DTA
DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

3.2/26-1101_V1

Valide du

au **10 septembre 2029**

Sur le procédé

Panneau sandwich CEMENTAL à isolation continue

Famille de produit/Procédé : Mur de façade de types panneaux sandwich

Titulaire(s) : Société CEMENTAL SPA

Document projet

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

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

www.ccfat.fr

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Ce document constitue la première version de l'Avis Technique.	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Les panneaux de type sandwich « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » de la société CEMENTAL SPA sont des panneaux de façade préfabriqués en béton armé à isolation thermique continue. Cet élément constitue l'enveloppe extérieure des bâtiments.

Le procédé met en œuvre deux parois en béton interrompues par un isolant continu pour garantir l'élimination de pont thermique. La paroi intérieure peut être pleine ou nervurée.

La liaison entre les deux parois est assurée par des connexions spécifiques, le système KONNEKTOR de la société CHRYSO SAS sous Avis Technique en cours de validité et le système ISOLINK de la société SCHÖCK sous Evaluation Technique Européenne, qui permettent la libre dilatation de la paroi extérieure.

Les panneaux sont auto-stables mais non porteurs et peuvent être fixés à une structure porteuse en béton préfabriqué ou coulé sur place ou en métal. Les panneaux ne participent pas au contreventement du bâtiment. Les panneaux porteurs sont limités à des panneaux de type longrines situés au niveau rez-de-chaussée et servant pour la réalisation de quais de chargement, de cages d'escaliers ou d'ascenseurs.

Les panneaux ont une épaisseur totale comprise entre 30 et 39 cm.

Les dimensions maximales d'un élément sont de 12,00 x 3,00 m.

Dans le cas de pose horizontale, les murs sont empilés les uns sur les autres avec une limite d'empilement de 5 panneaux et seront fixés aux poteaux. Dans le cas d'un empilement supérieur à 5 panneaux horizontaux, des corbeaux ou une poutre de reprise sera prévue pour reprendre les efforts.

Dans le cas d'une pose des éléments en vertical, il sera nécessaire de poser les panneaux sur une longrine continue, et de les fixer en partie haute sur les poutres de rives de la charpente ou du plancher haut du bâtiment. Dans le cas d'un d'empilement supérieur à 5 panneaux verticaux, une poutre de reprise sera prévue pour reprendre les efforts.

Document projet

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 4
1.1. Domaine d'emploi accepté 4
1.1.1. Zone géographique 4
1.1.2. Ouvrages visés 4
1.2. Appréciation 4
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 4
1.2.2. Durabilité 5
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 6
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé - CMU inserts de levage 7
2. Dossier Technique 9
2.1. Mode de commercialisation 9
2.1.1. Coordonnées 9
2.1.2. Mise sur le marché 9
2.1.3. Identification 9
2.2. Description 9
2.2.1. Principe 9
2.2.2. Caractéristiques des composants 10
2.3. Dispositions de conception 12
2.3.1. Dimensionnement de la paroi extérieure 13
2.3.2. Dimensionnement des organes du système de connexion entre les parois 14
2.3.3. Dimensionnement de la paroi intérieure 15
2.4. Dispositions de mise en œuvre 16
2.4.1. Transport des panneaux 16
2.4.2. Levage sur chantier 16
2.4.3. Pose des éléments 16
2.4.4. Tolérance de production et de pose 17
2.4.5. Traitement des joints entre panneaux 17
2.5. Maintien en service du procédé 17
2.6. Traitement en fin de vie 17
2.7. Assistante technique 17
2.7.1. Dimensionnement 17
2.7.2. Pose 17
2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 17
2.8.1. Fabrication 17
2.8.2. Contrôles 18
2.9. Mention des justificatifs 19
2.9.1. Résultats expérimentaux 19
2.9.2. Références chantiers 19
2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 20

Document projet

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

L'utilisation du procédé dans des bâtiments nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, est visée et pour les zones sismiques 1 à 4.

1.1.2. Ouvrages visés

Le domaine d'emploi est limité aux bâtiments ne présentant pas d'exigence vis-à-vis de la sécurité en cas d'incendie (cf. 1.2.1.4).

Le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » est destiné à la réalisation de :

- Bâtiments tertiaires, scolaires, de commerce, industriels, agricoles ;
- Etablissement pénitencier,
- Etablissement recevant du public (ERP), de 1ère à 5ème catégorie ;
- Bâtiments relevant du Code du Travail (ERT).

Les panneaux sandwich CEMENTAL sont destinés à la réalisation de murs non porteurs. Dans le cas de panneaux porteurs, ceux-ci sont limités à des panneaux de type longrines situés au niveau rez-de-chaussée et servant pour la réalisation de quais de chargement, de cages d'escaliers ou d'ascenseurs.

Les bâtiments considérés comme des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) sont visés.

Les panneaux sont rapportés en façade sur une ossature porteuse de type charpente en béton armé et/ou précontraint ou métallique.

Les panneaux sont généralement aveugles, ils peuvent être munis d'ouvertures.

L'utilisation des panneaux sandwich est possible pour les ouvrages à la mer, exposés aux embruns ou aux brouillards salins (classes XS), ainsi que les ouvrages exposés à des atmosphères très agressives (classe XA).

En situation enterrée et lorsque l'utilisation ne rend pas obligatoire l'étanchéité de la paroi au sens du DTU 20.1 P3 § 5.2.2, le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » pourra comporter une partie enterrée de 1 m.

Les systèmes de liaison KONNEKTOR de la société CHRYSO SAS ou ISOLINK de la société SCHÖCK sont utilisés conformément aux prescriptions respectives de l'Avis Technique et de l'Evaluation Technique Européenne en cours de validité dont ils relèvent.

Le système de fixation GP de la société GL LOCATELLI est utilisé conformément aux dispositions de l'Evaluation Technique Européenne dont il relève.

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

Document projet

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Aptitude au levage

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage non incorporés au procédé (élingues, chaînes, sangles, câbles, ...) ;
- Les appareils de levage (grue mobile ou fixe, ...) ;
- Les équipements de protection collective ou individuelle pour la sécurité des personnes (garde-corps, crochet, ...).

L'aptitude au levage du procédé est uniquement visée avec l'utilisation des inserts de levage décrites dans le Dossier Technique.

Les conditions d'utilisation des inserts de levage et leurs valeurs de CMU sont précisées dans l'Annexe §1.4 de la partie Avis. Cet Avis n'est valable qu'à condition de réaliser les vérifications qui sont y détaillées (§1.4).

1.2.1.2. Stabilité

Les panneaux non porteurs ne participent pas à la stabilité du bâtiment (contreventement, fonction porteuse, etc.). La stabilité propre du voile de béton extérieur librement dilatable des panneaux sandwiches peut être normalement assurée moyennant l'application des prescriptions du dossier technique visant le dispositif de liaison associés à ces panneaux

1.2.1.3. Construction en zone sismique

L'utilisation du procédé est possible en zones de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, pour des bâtiments de catégorie d'importance I à IV, moyennant le respect des dispositions prévues au Dossier Technique.

1.2.1.4. Sécurité au feu

Le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » est destiné à être mis en œuvre uniquement dans des bâtiments ne présentant pas d'exigence réglementaire en matière de sécurité incendie.

Réaction au feu

Le béton des parois fait l'objet d'un classement conventionnel A0 selon les Euroclasses.

Résistance au feu

La résistance au feu du procédé n'a pas été évaluée par un laboratoire agréé par le ministère de l'Intérieur.

Propagation du feu par les façades

Le comportement du procédé vis-à-vis de la propagation du feu par les façades n'a pas été évalué par un laboratoire agréé par le ministère de l'Intérieur.

En conséquence, l'utilisation du procédé n'est pas admise dans les bâtiments pour lesquels une exigence relative à la propagation du feu par les façades est requise.

1.2.1.5. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

Elle peut être normalement assurée moyennant les précautions propres à la manutention et à l'étaiement d'éléments lourds de grandes dimensions. Il est noté que les acrotères constitués par un prolongement des panneaux ne sont pas prévus pour assurer l'appui des dispositifs supportant des charges telles que les nacelles d'entretien.

1.2.1.6. Résistance au choc

Par analogie aux ouvrages traditionnels, le procédé est considéré comme satisfaisant vis-à-vis des exigences de résistance aux chocs définies dans la norme expérimentale P08-302.

1.2.1.7. Isolation thermique

Les vérifications sont à effectuer, dans chaque cas d'utilisation, selon les Règles Th-Bât en vigueur.

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

Afin que l'isolant joue convenablement son rôle, la présence en parement extérieur d'une garniture de joint apte à assurer, au droit des joints, sa protection à l'eau est indispensable. Le maintien des performances thermiques suppose l'utilisation d'isolants dont les performances ne sont pas dégradées de manière significative par l'humidification possible au niveau des joints.

Dans le cas de l'utilisation d'isolant sans certification de type ACERMI, les performances thermiques des panneaux doivent être calculées en majorant de 15 % les valeurs déclarées de la conductivité thermique de ces isolants.

En l'absence de données fournies par le demandeur, un calcul des coefficients de transmission surfacique doit être réalisé en tenant compte de tous les ponts thermiques structuraux (joints, fixations, etc.).

1.2.1.8. Isolation acoustique

Pour ce qui concerne les murs de type coupe-feu décrits dans le dossier technique, étant donné les épaisseurs de béton minimales mises en jeux, et moyennant les dispositions de traitement des joints décrites dans le Dossier Technique, le procédé ne devrait pas poser de problèmes d'isolement au bruit aérien, jusqu'aux exigences de $D_{n,T,A,Tr} \leq$ 35dB. Au-delà ou pour les autres types de murs, une étude au cas par cas est nécessaire.

1.2.1.9. Étanchéité des murs extérieurs

Pour les bâtiments à usage autre qu'industriel, l'étanchéité est organisée sur la base des principes du DTU 22.1 et peut être considérée comme normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, avec cependant des risques d'humidification localisée de la paroi intérieure des panneaux isolants.

Quant à la solution d'étanchéité des joints à simple garniture extérieure de mastic, utilisée pour les bâtiments à usage industriel, elle repose essentiellement sur l'efficacité de la garniture extérieure. Elle confère aux façades des bâtiments autres que courants tels que définis dans le NF DTU 20.1 une étanchéité équivalente à celle admise dans ce cas pour les façades traditionnelles, dans les mêmes situations de la construction (situations a, b, c et d sauf front de mer définies au §3.2.1 du NF DTU 20.1 P3).

1.2.1.10. Aspects sanitaires

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

1.2.2. Durabilité

La garniture extérieure des joints est constituée d'un mastic élastomère à bas module présentant une bonne déformabilité. Une telle caractéristique est indispensable compte tenu de l'amplitude des variations dimensionnelles des joints verticaux entre panneaux et des joints entre menuiseries et béton extérieur par suite du choix du voile intérieur pour recevoir la fixation.

Les acrotères constitués par un prolongement des panneaux du dernier niveau doivent comporter des armatures de sections conformes à celles prévues dans les Prescriptions Techniques des panneaux sandwiches à voile extérieur librement dilatable (cf. Cahier du C.S.T.B. n° 2159, livraison 279, chapitre 2), dans le DTU 20.12 et le DTU 22.1.

Document projet

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

Elle requiert :

- L'exécution des travaux normaux d'entretien des façades en béton ;
- La réfection, des garnitures de mastic extérieures conformément à l'Annexe C du NF DTU 44.1 P1-1.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le système de liaison entre voiles de panneaux sandwichs utilisé dans ce procédé a fait l'objet d'une évaluation de type Avis Technique. C'est pourquoi le présent Avis ne vaut que si les prescriptions de l'Avis Technique du système KONNEKTOR en cours de validité sont respectées.

Il est rappelé que le dimensionnement des panneaux doit être réalisé par le bureau d'étude du titulaire, sur la base d'une étude de transmission des efforts et de descente des charges de l'ensemble de l'ouvrage réalisée par un bureau d'étude technique extérieur.

Le groupe tient à signaler à l'utilisateur qu'il est nécessaire que toutes les informations relatives aux conditions de conception de l'ouvrage soient transmises à CEMENTAL SPA pour une bonne coordination.

Les épaisseurs d'isolants ne permettent pas de satisfaire systématiquement les exigences réglementaires. Il est rappelé qu'un calcul thermique est dans tous les cas nécessaire.

En ce qui concerne l'appréciation de l'aptitude au levage du procédé, le Groupe tient à préciser que l'Avis porte sur la résistance des inserts de levage et sur l'impact de leur intégration sur les performances du mur vis-à-vis de la résistance en phase provisoire et définitive sans préjuger des dispositions nécessaires à la sécurité des intervenants suivant la règlementation en vigueur.

Document projet

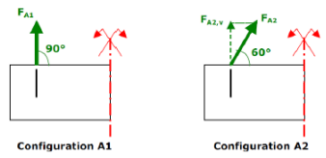
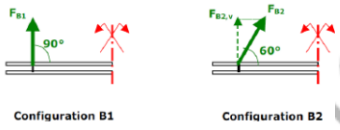
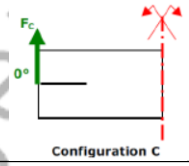
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé - CMU inserts de levage

Cette annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité du présent Avis ; notamment les enrobages minimaux des boucles de levage, côtés faces intérieures et faces extérieures, respectivement du premier et du second voile préfabriqués doivent être conformes aux prescriptions des Avis Techniques « Ancres KE III et KE IV », « Ancre de levage ECA-LIFT » et « Ancre de levage TSH3* » en cours de validité exploités par les sociétés ALRUNO, ECONAC et SYSPRO. Les distances aux bords et la distance entre inserts devront être vérifiées conformément aux Avis Techniques dont les inserts de levage font l'objet.

La présente annexe fournit les valeurs de la Charge Maximale d'Utilisation (CMU) par insert de levage pour le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » intégrée dans les parois extérieure et intérieure des panneaux, au droit des nervures pour la paroi intérieure nervurée.

Les conditions d'intégration des inserts dans les parois en béton sont présentes dans les figures 24, 25 et 26 en Annexe de cet Avis Technique.

Tableau 1 – Vérification de la résistance des inserts au levage

Vérification de la résistance des boucles au levage			
Situation de levage	Levage en position verticale(1)	Levage à plat	Retournement
Vérification	$CMU_1 \geq \frac{(p\,A + Q)\,\gamma_{ed}\,\gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU_2 \geq \frac{(p\,A + Q)\,\gamma_{ed}\,\gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU_3 \geq \frac{1}{2}\frac{(p\,A + Q)\,\gamma_{ed}\,\gamma_{pp}}{n_b}$
Schémas cas de levage			

(1) La formule ci-dessus correspond à une disposition symétrique des boucles par rapport au centre de gravité. Dans les autres cas, on tiendra compte du positionnement des boucles pour la détermination des efforts.

