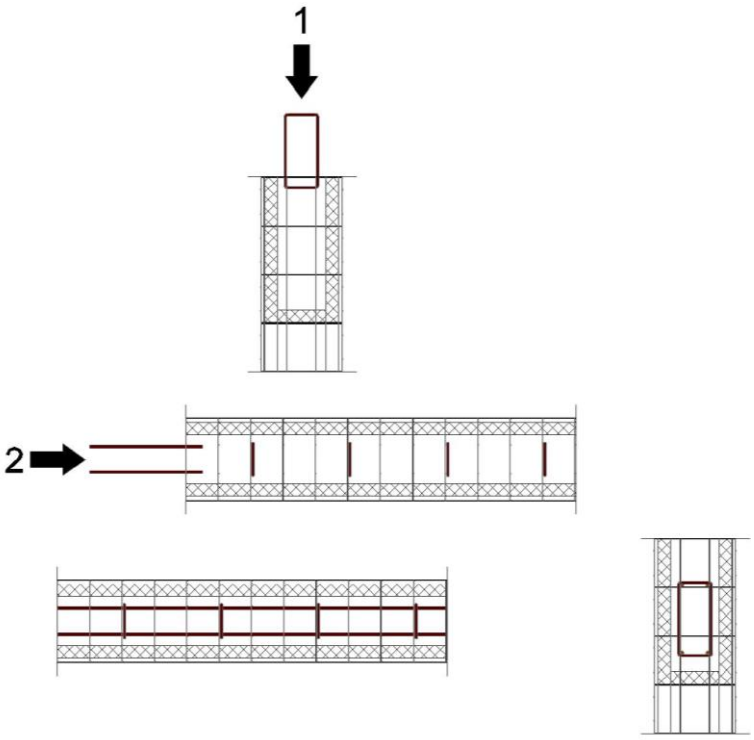


Figure 89

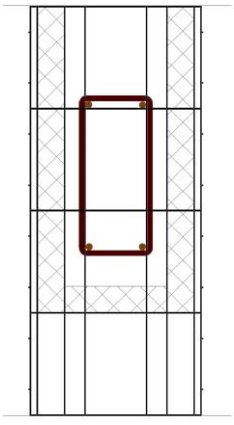


Figure 90

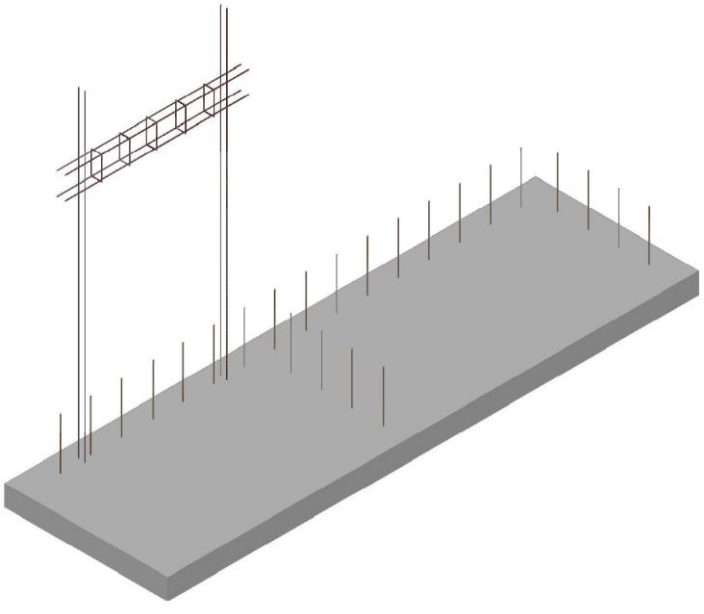


Figure 91

Dalle:

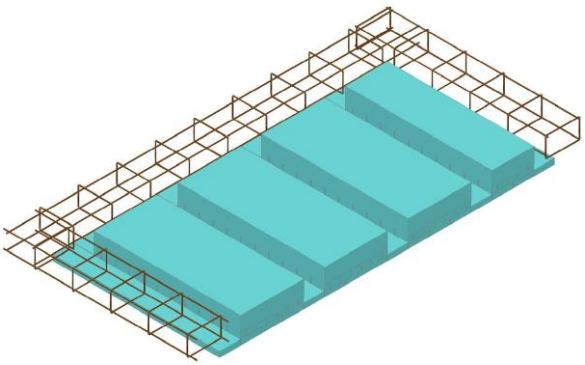


Figure 92 Frette

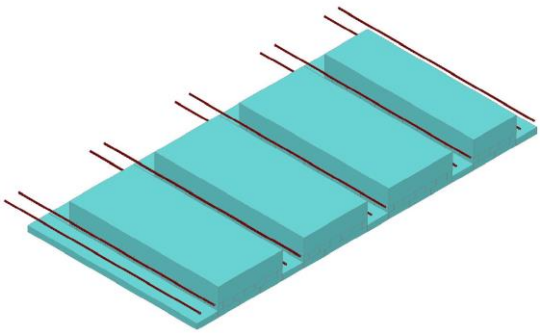


Figure 93 Fer d'une poutre

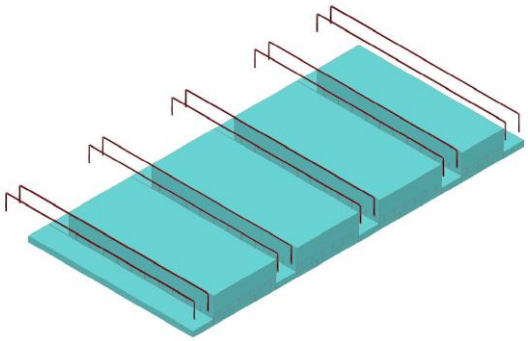


Figure 94 Armature d'une poutre

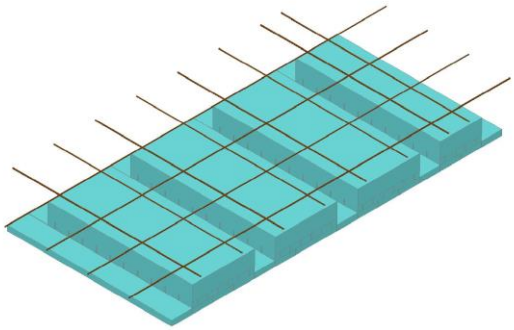


Figure 95 Armature de rétrécissement

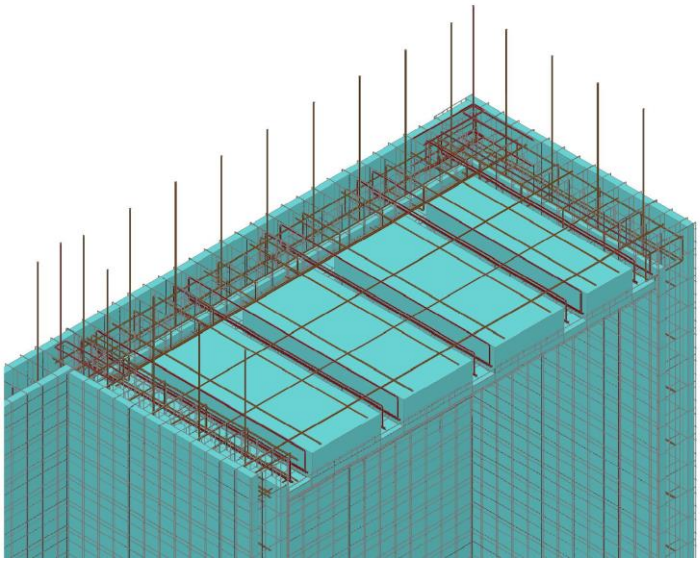


Figure 96 Renforcement d'une dalle

EOTA European Organisation for Technical Assessment

ANNEXE 2 Liste des documents de référence

ETA 01/0001 Kit de coffrage à isolation permanente pour des constructions entières

ETAG 004 Systèmes d'isolation thermique extérieures par enduit sur isolant

ETAG 009 Kits systèmes de coffrage intégré non porteur à base de blocs creux ou de panneaux, constitués de matériaux isolants et éventuellement de béton

NF P18-201 DTU 21 - Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton - Cahier des clauses techniques

NF P18-210 DTU 23.1 - Travaux de bâtiment - Murs en béton banché - Cahier des clauses techniques - Travaux de bâtiment

EN ISO 140-3 Acoustique -- Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction -- Partie 3: Mesurage en laboratoire de l'affaiblissement des bruits aériens par les éléments de construction

NF EN 206-1 Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité

NF EN 206-9 Béton - Partie 9 : règles complémentaires pour le béton auto-plaçant

NF EN 310 Panneaux à base de bois - Détermination du module d'élasticité en flexion et de la résistance à la flexion

NF EN 317 Panneaux de particules et panneaux de fibres - Détermination du gonflement en épaisseur après immersion dans l'eau

NF EN 318 Panneaux à base de bois - Détermination des variations dimensionnelles sous l'influence de variations de l'humidité relative

NF EN 319 Panneaux de particules et panneaux de fibres - Détermination de la résistance à la traction perpendiculaire aux faces du panneau

NF EN 323 Panneaux à base de bois - Détermination de la masse volumique

NF EN 324-1 Panneaux à base de bois - Détermination des dimensions des panneaux - Partie 1 : détermination de l'épaisseur, de la largeur et de la longueur.

NF EN 324-2 Panneaux à base de bois - Détermination des dimensions des panneaux - Partie 2 : détermination de l'équerrage et de la rectitude des bords.

NF EN 382-2 Panneaux de fibres - Détermination de l'absorption des surfaces - Partie 2 : méthode d'essai pour panneaux durs.