- p = poids surfacique du mur de coffrage intégré [kN/m²]
- A = surface du mur de coffrage intégré [m²]
- Q = poids des équipements de sécurité éventuels [kN]
- n_b = nombre de points de levage effectifs : 2 dans le cas courant, 4 dans le cas de levage avec 4 inserts et système équilibrant
- γ_{ed} = coefficient d'effet dynamique dû au levage =1,15
- γ_{pp} = coefficient d'incertitude sur poids propre =1,05

Commentaire : La situation critique correspond à un levage à 60° mais les résultats sont transposés pour afficher la valeur équivalente en levage droit.

Tableau 1 – CMU des ancres « KE III et KE IV »

Réf boucle (diamètre boucle ϕ_1)	Epaisseur du panneau	Epaisseur minimale de parois bp1 bp2	Enrobages nominaux intérieurs de la boucle c_{1bcint} et c_{2bcint}	Enrobages nominaux extérieurs de la boucle c_{1bcext} et c_{2bcext}	Levage en position verticale **CMU1 (kN)**	Levage à plat **CMU2 (kN)**	Retournement **CMU3 (kN)**
KE III (13 mm)	30 à 39 cm	55 mm 70 mm	≥ 18 mm	≥ 20 mm	**18,17**	**3,54**	**11,08**
KE IV (15,5 mm)	30 à 39 cm	65 mm 70 mm	≥ 23 mm	≥ 25 mm	**37,75**	**non visé**	**17,25**

Où

- ϕ_1 correspondau diamètre de l'acier façonné de l'ancre de transport KE
- c_{1bcint} et c_{2bcint} correspondent aux enrobages nominaux intérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées
- c_{1bcext} et c_{2bcext} correspondent aux enrobages nominaux extérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées

Document pro

Tableau 2 – CMU des ancres « ECA-LIFT »

Réf boucle (diamètre boucle ϕ_1)	Epaisseur du panneau	Epaisseur minimale de parois bp1 bp2	Enrobages nominaux intérieurs de la boucle c_{1bcint} et c_{2bcint}	Enrobages nominaux extérieurs de la boucle c_{1bcext} et c_{2bcext}	Levage en position verticale **CMU1 (kN)**	Levage à plat **CMU2 (kN)**	Retournement **CMU3 (kN)**
Ancre ECA-LIFT (10 mm)	30 à 39 cm	70 mm 70 mm	≥ 20 mm	≥ 40 mm	**17,3**	**non visé**	**11,4**

Notes : Les enrobages sont donnés en partie courante. L'écartement des câbles peut supérieur au niveau des butons d'environ 20 mm, conduisant à un enrobage intérieur localement augmenté de 10 mm.

Notations :

- $\phi_{1\ }$correspondau diamètre du câble constitutif l'ancre de levage ECA-LIFT
- c_{1bcint}etc_{2bcint} correspondent aux enrobages effectifs intérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées
- c_{1bcext}etc_{2bcext} correspondent aux enrobages effectifs extérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées

Tableau 3 – CMU des ancres « TSH3* »

Réf boucle (diamètre boucle ϕ_1)	Epaisseur du panneau	Epaisseur minimale de parois bp1 bp2	Enrobages effectifs intérieurs de la boucle c_{1bcint} et c_{2bcint}	Enrobages effectifs extérieurs de la boucle c_{1bcext} et c_{2bcext}	Levage en position verticale du **CMU1 (kN)**	Levage à plat **CMU2 (kN)**	Retournement **CMU3 (kN)**
Ancre TSH3* (12 mm)	30 à 39 cm	55 mm 70 mm	≥15 mm	≥20 mm	**14,2**	**4,9**	**8,2**

Où :

- ϕ_1 correspondau diamètre de la barre constitutive de l'ancre de levage TSH3*
- c_{1bcint} et c_{2bcint} correspondent aux enrobages effectifs intérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées
- c_{1bcext} et c_{2bcext} correspondent aux enrobages effectifs extérieurs des boucles dans les parois 1 et 2, les enrobages effectifs étant les enrobages toutes tolérances épuisées.

Document projet

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » est commercialisé par le titulaire :

Titulaire :

CEMENTAL SPA

Via Orianasso 1

12040 GENOLA (CN), Italie

Tel : 0039.(0)172.648905

Fax : 0039.(0)172.648814

Site Internet : http://www.cemental.it

Courriel : info@cemental.it

Bureau commercial France :

"Espace BEL OMBRA" Bat 3 - 1er étage

1555 Avenue de la Plaine

06250 MOUGINS

Tel : 0033.(0)9.83.63.97.19

Site Internet : www.cemental.fr

Courriel : info@cemental.r

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le produit « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » fait l'objet d'une déclaration des performances établie par les fabricants sur la base de la norme NF EN 14992+A1. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Tous les éléments font l'objet d'une validation avec système de marquage CE, NF EN 14992+A1, donc ils sont marqués avec une étiquette contenant les données suivantes :

- Date de production ;
- Poids de l'élément ;
- Nom de la piste de production ;
- Numéro de l'élément ;
- Nom du client ou du projet ;
- Nom et adresse de l'usine de production ;
- Dimensions du panneau et degré de stabilité au feu.

Document projet

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les panneaux de type sandwich « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » de la société CEMENTAL SPA sont des panneaux de façade préfabriqués en béton armé à isolation thermique continue. Cet élément constitue l'enveloppe extérieure des bâtiments.

Les panneaux ont une épaisseur totale comprise entre 30 et 39 cm composée de :

- Paroi extérieure d'épaisseur de 70 à 80 mm (suivant classe d'exposition) ;
- Isolation continue d'épaisseur 60 à 120 mm (réduite à 10 mm au droit des soutiens du système de connexion KONNEKTOR) ;
- Paroi intérieure pleine ou nervurée :
    - D'épaisseur de 150 à 190 mm si elle est pleine ;
    - D'épaisseur minimale de 55 mm en partie courante, avec isolant de remplissage, si elle est nervurée, et des nervures d'épaisseur de 150 à 190 mm avec une largeur minimale de 20 cm.

Les dimensions maximales d'un élément sont de 12,00 x 3,00 m.

Le procédé met en œuvre deux parois en béton interrompues par un isolant continu pour garantir l'élimination de pont thermique. Les éléments sont reliés entre eux grâce à des connexions spécifiques :

- Système KONNEKTOR de la société CHRYSO SAS sous Avis Technique en cours de validité;
- Système ISOLINK de la société SCHÖCK sous Evaluation Technique Européenne (ETE-17/0773 du 27 octobre 2023) en cours de validité.

, qui permettent la libre dilatation de la paroi extérieure.

Les panneaux sont auto-stables mais non porteurs et peuvent être fixés à une structure porteuse en béton préfabriqué ou coulé sur place ou en métal. Les panneaux ne participent pas au contreventement du bâtiment.

Dans le cas de panneaux porteurs, ceux-ci sont limités à des panneaux de type longrines situés au niveau rez-de-chaussée et servant pour la réalisation de quais de chargement, de cages d'escaliers ou d'ascenseurs.

Ils peuvent être posés :

- En applique, soit horizontalement ou verticalement ;
- En feuillure entre les poteaux avec une pose horizontale ou verticale ;
- En demi-feuillure entre les poteaux avec une alignement vers l'intérieur ou vers l'extérieur, avec une pose horizontale ou verticale

Dans le cas de pose horizontale, les murs sont empilés les uns sur les autres avec une limite d'empilement de 5 panneaux et seront fixés aux poteaux. Dans le cas d'un empilement supérieur à 5 panneaux horizontaux, des corbeaux ou une poutre de reprise sera prévue pour reprendre les efforts.

Dans le cas d'une pose des éléments en vertical, il sera nécessaire de poser les panneaux sur une longrine continue, et de les fixer en partie haute sur les poutres de rives de la charpente ou du plancher haut du bâtiment. Dans le cas d'un d'empilement supérieur à 5 panneaux verticaux, une poutre de reprise sera prévue pour reprendre les efforts. Cette poutre pourra être réalisée à l'aide d'un panneau sandwich avec le ferraillage de la paroi intérieure dimensionnée pour reprendre les efforts.

La hauteur du panneau sera limitée à 5 m dans le cas d'empilement vertical des panneaux, une poutre de reprise sera prévue en tête de chaque panneau pour la reprise des efforts horizontaux.

La finition de la paroi extérieure peut être personnalisée aux besoins : brute, sablée, lavée, bouchardée, matricée, polie, etc. à partir de ciment blanc, gris ou teinté dans la masse.

La finition de la paroi intérieure est par défaut brute lisse.

Les panneaux bénéficient tous d'un marquage CE suivant la norme EN 14992+A1.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Béton

Pour les parois intérieure et extérieure, réalisée en usine, le béton sera de classe de résistance équivalente à C35/45 minimum, sera conforme aux normes NF EN 206+A2/CN et NF EN 13369.

Les ciments utilisés seront conformes aux normes NF EN 197-1, NF EN 197-2, NF EN 197-4, NF EN 197-5 & NF EN 197-6.

La nature du ciment et son dosage seront adaptés à la classe d'environnement du projet.

La granulométrie et la composition des agrégats sont choisis en fonction de parement souhaité, et de la résistance souhaitée.

Pour les parois intérieure et extérieure, la granulométrie usuelle est entre 0/2, 0/4 et 8/16 mm et pourra être adaptée suivant les types de finitions.

La résistance à la compression du béton, sur éprouvette cubique de dimensions 10 x 10 x 10 cm, à la première manutention est supérieure ou égale à :

- $f_{ck,cube}$ = 25 MPa pour les ancres TSH3* de la société SYSPRO
- $f_{ck,cube}$ = 20 MPa pour les ancres KE III/KE IV de la société ALRUNO
- $f_{ck,cube}$ = 13 MPa pour les ancres CA-LIFT de la société ECONAC

La résistance à la compression du béton à la livraison est supérieure ou égale à $f_{ck,cube}$ = 25 MPa.

2.2.2.2. Armatures

Les aciers utilisés sont conformes à la norme NF EN 10080. Les barres d'acier de renfort et les treillis soudés sont aussi conformes aux normes NF A35-027 et NF A35-080-2 et ils sont certifiés NF par l'AFCAB.

Les armatures de type treillis soudés seront réalisés en acier de classe minimum B450A ou B450C suivant conditions de site.

Les armatures de type HA (barres de renforts, cages d'armatures, raidisseurs, etc.) seront réalisés en acier de classe minimum B450A ou B450C suivant conditions de site.

2.2.2.2.1. Armatures de paroi extérieure

Les armatures de la paroi extérieure sont composées :

- D'un treillis soudé B450A ou C
- Des barres de renforts de type HA peuvent être ajoutées au droit des ouvertures ou des zones nécessitant une section d'armature supérieure.

2.2.2.2.2. Armatures de paroi intérieure

Les armatures de la paroi intérieure sont composées :

- D'un treillis soudé B450A ou C,

Document projet

- De raidisseurs longitudinaux constitués de 4 HA 8 filants et de cadres ouverts en HA6, espacement = 30 cm
- De raidisseurs transversaux triangulaires constitués de 1 HA7 et de 2 HA5 filants formant sinusoïdes, de hauteur 95 mm et de largeur 100 mm

2.2.2.3. Isolant

2.2.2.3.1. Isolation continue

Les isolants utilisés feront l'objet d'un certificat ACERMI et présenteront un profil ISOLE minimal $I_2S_1O_2L_3$ suivant le Cahier Technique F de l'ACERMI.

Les épaisseurs des isolants seront déterminées par la performance thermique visée.

Les isolants mis en œuvre dans le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » sont de type :

- Mousse de polyuréthane PUR ou PIR de conductivité thermique λ=0,022 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
- Polystyrène expansé graphité de conductivité thermique λ=0,031 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

L'épaisseur de l'isolation continue est de 60 à 120 mm.

2.2.2.3.2. Isolation de remplissage entre nervures paroi intérieure

Un isolant de remplissage peut être mis en œuvre entre les nervures de la paroi intérieure du procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » permettant d'alléger le panneau, et est de type :

- Polystyrène expansé de conductivité thermique λ=0,042 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
- Polystyrène expansé graphité de conductivité thermique λ=0,031 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$

L'épaisseur de l'isolant de remplissage est de 95 à 135 mm.

2.2.2.4. Accessoire de levage

Le système de levage des panneaux sandwich est composé d'ancres de levage en acier doux de type ECA-LIFT de la société ECONAC, TSH3* de la société SYSPRO ou KE III/KE IV de la société ALRUNO disposant d'un Avis Technique en cours de validité.

Ces ancres sont intégrées dans les parois extérieure et intérieure des panneaux, au droit des nervures pour la paroi intérieure nervurée.

Le nombre d'ancres et leur dimensionnement sont déterminés par le Bureau d'Etudes intégré de CEMENTAL suivant les prescriptions des Avis Techniques respectifs.

2.2.2.5. Accessoire de fixation

Le système de fixation sur charpente est composé du système GP de la société GL LOCATELLI sous Evaluation Technique Européenne ETE-17/0869 du 19 avril 2023 (fixation GP) et ETE-22/0217 du 17 juin 2022 (fixation GP SISMICO).

Tableau 4 - Valeurs de calcul de la traction et du cisaillement

	Système de fixation GL Locatelli			
	ETA-17/0869_V04			ETA-22/0217
Modèle	GP 54/33	GP 50/30	GP 40/223	GP SEISMIC 40/2310
N_{Rd}	32,05 kN(1)	17,27 kN(1)	11 ,33 kN(1)	29,93 kN(3)
V_{Rd}	32,05 kN(2)	17,27 kN(2)	11 ,33 kN(2)	29,09 kN(4)
Utilisation en situation courante	Oui	Oui	Oui	Oui
Utilisation en situation sismique	Non	Non	Non	Oui

(1) ETA-17-0869_v04, Table C1 – Connection channel/anchor (2) ETA-17-0869_v04, Table C6 – Connection channel/anchor

(3) ETA-22-0217_v01, Table C1 – Steel failure - anchor (4) ETA-22-0217_v01, Table C4 – Connection channel/anchor

2.2.2.5.1. Fixation sur charpente en béton préfabriquée ou coulée en place

Il est composé d'un rail métallique inséré dans la structure porteuse et d'un rail dans la paroi intérieure du panneau. Les éléments sont reliés entre eux à l'aide d'un boulon tête marteau muni d'une plaque fixée dans le rail du panneau à l'aide d'un boulon tête marteau.

La fixation peut être visible (rail sur la face latérale du poteau) ou invisible (rail sur la face contre le panneau).

2.2.2.5.2. Fixation sur charpente métallique

Il est composé d'un rail métallique inséré dans la paroi intérieure du panneau et relié à la charpente métallique à l'aide d'une cornière ou percements dans les poteaux. Les éléments sont reliés entre eux à l'aide d'un boulon tête marteau muni d'une plaque fixée dans le rail du panneau à l'aide d'un boulon tête marteau.

Document projet

2.2.2.6. Liaison entre les deux voiles

2.2.2.6.1. Système KONNEKTOR de la société CHRYSO

Le système KONNEKTOR de la société CHRYSO est un dispositif d'accrochage ponctuel du voile extérieur de panneaux sandwiches lourds à voile extérieur librement dilatable.

Ce dispositif comporte :

- Un soutien fixe,
- Un soutien coulissant au minimum,
- Des connecteurs ponctuels uniformément répartis.

Les soutiens sont en acier galvanisé ou inox, les connecteurs ponctuels en acier inoxydable.

2.2.2.6.2. Système ISOLINK de la société SCHÖCK

Le système Isolink de la société SCHÖCK est un dispositif d'accrochage ponctuel du voile extérieur de panneaux sandwiches lourds à voile extérieur librement dilatable.

Ce dispositif comporte des connecteurs droits en fibre de verre de diamètre nominal de 12 mm, en forme de fil trapézoïdal avec une profondeur de profil de 0,60 à 0,75 mm et un pas de 8 mm. Les extrémités de l'ancre sont inclinées.

Le connecteur est ancré de chaque côté dans le béton et est orienté perpendiculairement au mur.

2.2.2.7. Cale d'appuis

Des cales d'appuis sont disposées en tête de panneaux sandwich à chaque extrémité et permettent de transmettre les efforts du panneau superposé immédiatement supérieur.

Ces cales de dimensions 70 x 70 mm sont réalisées en polypropylène.

2.2.2.8. Type de finition

Les parements béton peuvent recevoir différents types de finitions classiques ou architectoniques selon les demandes du client:

- Paroi intérieure :
  - Brut dessus de moule surfacé avec règle vibrante.
- Paroi extérieure :
  - Lisse fond de moule ;
  - Sablée ;
  - Polie ;
  - Matricée ;
  - Bouchardée ;
  - Etc.

Le béton peut être réalisé à partir de ciment gris ou blanc, ainsi qu'être teinté dans la masse.

2.2.2.9. Données environnementales [1]

Le procédé « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et 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 produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

Document projet

2.3. Dispositions de conception

Le dimensionnement des Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue est réalisé par le Bureau d'Etudes intégré de CEMENTAL et produit l'ensemble des documents d'exécution nécessaires à la fabrication et à la pose des panneaux.

Dans le cas où CEMENTAL est titulaire du lot charpente, le Bureau d'Etude intégré de CEMENTAL réalise l'ensemble du dimensionnement de la charpente et des panneaux sandwich.

Dans le cas où CEMENTAL est titulaire du lot panneaux sandwich, le Bureau d'Etude intégré de CEMENTAL transmet à l'entreprise de gros-œuvre titulaire du lot charpente l'ensemble des documents suivants :

- Note de calcul avec descente de charges
- Plans de calepinage
- Carnet de détail des panneaux

Le Bureau d'Etude d'exécution transmet les données du projet à CEMENTAL qui prend en compte ces données pour le dimensionnement des panneaux sandwich.

La pose des panneaux est systématiquement assurée par CEMENTAL.

Dans le cas où CEMENTAL est uniquement titulaire du lot « Panneaux Sandwiches », une coordination avec le fabriquant de la charpente est nécessaire afin de garantir le bon positionnement des inserts utilisés dans la charpente pour fixer les panneaux.

[1] Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

2.3.1. Dimensionnement de la paroi extérieure

2.3.1.1. Généralités

Les parois extérieures peuvent se dilater librement. La variation de température est déterminée suivant les prescriptions de la NF EN 1991-1-5 et son Annexe Nationale. On retiendra une variation de température ΔT= 50 °C.

La stabilité de la paroi extérieure est vérifiée suivant les règles usuelles du béton armé (NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale, dispositions constructives du DTU 23.1) en prenant en compte, en fonction des 3 directions de sollicitation, des principes de fonctionnement du système de connexion mis en œuvre.

- Sous sollicitations verticales :
  - Le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une poutre-voile appuyée sur les éléments de connexion
- Sous sollicitations horizontales perpendiculaires au plan :
  - Le fonctionnement mécanique de la paroi est assimilé à celui d'une dalle « appuyée » sur les éléments de connexion situés sur le périmètre et généralement en correspondance des nervures intermédiaires de la partie intérieure
- Sous sollicitations horizontales parallèles au plan :
  - Le fonctionnement mécanique de la paroi peut être assimilé à celui d'une double console sur appui centré (si point de soutien sur une seule ligne horizontale) ou à celui d'une poutre-voile appuyée sur les points de soutien (si points de soutien sur plusieurs lignes horizontales ; zone de la paroi en porte à faux assimilée à un fonctionnement en console ou voile-drapeau)

2.3.1.2. Armatures minimales

Les armatures minimales de la paroi extérieure sont constituées d'un treillis soudé de type HA 6 avec une maille de 15 x 15 cm soit l'équivalent de $A_v = A_h$ =1,87 cm²/ml

Des armatures de renforts sont disposées au droit des ouvertures pour limiter la fissuration ainsi que dans les zones nécessitant une section d'armature complémentaire.

2.3.1.3. Epaisseur minimale de la paroi extérieure

Afin de respecter les conditions d'ancrage des systèmes de connexion, les épaisseurs nominales des parois extérieures des panneaux sont les suivantes :

- Panneaux avec système ISOLINK de la société SCHÖCK : au moins 40 mm
- Panneaux avec système KONNEKTOR de la société CHRYSO :
  - au moins 60 mm pour panneaux faisant l'objet d'une certification par un organisme extérieur
  - au moins 65 mm pour des panneaux ne faisant pas l'objet d'une certification par un organisme extérieur

L'épaisseur de la paroi extérieure est comprise entre 70 et 80 mm, supérieure aux épaisseurs minimales requises par les systèmes de connexion.

Les enrobages des armatures de la paroi extérieure doivent respecter les prescriptions de la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA en fonction des conditions d'environnement.

L'épaisseur de la paroi extérieure vérifiera l'inéquation suivante :

$$b_2 \geq c_{nom,ext} + c_{nom,iso} + \phi_v + \phi_h + \Delta^-$$

Avec :

- $c_{nom,ext}$: enrobage nominal de la paroi extérieure côté extérieur (fonction de la classe d'environnement côté extérieur, de classe XC4 minimale)
- $c_{nom,iso}$: enrobage nominal de la paroi extérieure côté isolant (fonction de la classe d'environnement de l'isolant). Il convient de considérer un enrobage minimal des armatures correspondant à celui de la classe d'exposition du parement exposé – 5 mm, sans descendre en dessous de celui de la classe XC3

$$c_{min,iso} = \max\{c_{min,ext} - 5\ mm\ ; c_{min,ext(XC3)}\}$$

- $\phi_v\ et\ \phi_h$: diamètre des armatures verticales (v) et horizontales (h) disposées dans la paroi extérieure
- $\Delta^- = \Delta b^- = 8\ mm$: tolérance sur l'épaisseur de la paroi extérieure

2.3.1.4. Dimensionnement de la largeur des joints entre parois extérieures

2.3.1.4.1. Largeur des joints verticaux

La largeur devra respecter l'inégalité suivante :

$$u_j \geq \max\{\alpha \cdot \Delta T \cdot L_{max} + \Delta_{pose} + \Delta_{fab}\ ; 2 \cdot u_{sism} + \Delta_{pose} + \Delta_{fab}\}$$

Avec :

- $\alpha = 1 \times 10^{-5}\ K^{-1}$: coefficient de dilatation thermique du béton
- $\Delta T = 50\ °C$: variation de température par défaut (la valeur ΔT peut être calculée suivant chaque projet)
- L_{max}: distance entre deux points fixes de deux panneaux encadrant un joint dans la direction considérée
- u_{sism}: le déplacement du panneau extérieur sous sollicitation sismique déterminé de la façon suivante (cas défavorable de la vibration en opposition de phase, éviter les risques d'entrechoquement entre parois contiguës)

Document projet

- Δ_{pose}: la tolérance de mise en œuvre prise égale à 5 mm, cf. § 2.4.4 du Dossier Technique
- Δ_{fab} : la tolérance de fabrication conformément aux prescriptions de la NF EN 14992+A1 (classe B)

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

2.3.1.4.2. Largeur des joints horizontaux

La largeur devra respecter l'inégalité suivante :

$$u_j \geq \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{max} + \Delta_{pose} + \Delta_{fab}$$

Avec :

- $\alpha = 1 \times 10^{-5}\ K^{-1}$: coefficient de dilatation thermique du béton
- $\Delta T = 50\ °C$: variation de température par défaut (la valeur ΔT peut être calculée suivant chaque projet)
- L_{max}: distance entre deux points fixes de deux panneaux encadrant un joint dans la direction considérée
- Δ_{pose}: la tolérance de mise en œuvre prise égale à 5 mm, cf. § 2.4.4 du Dossier Technique
- Δ_{fab} : la tolérance de fabrication conformément aux prescriptions de la NF EN 14992+A1 (classe B)

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

2.3.2. Dimensionnement des organes du système de connexion entre les parois

2.3.2.1. Système de connexion

2.3.2.1.1. Système KONNEKTOR de la société CHRYSO

La paroi extérieure librement dilatable est reliée à la paroi intérieure à l'aide du système KONNEKTOR de la société CHRYSO, sous Avis Technique en cours de validité est composé de :

- Un soutien fixe
- Un soutien coulissant a minima
- Des connecteurs ponctuels uniformément répartis

Le dimensionnement du système sera réalisé par CEMENTAL conformément à l'Avis Technique en cours de validité dont il fait objet.

2.3.2.1.2. Système ISOLINK de la société SCHÖCK

La paroi extérieure librement dilatable est reliée à la paroi intérieure à l'aide du système ISOLINK de la société SCHÖCK, sous Evaluation Technique Européenne ETE-17/0773 du 27 octobre 2023 et est composé de :

- de connecteurs droits ou inclinés uniformément répartis

Le dimensionnement du système sera réalisé par CEMENTAL conformément à l'Evaluation Technique Européenne ETE-17/0773 du 27 octobre 2023 en cours de validité.

2.3.2.2. Dispositions parasismiques pour la paroi extérieure

A défaut de justification particulière, la composante horizontale de l'effort dû à l'action sismique doit être reprise :

- Cas du système KONNEKTOR de la société CHRYSO :
  - Par les soutiens fixes lorsque celle-ci agit dans le plan
  - Par les soutiens fixes et coulissants lorsque celle-ci agit perpendiculairement au plan
  - L'ancrage des soutiens doit se situer dans une zone de béton fretté
- Cas du système ISOLINK de la société SCHÖCK
  - Par les connecteurs droits lorsque celle-ci agit dans le plan et perpendiculairement au plan

Il conviendra de calculer l'effort sismique que génère la paroi extérieure librement dilatable suivant l'Article 4.3.5 de la NF EN 1998-1 et de son Annexe Nationale NF EN 1998-1/NA, et de vérifier que :

$$F_{a,hor} = \frac{S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a}{q_a} = k_{ampli} \cdot W_a \leq V_{Rd,sis} \cdot n$$

Avec :

- W_a : poids total G de la paroi extérieure y compris les finitions extérieures (matriçage, etc.)
- $k_{ampli} = \frac{S_a \cdot \gamma_a}{q_a}$ où :
  - S_a : coefficient sismique applicable à la paroi extérieure égale à :
    - $$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right)}{1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)^2} - 0{,}5\right]$$
  - γ_a : coefficient d'importance de l'élément suivant Art. 4.3.5.3 de la NF EN 1998-1 et NF EN 1998-1/NA
  - q_a : coefficient de comportement pris égale à $q_a = 2$ pour le système KONNEKTOR conformément à l'Avis Technique dont il fait objet et $q_a = 1$ par défaut pour le système Isolink.
- n : nombre de connecteurs reprenant l'effort sismique $F_{a,hor}$

Document projet

- $V_{Rd,sis}$: charge résistante de calcul en situation sismique par connecteur déterminé comme le rapport de l'effort statique et 3,25 conformément aux prescriptions de l'avis technique pour le système KONNEKTOR uniquement.

En cas d'absence d'essais cycliques sur les dispositifs de liaison, il convient d'adopter la formule suivante :

$V_{Rd,sis}$ = 0,4. $V_{Rd,stat}$ / $\gamma_{matériau,sis}$

A défaut d'un calcul plus précis du produit $S_a \cdot \gamma_a$, les hypothèses suivantes sont à retenir pour le calcul du coefficient k_{ampli} :

- $\frac{z}{H} = 1$
- $\frac{T_a}{T_1} = 1$
- $\gamma_a = 1$

- Catégorie du sol : E

Le tableau ci-après présente les valeurs du coefficient k_{ampli} déterminées en prenant en comptes les hypothèses ci-avant, en fonction de la zone de sismicité et de la catégorie d'importance du bâtiment.

Zone de sismicité	**Catégorie d'importance du bâtiment**							
	Système KONNEKTOR				**Système ISOLINK**			
	I	**II**	**III**	**IV**	**I**	**II**	**III**	**IV**
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	0,42	0,49	-	-	0,84	0,98
3	-	0,56	0,67	0,78	-	1,12	1,34	1,56
4	-	0,81	0,97	1,13	-	1,62	1,94	2,26

La structure comportant des panneaux non porteurs doit être dimensionnée à l'état de limitation des dommages suivant l'Article 4.4.3.2 de la NF EN 1998-1 et son Annexe Nationale NF EN 1998-1/NA.

La vérification de la largeur des joints entre les panneaux est réalisée par le Bureau d'Etude intégré de CEMENTAL.

La largeur des joints u_j entre les parois librement dilatables devra être déterminée de façon à vérifier que le déplacement des parois sous sollicitations sismiques u_{sis} soit inférieur à $u_j/2$ (avec prise en compte des tolérances de pose Δ_{pose} et de fabrication Δ_{fab}) afin d'éviter le risque d'entrechoquement entre deux panneaux contigus :

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

Avec :

- u_{sis} : déplacement de la paroi extérieure sous sollicitation sismique
  - $F_{a,ind} = \frac{F_{a,hor}}{n}$
- K_{dyn} : raideur moyenne en cisaillement dynamique des connecteurs
  - $K_{dyn} = 16\,500\ kN \cdot m^{-1}$ pour le système KONNEKTOR
  - $K_{stat,cisaillement}$ pour le système ISOLINK exprimé en fonction des épaisseurs d'isolant :

Epaisseur d'isolant (en mm)	**60**	**80**	**100**	**120**
Raideur $\boldsymbol{en\ kN \cdot m^{-1}}$	1 285	941	504	192

- A défaut d'essais dynamique sur les connecteurs, la raideur moyenne dynamique en cisaillement est déduite de la raideur moyenne statique par application d'un coefficient égal à 2.
- u_j : largeur des joints telle que définie dans §2.1.3.4.1

2.3.3. Dimensionnement de la paroi intérieure

2.3.3.1. Dimensionnement de la paroi

La paroi intérieure est la paroi structurale du panneau assurant la tenue de la paroi extérieure librement dilatable.

Les panneaux sont autoportants, et ne participent pas au contreventement de la structure.

Les panneaux sont calculés comme des éléments soumis à de la flexion simple entre deux appuis (massifs isolés ou console courte en applique sur la structure).