NF EN 622-1 Panneaux de fibres - Exigences - Partie 1 : exigences générales

NF EN 622-2 Panneaux de fibres - Exigences - Partie 2 : exigences pour panneaux durs

NF EN 822 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la longueur et de la largeur

NF EN 823 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'épaisseur

NF EN 824 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'équerrage

NF EN 826 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du comportement en compression

ASTM D 828 Standard test method for tensile properties of paper and paperboard using constant-rate-of-elongation apparatus

ASTM D 829 Standard test methods for wet tensile breaking strength of paper and paper products

NF EN ISO 1463 Revêtements métalliques et couches d'oxyde - Mesurage de l'épaisseur de revêtement - Méthode par coupe micrographique

NF EN 1602 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la masse volumique apparente

NF EN 1604 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées

NF EN 1607 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de la résistance à la traction perpendiculairement aux faces

NF EN 1991 Eurocode 1 : Actions sur les structures

NF EN 1992-1-1 Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments

NF EN 1992-1-2 Eurocode 2 : Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : règles générales - Calcul du comportement au feu

NF EN 1998-1 Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments

CPT 3035 Systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé – Cahier des prescriptions techniques d'emploi et de mise en œuvre

NF EN ISO 6946 Composants et parois de bâtiments - Résistance thermique et coefficient de transmission thermique - Méthode de calcul

NF EN ISO 8990 Isolation thermique - Détermination des propriétés de transmission thermique en régime stationnaire - Méthode à la boîte chaude gardée et calibrée.

EN 10002-1 Essai de Traction de Matériaux Métalliques

NF EN 10088-1 Aciers inoxydables - Partie 1 : liste des aciers inoxydables

NF EN 10244 - 1 Fils et produits tréfilés en acier - Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier - Partie 1 : principes généraux

NF EN 10244-2 Fils et produits tréfilés en acier - Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier - Partie 2 : revêtement de zinc ou d'alliage de zinc

ISO 10287 Acier à béton pour armatures passives -- Détermination de la résistance des joints des treillis soudés

NF EN ISO 10456 Matériaux et produits pour le bâtiment - Propriétés hygrothermiques - Valeurs utiles tabulées et procédures pour la détermination des valeurs thermiques déclarées et utiles

NF EN 12086 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau

NF EN 12087 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination de l'absorption d'eau à long terme par immersion

NF EN 12089 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment - Détermination du comportement en flexion

NF EN 12467 Plaques planes en fibres-ciment - Spécifications du produit et méthodes d'essai

EN 12524 Materiaux et produits pour le batiment. Proprietes hygrothermiques. Valeurs utiles tabulees - Building materials and products. Hygrothermal properties. Tabulated design values

NF EN ISO 12572 Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau

NF EN 12667 Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique - Produits de haute et moyenne résistance thermique

NF EN 13162 Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en laine minérale (MW) - Spécification

NF EN 13163 Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) - Spécification

NF EN 13501-1 Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu

NF EN 13612

NF EN ISO 13786 Performance thermique des composants de bâtiment - Caractéristiques thermiques dynamiques - Méthodes de calcul

NF EN ISO 13788 Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments - Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse - Méthodes de calcul

NF EN 13986 Panneaux à base de bois destinés à la construction - Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage

NF EN ISO 16120-1 Fil-machine en acier non allié destiné à la fabrication de fils - Partie 1 : exigences générales

NF EN ISO 16120-2 Fil-machine en acier non allié destiné à la fabrication de fils - Partie 2 : exigences spécifiques au fil-machine d'usage général

Construct 99/348 Rev.1. Substances dangereuses.

BCCA

CE

CE

CERTIFICATE

of conformity of the factory production control

In compliance with Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction product

SISMO®

Permanent insulating shuttering kit for whole buildings

placed on the market under the name or trade mark of

Sismo nv
Drapstraat 1, BE - 9270 Kalken-Laarne

and produced in the manufacturing plant

Sismo nv
Drapstraat 1, BE - 9270 Kalken-Laarne

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance described in the European Technical Assessment

ETA 01/0001, issued on 03-06-2016

and

EAD n° 340024-00-0103

under system 2+ are applied and that the factory production control is assessed to be in conformity with the applicable requirements.

This certificate was first issued on 10-01-2006 (under the CPD) and will remain valid until 02-06-2021 as long as neither the ETA, the EAD, the construction product, the AVCP methods nor the manufacturing conditions in the plant are modified significantly, unless suspended or withdrawn by the notified product certification body.

N° certificate 0749-CPR-BC2-240-748-01/0001-01 I Valid from 03-06-2016 until 02-06-2021

Issued in Brussels, on 06 June 2016.

ir. B. De Blaere,
General Manager

The validity of this certificate can be checked on the website www.bcca.be.

BELGIAN CONSTRUCTION CERTIFICATION ASSOCIATION ASBL
FOUNDERS: BBRI AND SECO
RUE D'ARLON 53, B – 1040 BRUSSELS
TEL. + 32 2 238 24 11
MAIL@BCCA.BE I WWW.BCCA.BE

CE 0749

BELAC 021 PROD