Le dimensionnement est réalisé en prenant compte le poids propre de l'élément et des panneaux empilés ainsi que des efforts au vent et au séisme.

Le poids propre de l'élément considéré comprendra le poids propre de la paroi intérieure, de l'isolant et de la paroi extérieure y compris les éventuelles modénatures.

L'armature minimale de la paroi intérieure est composée d'un treillis soudé de type HA 6 avec une maille de 15 x 15 cm soit l'équivalent de $A_v = A_h$ =1,87 cm²/ml.

Document projet

2.3.3.2. Epaisseur minimale de la paroi intérieure

L'épaisseur minimale de la paroi intérieure est de 55 mm lorsqu'elle est nervurée et de 150 mm lorsqu'elle est pleine.

2.3.3.3. Dimensionnement des fixations de l'ossature support

Les fixations des panneaux non porteurs sont décrites au §2.2.2.5 en fonction de son utilisation : situation courante et situation sismique.

Pour les panneaux non porteurs, 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 panneaux ne participent pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment, ces éléments sont considérés non structuraux conformément au §4.3.5 de la NF EN 1998 et son annexe nationale française. Un coefficient de comportement q_a égal à 1 est retenu.

2.3.3.3.1. Cas des panneaux verticaux

Les panneaux sont posés en pied sur des longrines ou poutres de l'ossature support reprenant les efforts verticaux.

La fixation en tête des panneaux est assurée par le système GP de la société GL LOCATELLI, composé d'un système de rails et boulons avec platines.

2.3.3.3.2. Cas des panneaux horizontaux

Les panneaux sont posés en pieds sur les massifs de fondation ou des consoles courtes puis sont superposés les uns sur les autres.

La fixation des panneaux à la structure est assurée par le système GL LOCATELLI, à chaque angle de panneau, et prévus pour ne pas mettre en charge les panneaux.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

La manutention des panneaux en usine et sur chantier se fait à l'aide d'un système d'équilibrage à poulie afin de répartir les efforts uniformément dans les ancres de levage.

Le type d'insert de levage à utiliser devra être mentionné clairement dans les plans.

2.4.1. Transport des panneaux

Les panneaux sont transportés sur le chantier depuis l'usine de fabrication à l'aide de semi-remorques.

Les panneaux sont chargés sur les remorques en usine à l'aide d'un pont roulant et/ou d'une grue et positionnés dans des racks spécifiques avec des cales et protections de type bandes de polystyrène afin de garantir la stabilité et l'intégrité de ceux-ci durant la phase de transport.

2.4.2. Levage sur chantier

Les panneaux sont déchargés de la remorque sur chantier à l'aide d'une grue à tour ou d'une grue automotrice, adaptée au poids des éléments à manutentionner.

Dans le cas d'une grue automotrice, celle-ci sera positionnée à proximité de la zone de montage, les camions seront positionnés à côté de la grue.

Les panneaux sont systématiquement livrés sur chants. Dans le cas d'une pose verticale, la grue sera équipée d'un double treuil permettant le retournement des panneaux.

2.4.3. Pose des éléments

2.4.3.1. Pose horizontale

Le premier panneau peut être posé sur une longrine ou sur des massifs isolés aux extrémités (cas le plus courant).

Des cales ponctuelles en polypropylène sont mises en œuvre au droit des appuis sur la paroi intérieure pour éviter l'éclatement localisé du béton.

Les panneaux sont ensuite superposés les uns sur les autres avec la mise en place de cales ponctuelles en polyéthylène sur la paroi intérieure.

Les assemblages entre deux panneaux sont de type « tenon-mortaise » sur la paroi intérieure, la rainure en pied de panneau vient s'emboîter dans la languette en relief sur la tête du panneau inférieur. Ce type s'assemblage permet d'assurer un alignement entre panneaux et une stabilité provisoire avant fixation évitant tout glissement relatif entre panneaux.

2.4.3.2. Pose verticale

Les panneaux sont conçus pour que la longueur du panneau corresponde à la hauteur du bâtiment en cas de non-empilement, une fois le panneau retourné.

La pose se fera sur une longrine en béton, par juxtaposition de panneaux à partir d'un angle ou d'une ouverture du bâtiment. De la même manière que pour la pose horizontale, des cales ponctuelles en néoprène sont disposées au droit de la paroi intérieur. En tête de panneaux, des fixations seront réalisés sur la poutre de rive.

Document projet

2.4.3.3. Cas particuliers des panneaux formant linteaux

Dans le cas de grande largeur d'ouverture (ex. : porte d'accès véhicules), dans le cas de pose horizontale ou verticale, un panneau formant linteau sera fixé sur les panneaux adjacents à l'ouverture à la hauteur requise par l'ouverture.

Les efforts d'appui transmis par le panneau formant linteau seront déterminés par le Bureau d'Etude intégré de CEMENTAL, et les panneaux adjacents seront dimensionnés en prenant en comptes ces efforts.

La fixation des panneaux sera réalisée à l'aide des accessoires de fixation décrits au § 2.2.2.5 Accessoire de fixation.

2.4.4. Tolérance de production et de pose

La tolérance de production des panneaux est prise égale à $\Delta_{\text{fab}} = \pm\ 8\,mm$ – classe B selon la NF EN 14992+A1.

La tolérance de pose des panneaux est prise égale à $\Delta_{pose} = \ \pm\ 5\,mm$.

Ces valeurs sont celles à considérer pour le dimensionnement de la largeur des joints au § 2.3.1.4.

2.4.5. Traitement des joints entre panneaux

Afin d'assurer l'étanchéité à l'eau et à l'air, les joints entre panneaux feront l'objet d'un traitement après la pose de ces derniers à l'aide de fonds de joints et de mastic adapté.

Les produits de traitement des joints seront mis en œuvre conformément aux prescriptions des cahiers des charges des fournisseurs.

Les joints d'étanchéité entre panneaux et entre panneaux et structure peuvent être réalisés à l'aide d'un fond de joint de type cordon circulaire en mousse de polyéthylène avec mise en œuvre d'un mastic (par exemple) :

- Mastic Fire Silicone B1 FR de chez SOUDAL en intérieur
- Mastic Soudaseal HY40 de chez SOUDAL en extérieur

Les mastics devront systématiquement être classés F25 E selon SNJF.

Les mastics utilisés n'ont aucune performance au feu.

2.5. Maintien en service du procédé

Il conviendra de s'assurer après la pose des panneaux l'absence de désordres sur les panneaux (casse, épaufrure, fissure, etc.) pouvant être dus aux phases de manutention et de montage.

Dans le cas de désordre sur les panneaux, des réparations seront réalisés par l'entreprise CEMENTAL suivant les méthodologies usuelles de réparation d'éléments en béton armé.

Malgré toutes les précautions et le soin apporté à la fabrication et à la pose des éléments, des microfissures peuvent apparaître sur les parements en béton sans autre conséquence qu'un désordre visuel. Ces fissures peuvent faire l'objet d'un traitement par rebouchage et application d'un enduit ou d'une peinture élastomère.

2.6. Traitement en fin de vie

Le traitement en fin de vie peut être considéré comme équivalent à celui des murs traditionnels en béton.

2.7. Assistante technique

2.7.1. Dimensionnement

Le dimensionnement des panneaux est réalisé par le titulaire, sur la base des données transmises par le titulaire du chantier ou déterminées suivant les conditions de site du chantier.

2.7.2. Pose

La pose des panneaux est assurée par le titulaire.

Les plans de calepinage, de détails des panneaux et un guide de pose sont transmis aux équipes CEMENTAL en charge de la pose sur chantier.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

La production des Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue est réalisée dans les usines CEMENTAL suivantes :

- **CEMENTAL GENOLA** (Siège social, bureaux et usine de production)

Via Orianasso 1, 12040 GENOLA (CN), Italie

- **CEMENTAL MARENE**

Via Marconi 114, 12030 MARENE (CN), Italie

- **CEMENTAL NIELLA TANARO**

Document Projet

Via Lesegno 15, 12060 NIELLA TANARO (CN), Italie

La fabrication des Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue est réalisé de telle manière :

1. Nettoyage du moule
2. Préparation du fond de moule suivant finition souhaitée
3. Coffrage du panneau et des réservations
4. Application de l'huile de décoffrage
5. Mise en place des armatures avec cales d'armatures et des ancres de levage
6. Mise en place du système de connexion (KONNEKTOR ou ISOLINK)
7. Coulage paroi extérieure
8. Vibration du moule
9. Mise en place de l'isolant principal
10. Mise en place de l'isolant de remplissage (pour alvéoles entre nervures)
11. Mise en place des armatures de la paroi intérieure
12. Coulage paroi intérieure avec vibration à l'aiguille
13. Finition de surface de la face intérieure de la paroi intérieure
14. Décoffrage
15. Nettoyage du moule

Le panneau décoffré est transféré à l'atelier de finition pour le traitement de la paroi extérieure et fait l'objet d'un contrôle qualité avant d'être stocké avant expédition sur chantier.

2.8.2. Contrôles

2.8.2.1. Contrôles internes

Un autocontrôle de la fabrication est mis en place dans les usines pendant la production des éléments et sur les produits finis. Le contrôles en cours de production concernent le positionnement des coffrages, le positionnement et enrobage des armatures, les épaisseurs de parois béton, la vérification des positionnements des inserts, le positionnement des ancres de levage, l'épaisseur de l'isolant.

Le béton est confectionné dans la centrale à béton de chaque usine en Italie.

Des éprouvettes cubiques (15 x 15 x 15 cm) sont réalisés quotidiennement pour contrôler la résistance à la compression du béton à jeune âge et à 28 jour. Le suivi de la résistance à la compression du béton est assuré par le laboratoire interne CEMENTAL.

Sur demande, des échantillons peuvent être réalisés selon une fréquence d'un prélèvement tous les 5 jours et transmis dans un laboratoire externe indépendant.

Les tolérances de fabrication revendiquées sont celles de la classe B au sens de la norme NF EN 14992+A1. La tolérance sur l'enrobage des armatures Δc_{dev} est prise égale à $\Delta c_{dev} = \pm 5\ mm$.

2.8.2.2. Contrôles externes

Dans le cadre du marquage CE les procédures de productions des panneaux « Panneaux sandwich CEMENTAL à isolation continue » intègrent la réalisation d'autocontrôle tout au long de la production afin de répondre aux exigences de la norme NF EN 14992+A1.

Des audits sont réalisés 1 fois par an par des organismes extérieurs :

- un audit dans le cadre du marquage CE suivant la norme NF EN 14992+A1
- un audit dans le cadre de la démarche d'amélioration continue de l'entreprise avec une certification ISO 9001 v 2015

Document projet

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Néant

2.9.2. Références chantiers

Référence projet	Lieu	Surface de panneaux (en m²)	Année
PERFUM.COM - SCI GRH IMMO	GRASSE (83)	2 065	2020
SCI Elliot	FREJUS (83)	2 450	2020
SCI La Motte	LA MOTTE (83)	3 240	2020/2021
SCEA CHATEAU REILLANNE	LE CANNTET DES MAURES (83)	700	2023

Document projet

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

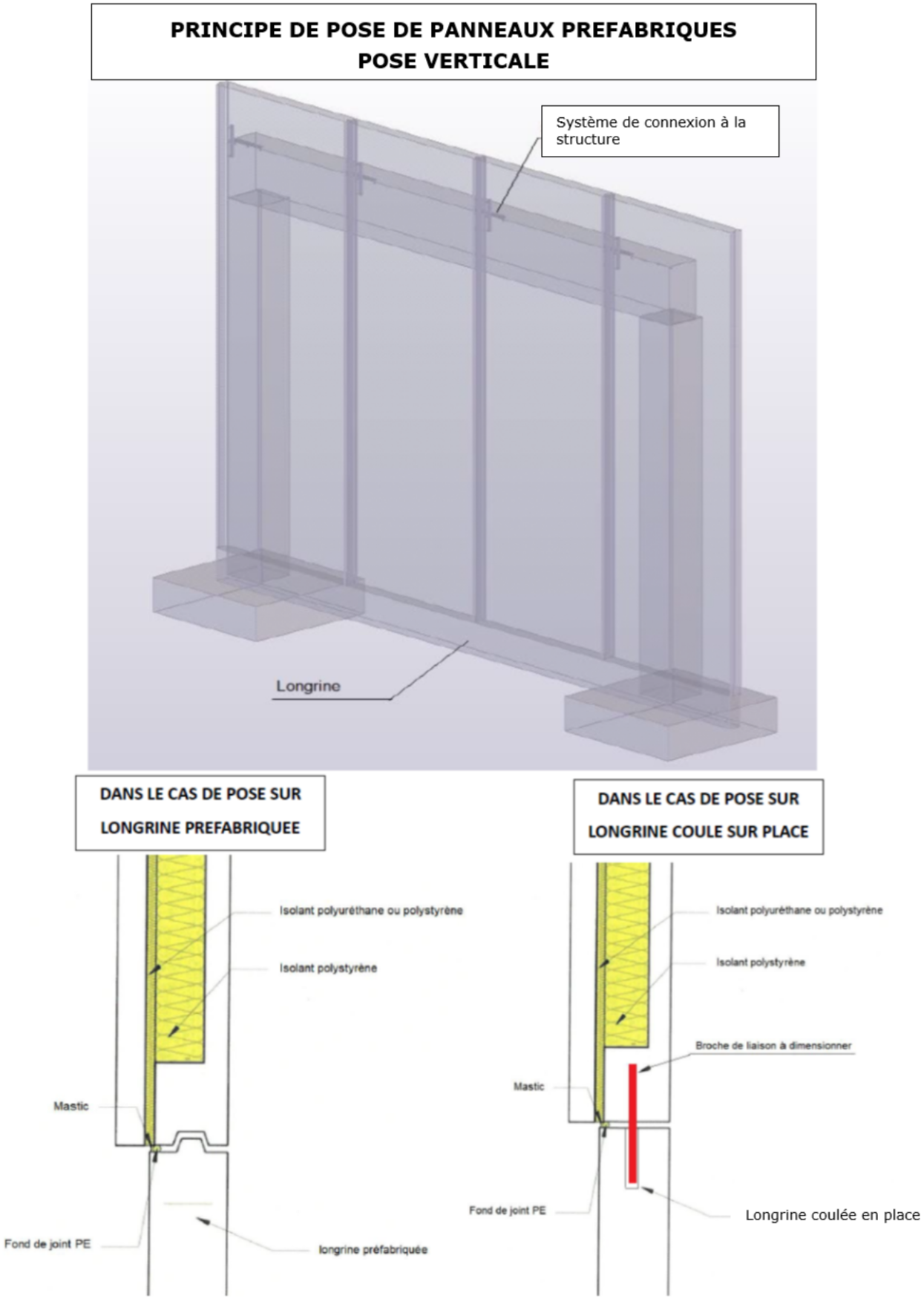


Figure 1 : Principe de pose de panneaux dans le sens vertical

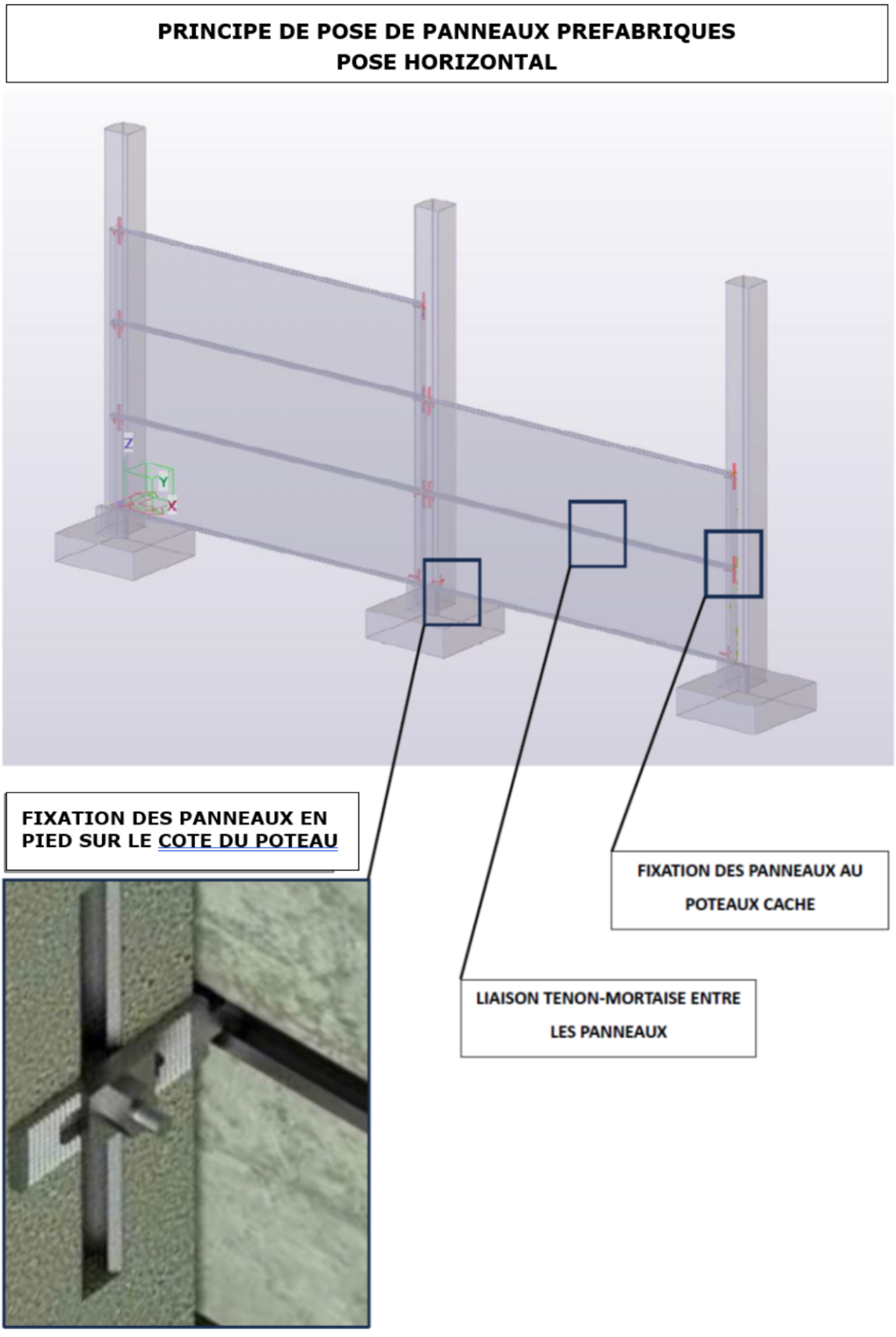


Figure 2 : Principe de pose de panneaux dans le sens horizontal

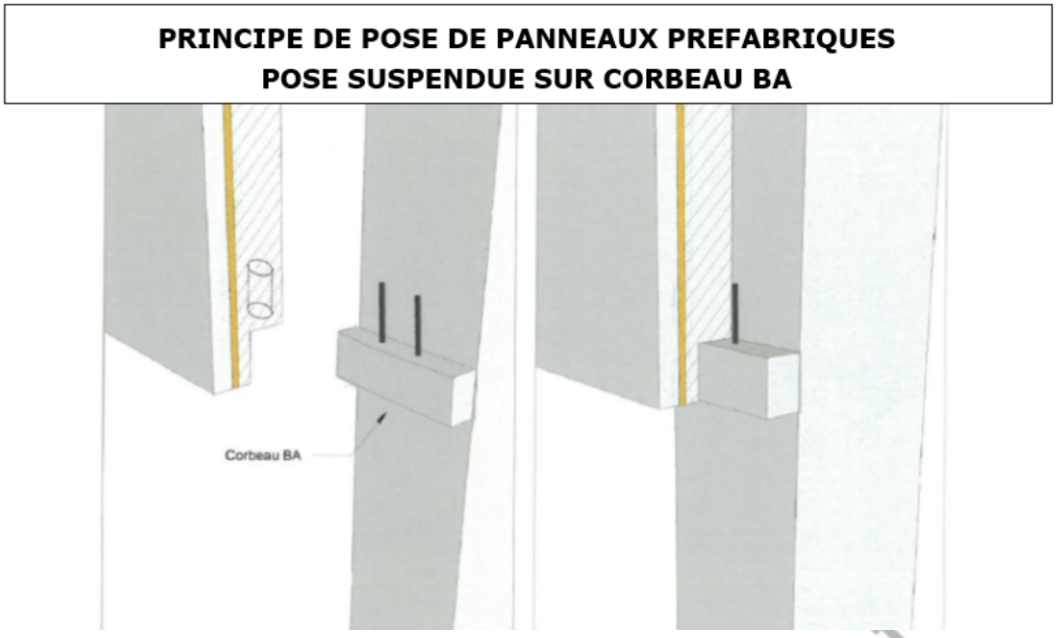


Figure 3 : Principe de pose de panneaux sur corbeaux BA

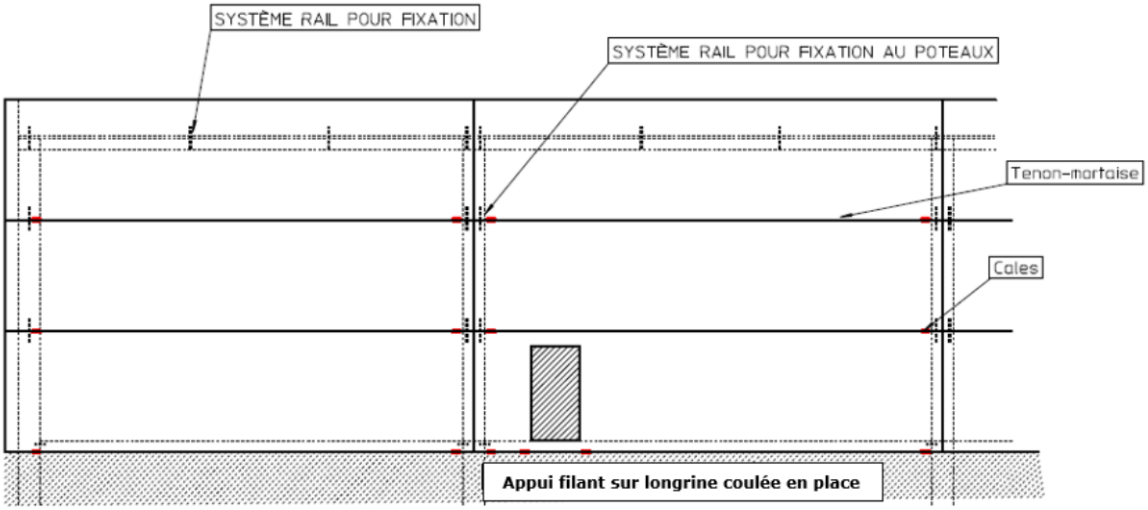
Document projet

CEMENTAL SPA PREFABBRICATI

EXEMPLES DE FAÇADES

Principes de pose des Panneaux

POSE HORIZONTALE SUR PLUSIEURS NIVEAUX



POSE VERTICALE SUR PLUSIEURS NIVEAUX

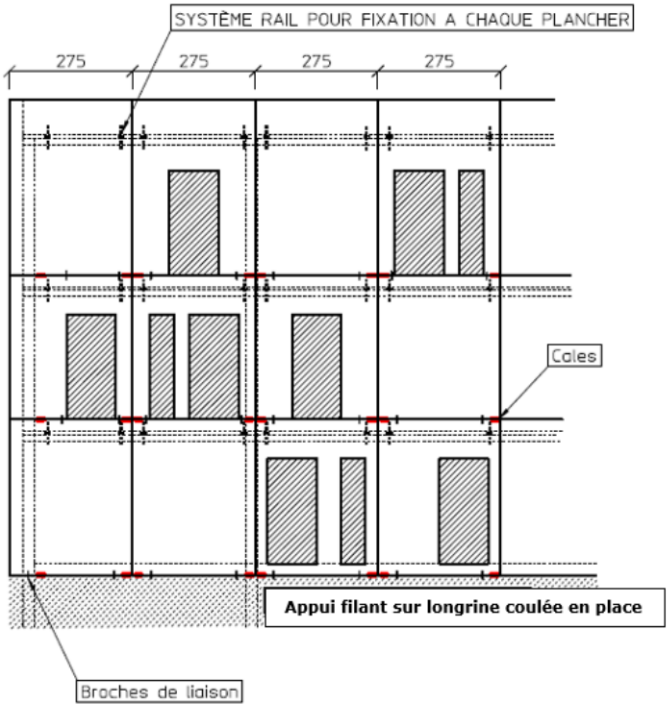
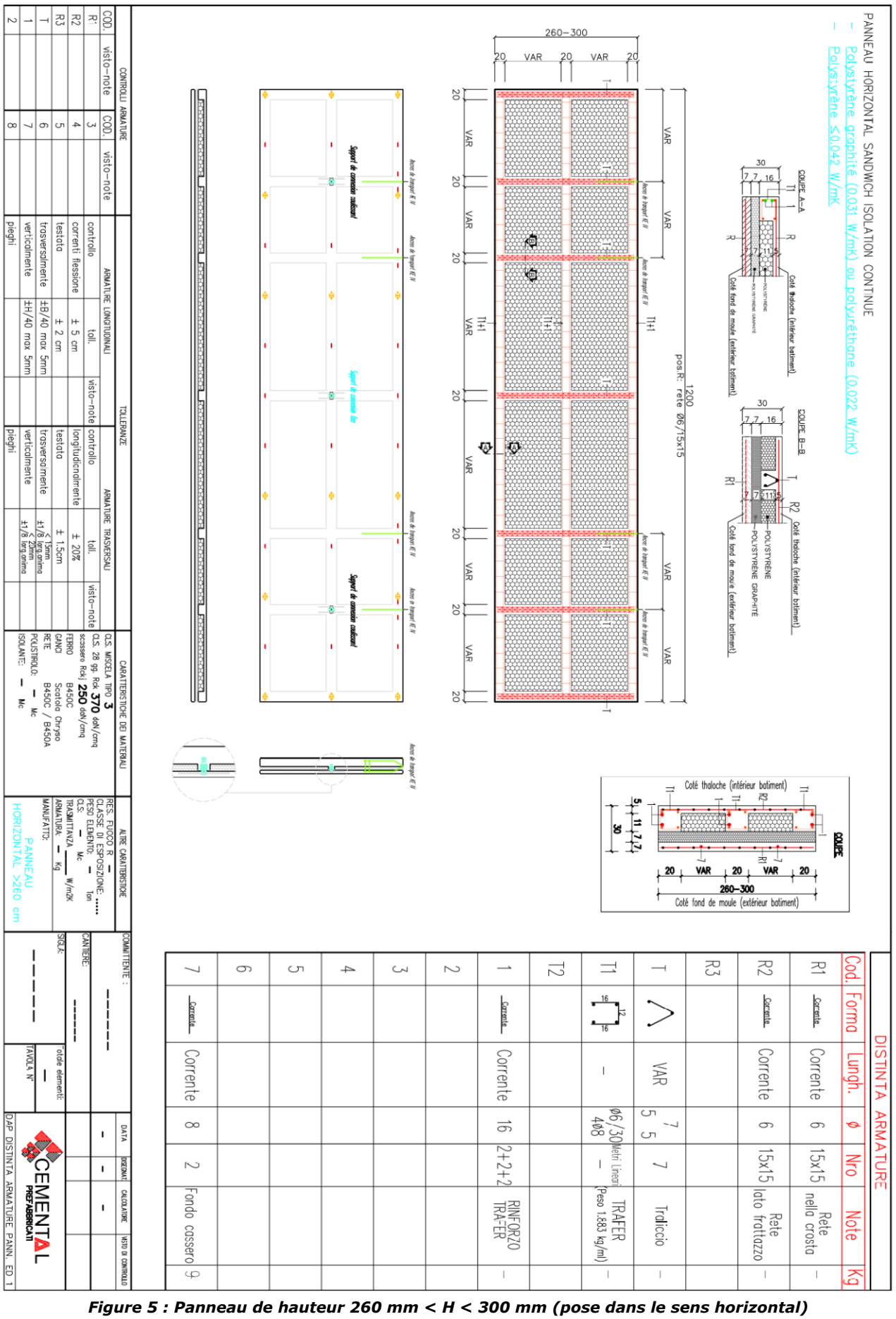


Figure 4 : Principe de pose de panneaux dans le sens vertical et horizontale (élévations)



Cod.	Forma	Lungh.	ø	Nro	Note	Kg
R1	Corrente	Corrente	6	15x15	Rete nella crosta	–
R2	Corrente	Corrente	6	15x15	Rete lato frattazzo	–
R3						
T		VAR	7 5 5	7	Traliccio	–
T1		–	Ø6/30 4Ø8	Metri Lineari –	TRAFER (Peso 1.883 kg/ml)	–
T2						
1	Corrente	Corrente	16	2+2+2	RINFORZO TRA-FER	–
2						
3						
4						
5						
6						
7	Corrente	Corrente	8	2	Fondo cassero	9

COD.	visto-note
R1	
R2	
R3	
T	
1	
2	

COD.	visto-note
3	controllo
4	correnti flessione
5	testata
6	trasversalmente
7	verticalmente
8	piegni

ARMATURE LONGITUDINALI		
	toll.	visto-note
controllo	± 5 cm	
correnti flessione	± 2 cm	
testata		
trasversalmente	±B/40 max 5mm	
verticalmente	±H/40 max 5mm	
piegni		

ARMATURE TRASVERSALI		
	toll.	visto-note
controllo	± 20%	
longitudinalmente	± 1,5cm	
testata		
trasversalmente	±1/8 < 15mm larg.anima	
verticalmente	±1/8 < 20mm larg.anima	
piegni		

CLS. MISCELA TIPO **3**
CLS. 28 gg. Rck **370** daN/cmq
scassero Rckj **250** daN/cmq
FERRO B450C
GANCI Scatola Chryso
RETE B450C / B450A
POLISTIROLO: – Mc
ISOLANTE: – Mc

RES. FUOCO R –
CLASSE DI ESPOSIZIONE: .....
PESO ELEMENTO: – Ton
CLS: – Mc
TRASMITTANZA – W/m2K
ARMATURA: – Kg
MANUFATTO:

DATA	DESCRIZIONI	CALCOLATORE	VISTO DI CONTROLLO
-	-	-	

CEMENTAL PREFABBRICATI

Figure 5 : Panneau de hauteur 260 mm < H < 300 mm (pose dans le sens horizontal)

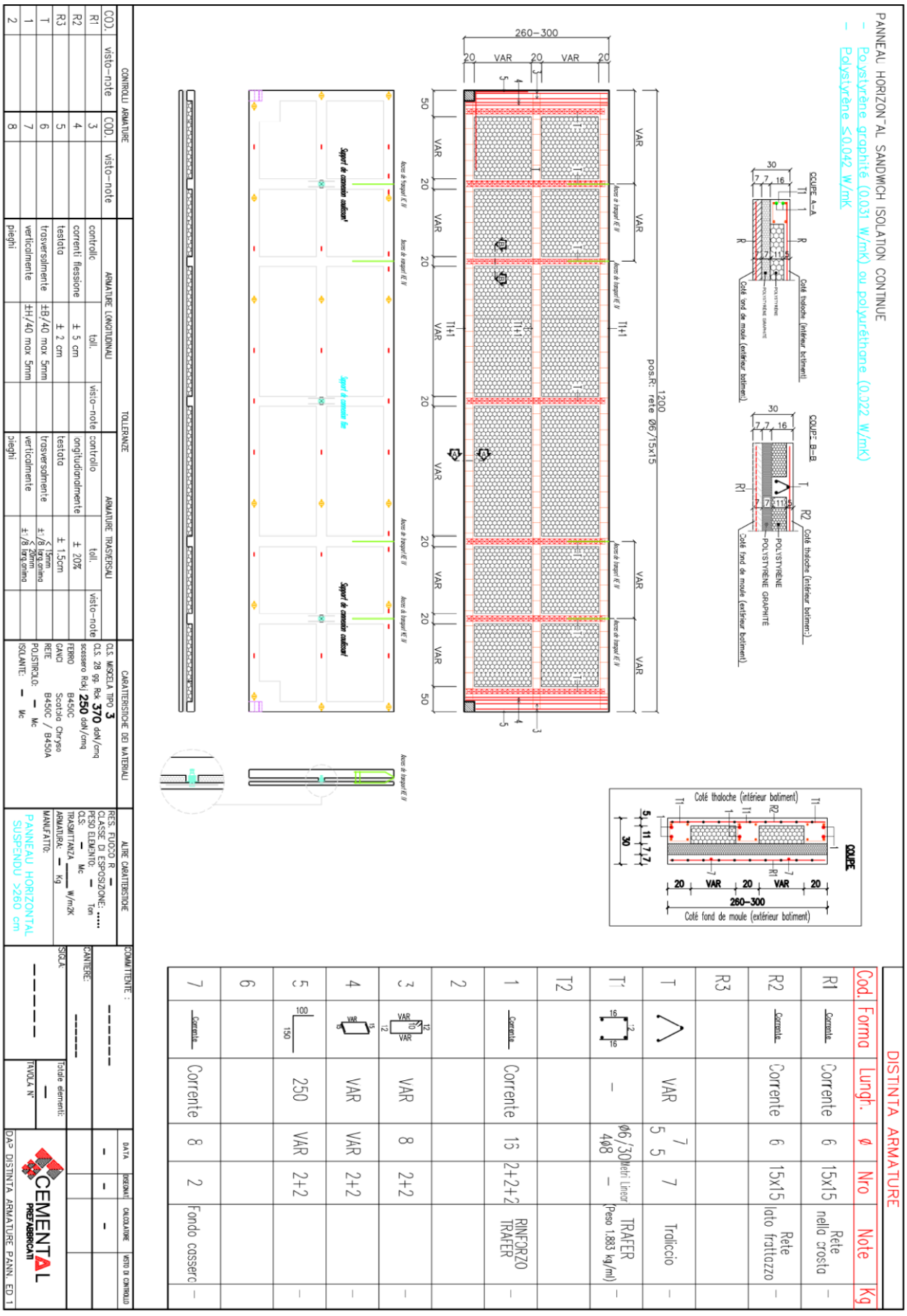


Figure 6 : Panneau suspendu de hauteur 260 mm < H < 300 mm (pose dans le sens horizontal)

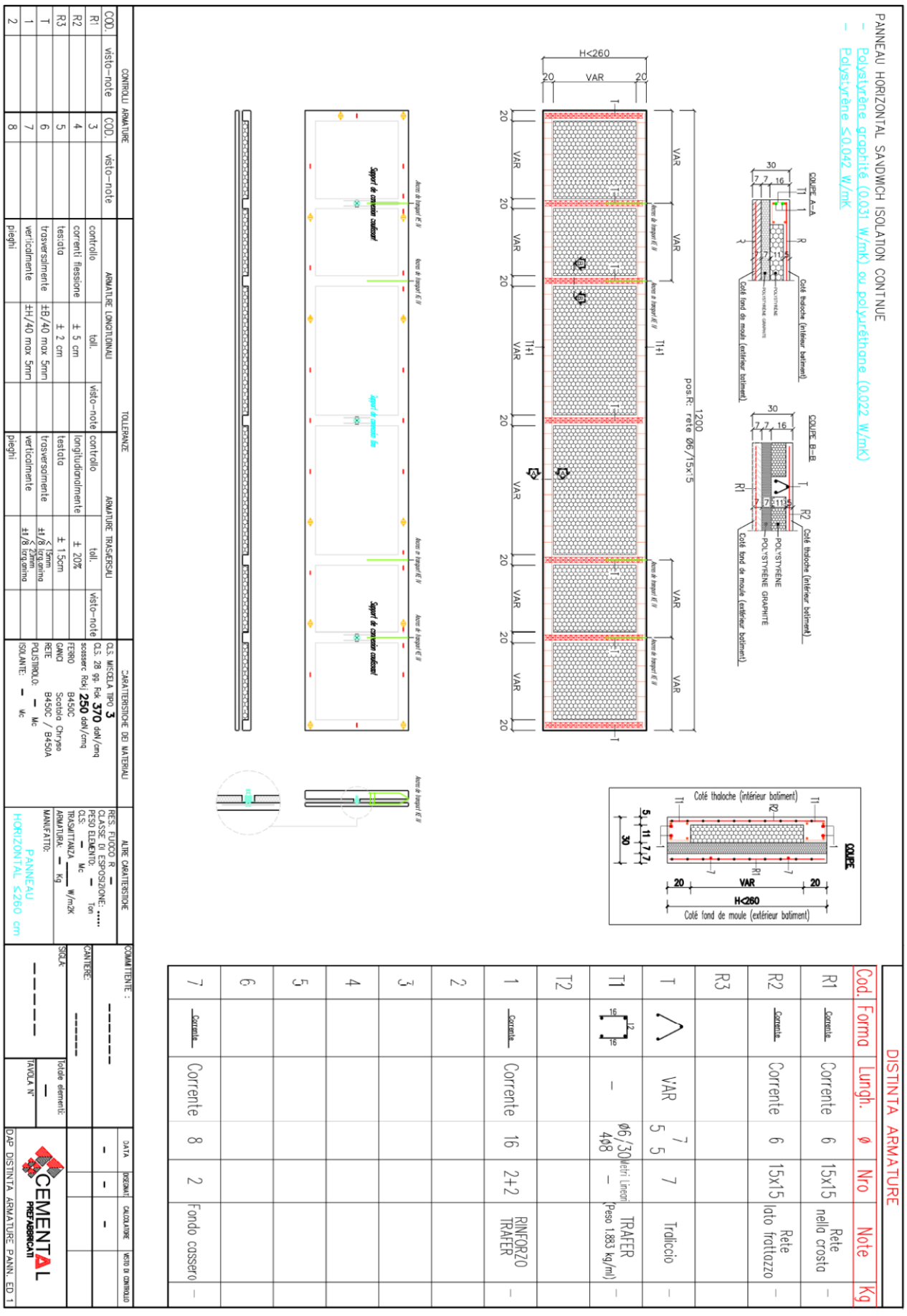
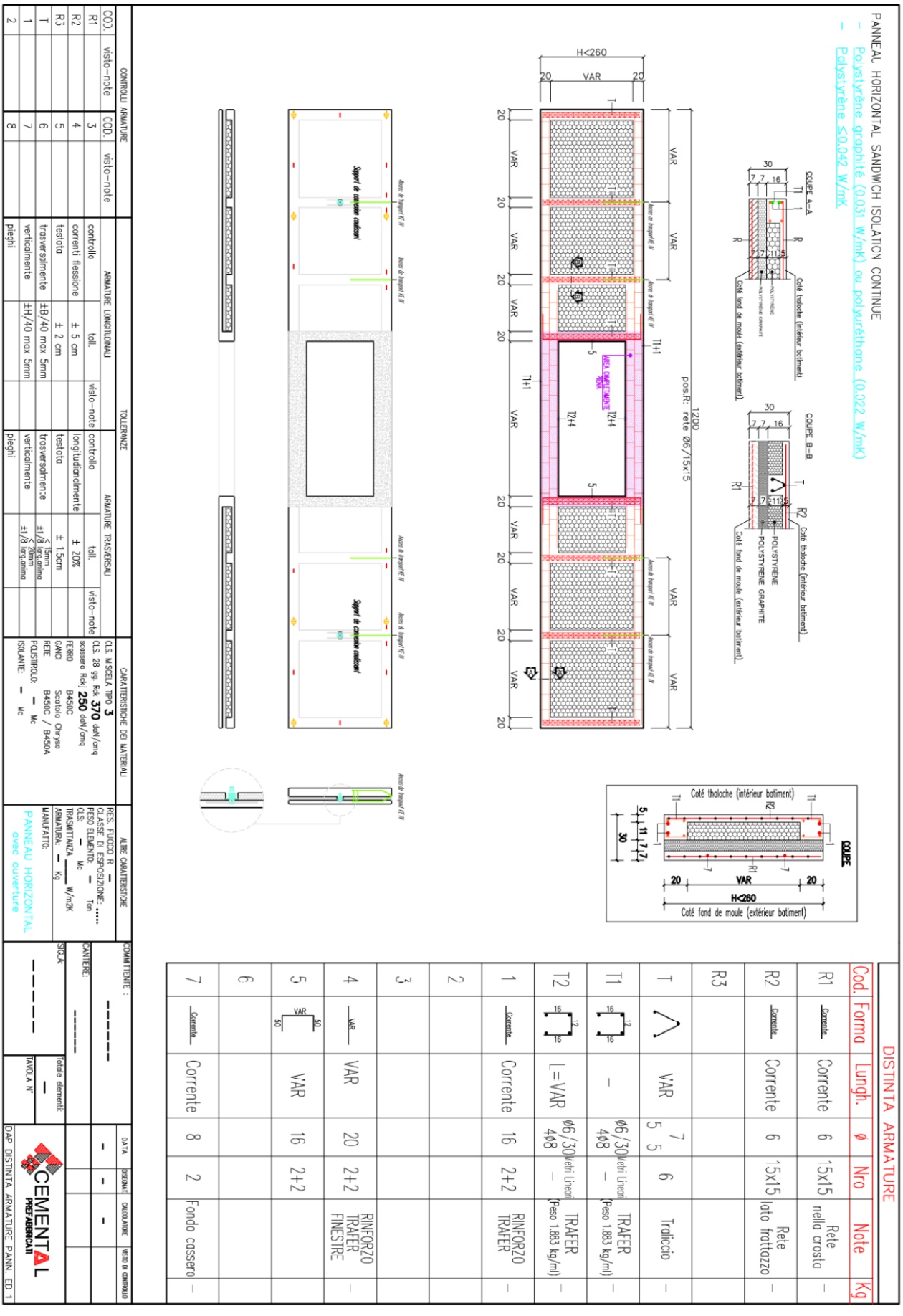


Figure 7 : Panneau de hauteur H < 260 mm (pose dans le sens horizontal)



Cod.	Forma	Lungh.	ø	Nro	Note	Kg
R1	Corrente	Corrente	6	15x15	Rete nella crosta	–
R2	Corrente	Corrente	6	15x15	Rete lato frattazzo	–
R3						
T		VAR	7 5 5	6	Traliccio	–
T1		–	Ø6/30 498	Metri Lineari	TRAFER (Peso 1.883 kg/ml)	–
T2	L=VAR	Ø6/30 498	–	Metri Lineari	TRAFER (Peso 1.883 kg/ml)	–
1	Corrente	Corrente	16	2+2	RINFORZO TRAFER	–
2						
3						
4	VAR	VAR	20	2+2	RINFORZO TRAFER FINESTRE	–
5	VAR	VAR	16	2+2		
6						
7	Corrente	Corrente	8	2	Fondo cassero	–

CONTROLLI ARMATURE

COD.	visto-note	COD.	visto-note
R1		3	
R2		4	
R3		5	
T		6	
1		7	
2		8	

TOLLERANZE

		ARMATURE LONGITUDINALI	
		toll.	visto-note
ARMATURE LONGITUDINALI	controllo		
	correnti flessione	± 5 cm	
	testata	± 2 cm	
	trasversalmente	±B/40 max 5mm	
	verticalmente	±H/40 max 5mm	
	piegni		

		ARMATURE TRASVERSALI	
		toll.	visto-note
ARMATURE TRASVERSALI	controllo		
	longitudinalmente	± 20%	
	testata	± 1.5cm	
	trasversalmente	±1/8 < 15mm larg.minimo	
	verticalmente	±1/8 < 20mm larg.minimo	
	piegni		

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CLS. MISCELA TIPO **3**
CLS. 28 gg. Rck **370** daN/cmq
sossiero Rckj **250** daN/cmq
FERRO B450C
GANCI Scatolo Chryso B450C / B450A
RETE
POLISTIROLO: – Kc
ISOLANTE: – Kc

ALTRE CARATTERISTICHE

RES. FUOCO R –
CLASSE DI ESPOSIZIONE: .....
PESO ELEMENTO: – Ton
CLS: – Mc
TRASMITTANZA: – W/m2K
ARMATURA: – Kg
MANUFATTO:

COMMITTENTE : -------

CANTIERE: ------

SIGLA: ----------

Totale elementi: –

TAVOLA N°

	DATA	DISEGNATO	CALCOLATORE	MESSI DI CONTROLLO
	-	-	-	

CEMENTAL PREFABBRICATI

DAP DISTINTA ARMATURE: PANN. ED 1

Figure 8 : Panneau avec ouverture de hauteur H < 260 mm (pose dans le sens horizontal) avec ouverture

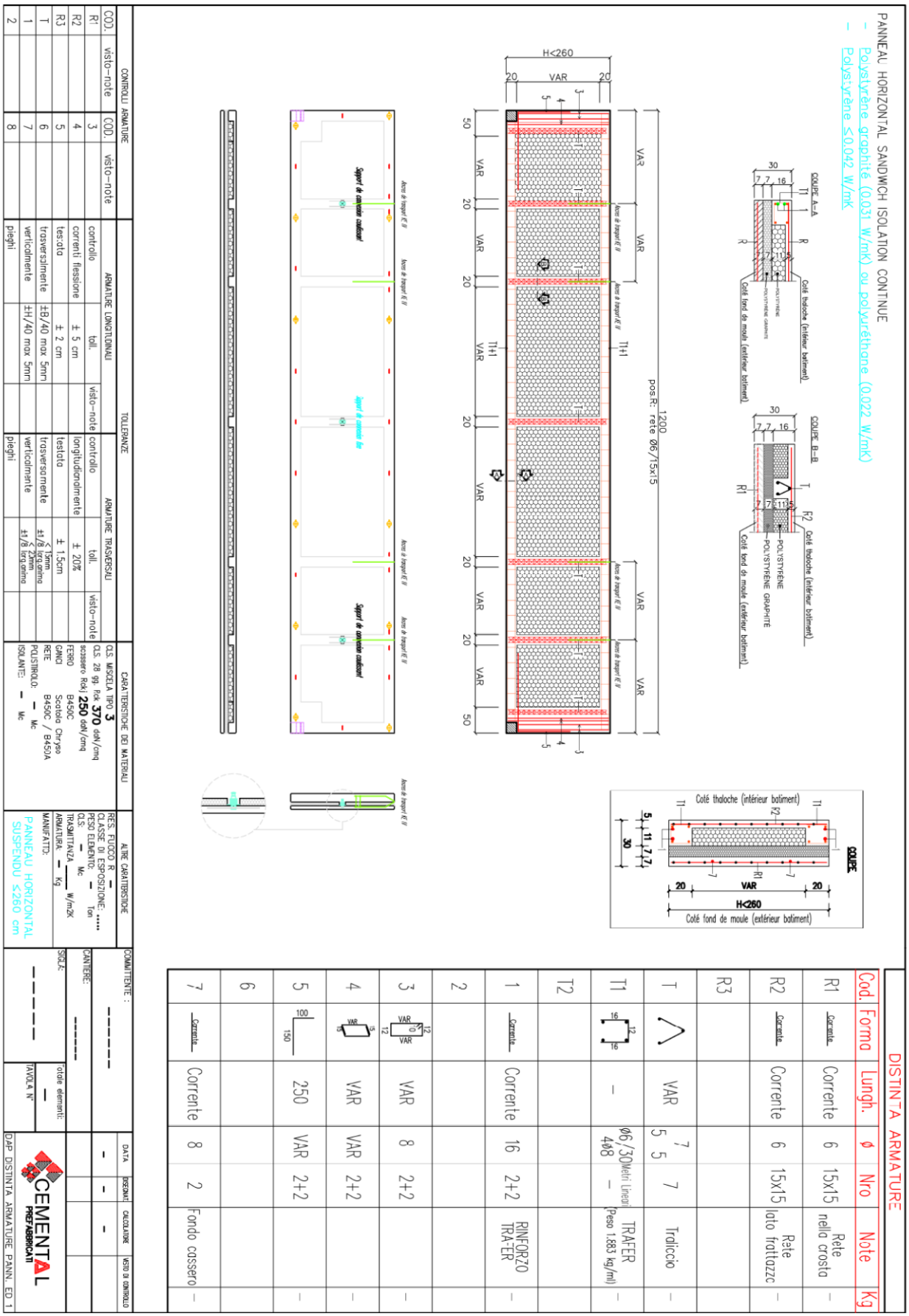


Figure 9 : Panneau suspendu de hauteur H < 260 mm (pose dans le sens horizontal)

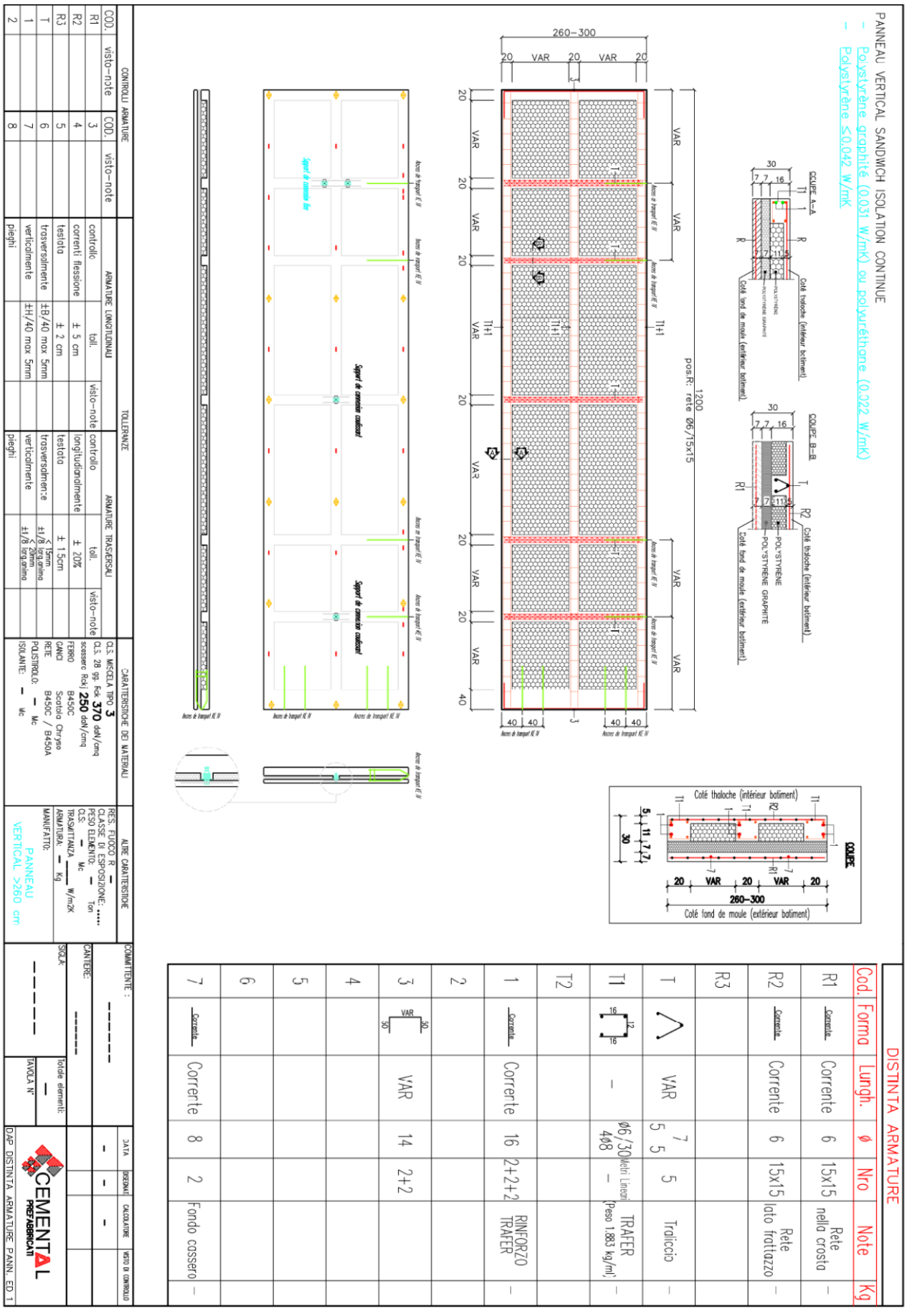


Figure 10 : Panneau de largeur 260 mm < L < 300 mm (pose dans le sens vertical)

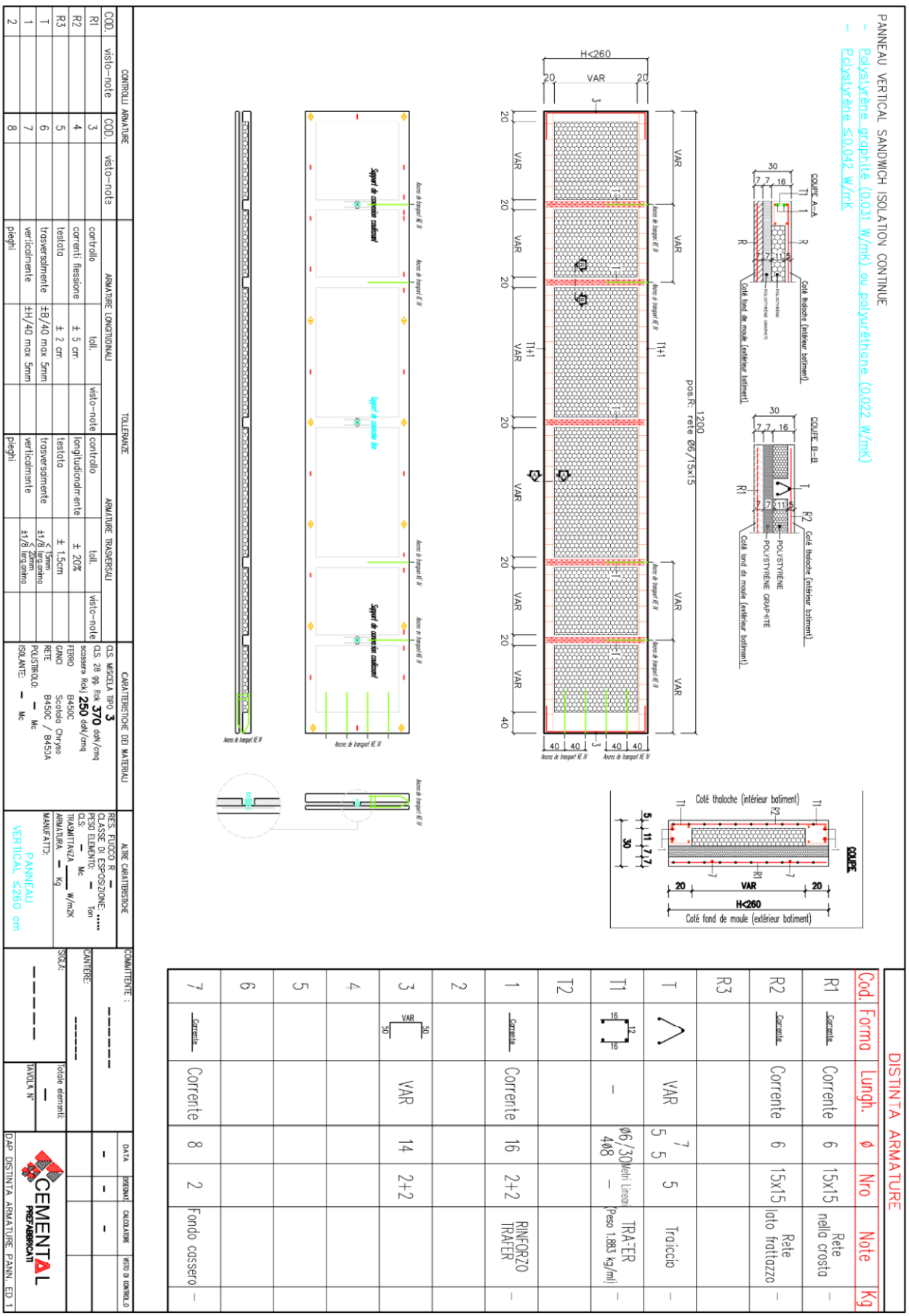


Figure 11 : Panneau de largeur L < 260 mm (pose dans le sens vertical)

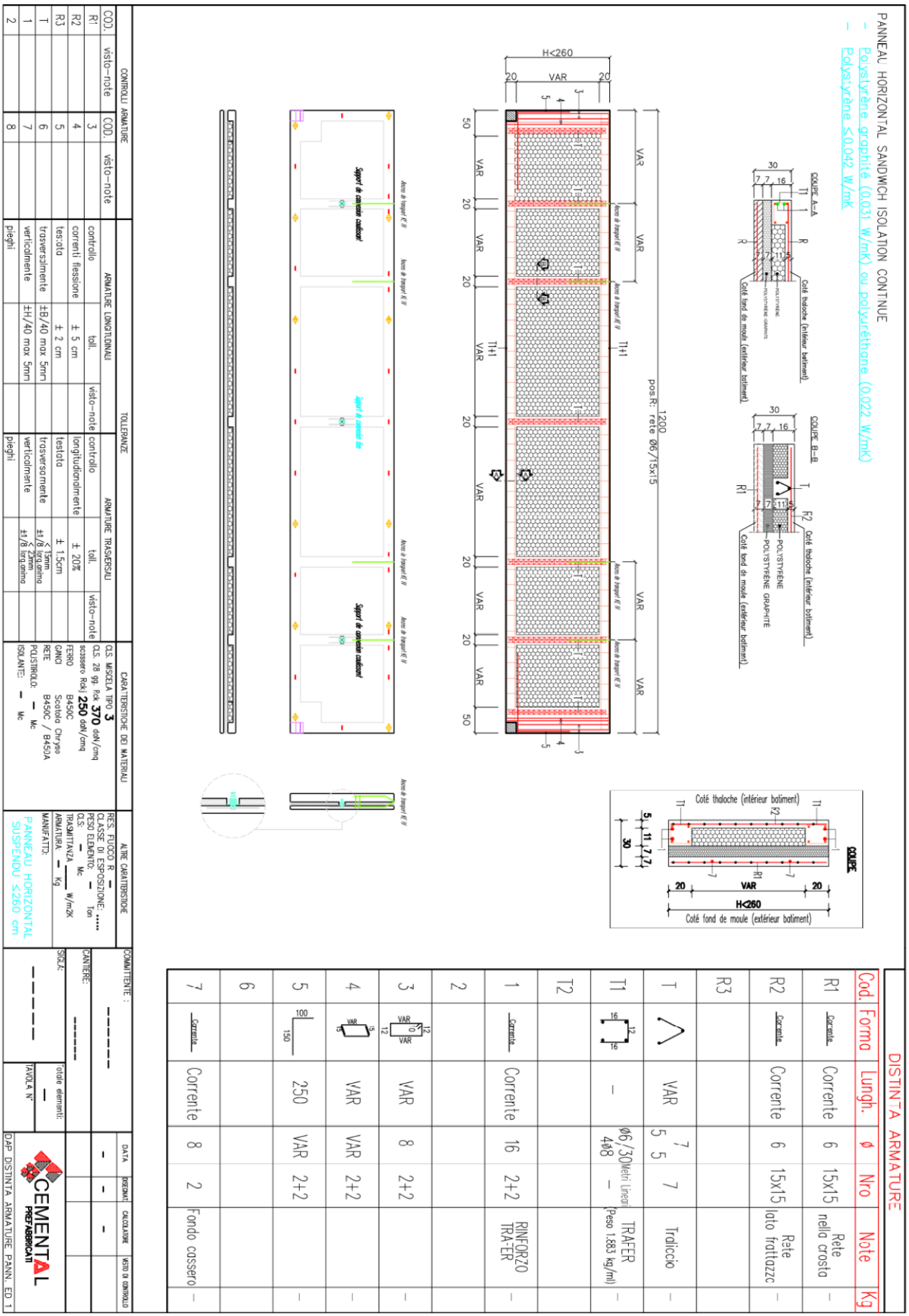


Figure 12 : Plan de principe des éléments de liaison KONNEKTOR

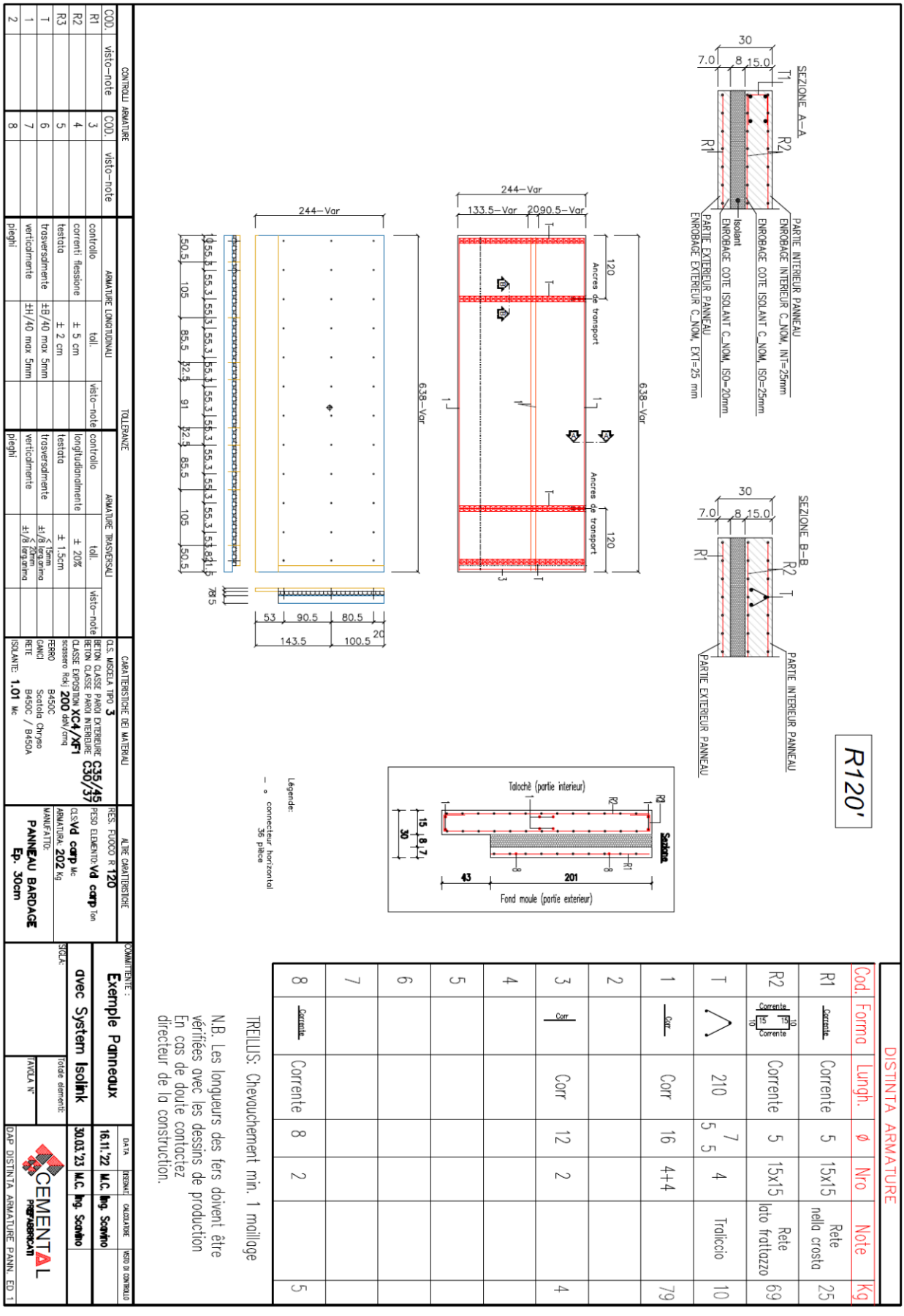
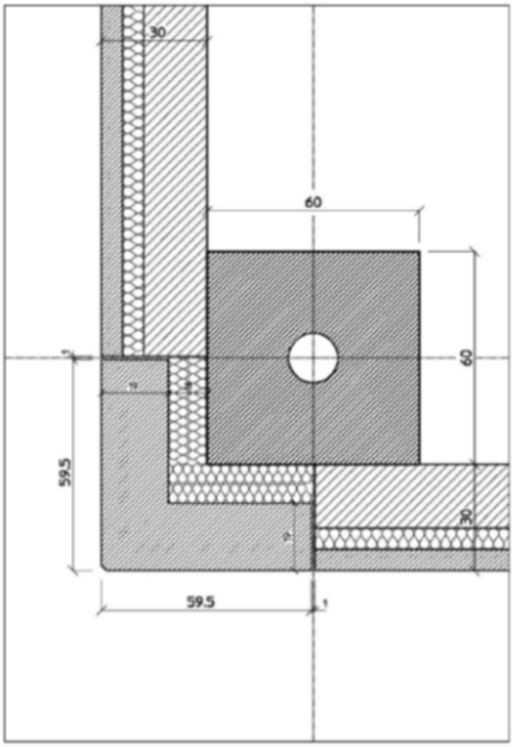


Figure 13 : Plan de principe des éléments de liaison ISOLINK

DETAIL ISOLATION DE PANNEAUX D'ANGLE

ANGLE BISEAUTÉ



ANGLE ARRONDI

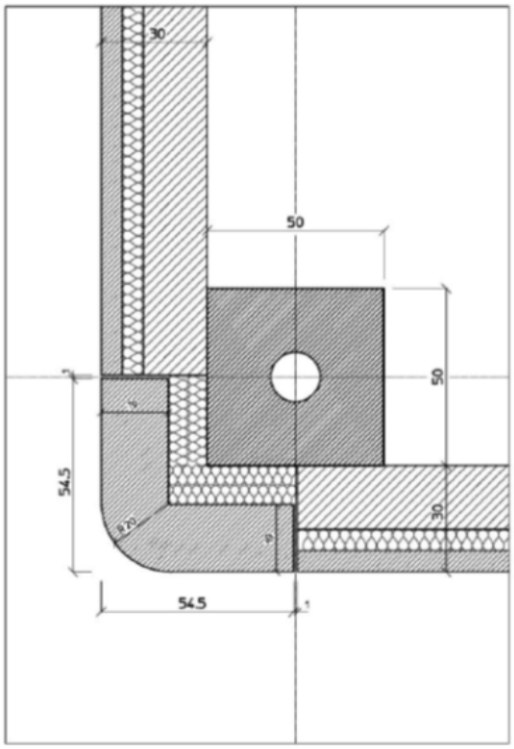


Figure 14 : Détail assemblage panneaux d'angle

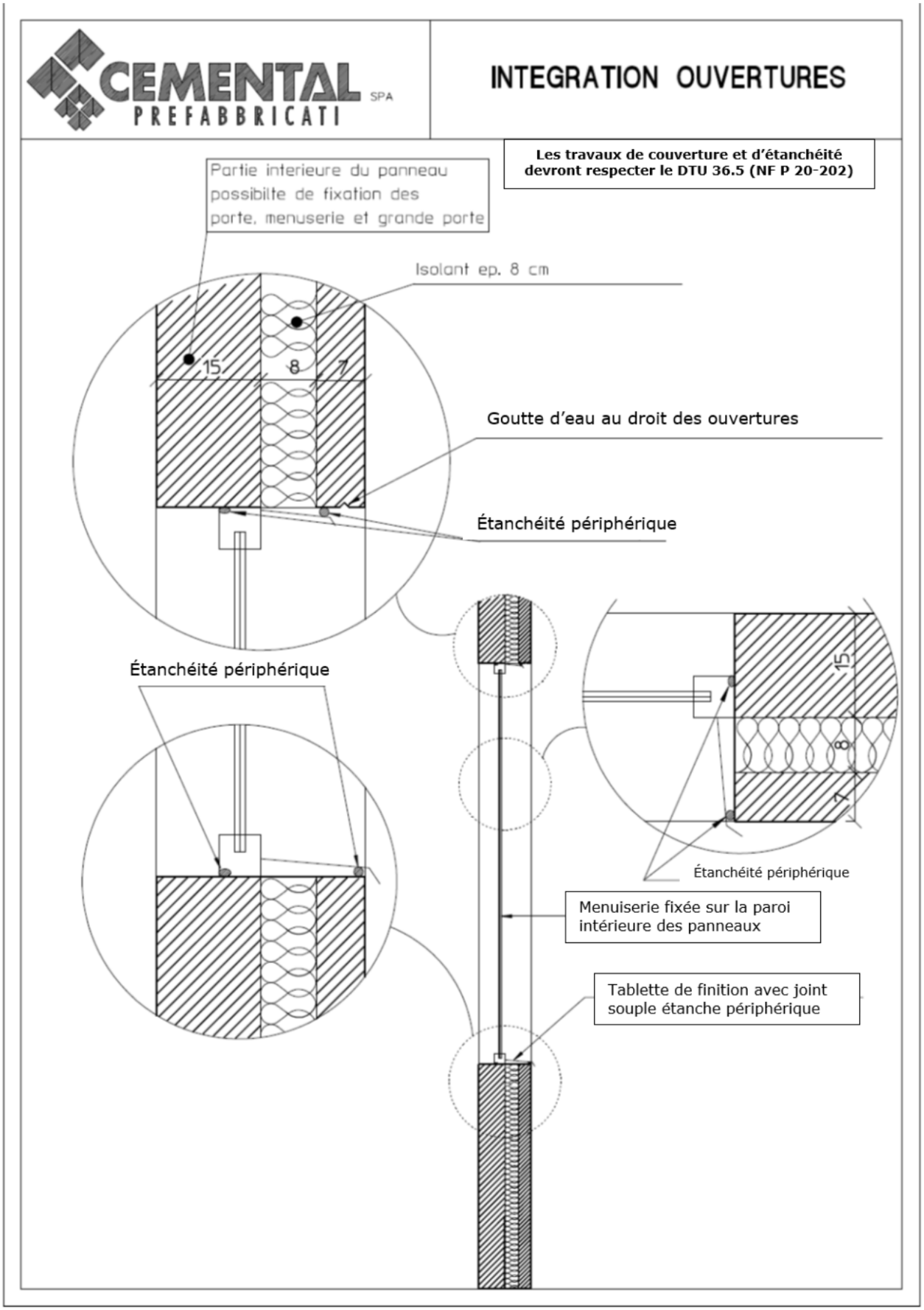
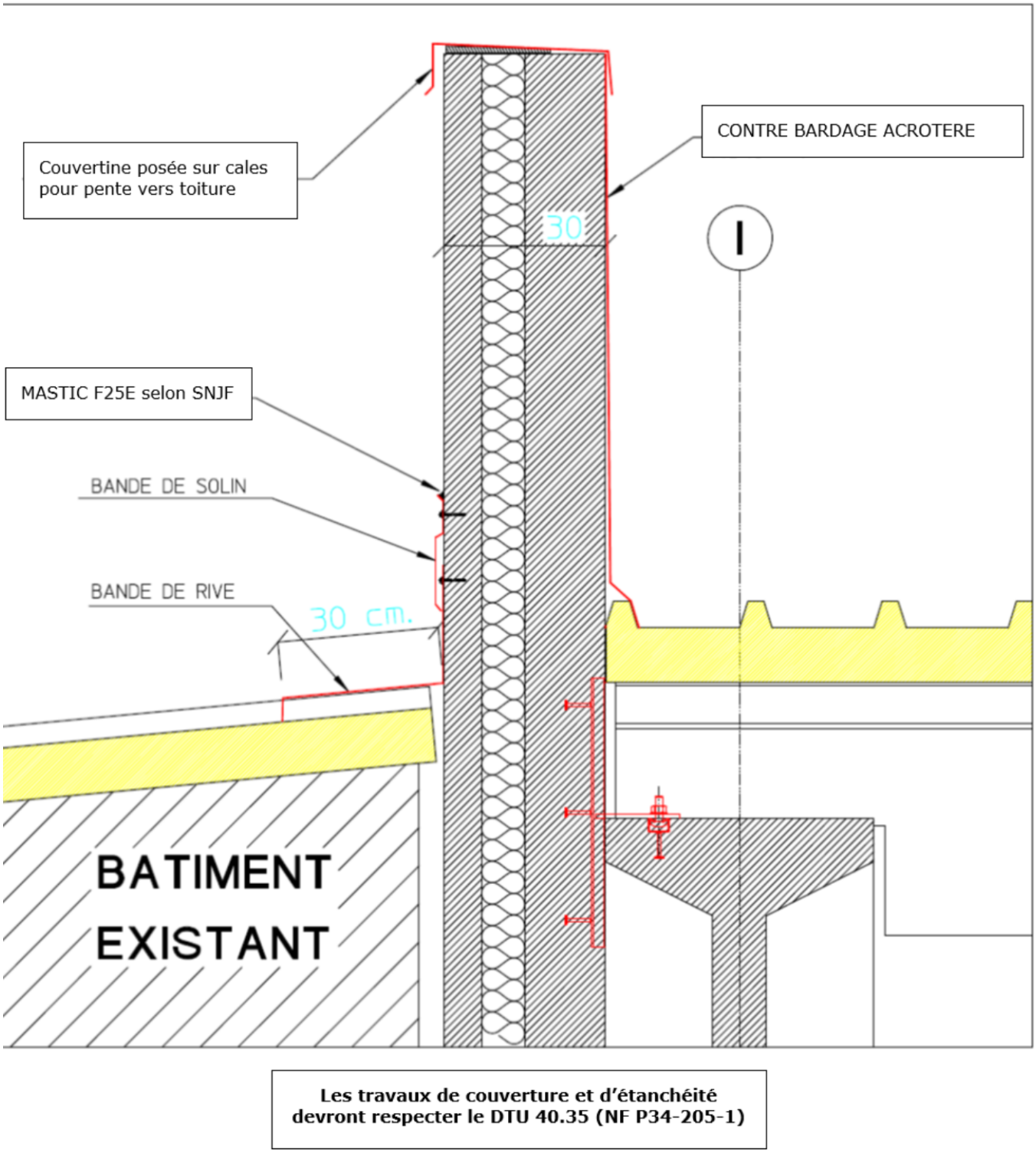


Figure 15 : Principe d'intégration de menuiseries extérieure

CEMENTAL SPA PREFABBRICATI

DETAIL PANNEAU ACROTERE



Les travaux de couverture et d'étanchéité devront respecter le DTU 40.35 (NF P34-205-1)

Figure 16 : Détail d'acrotère

EXEMPLE DE FIXATION EN ZONE SISMIQUE
FIXATION VISIBLE POTEAUX - PANNEAUX

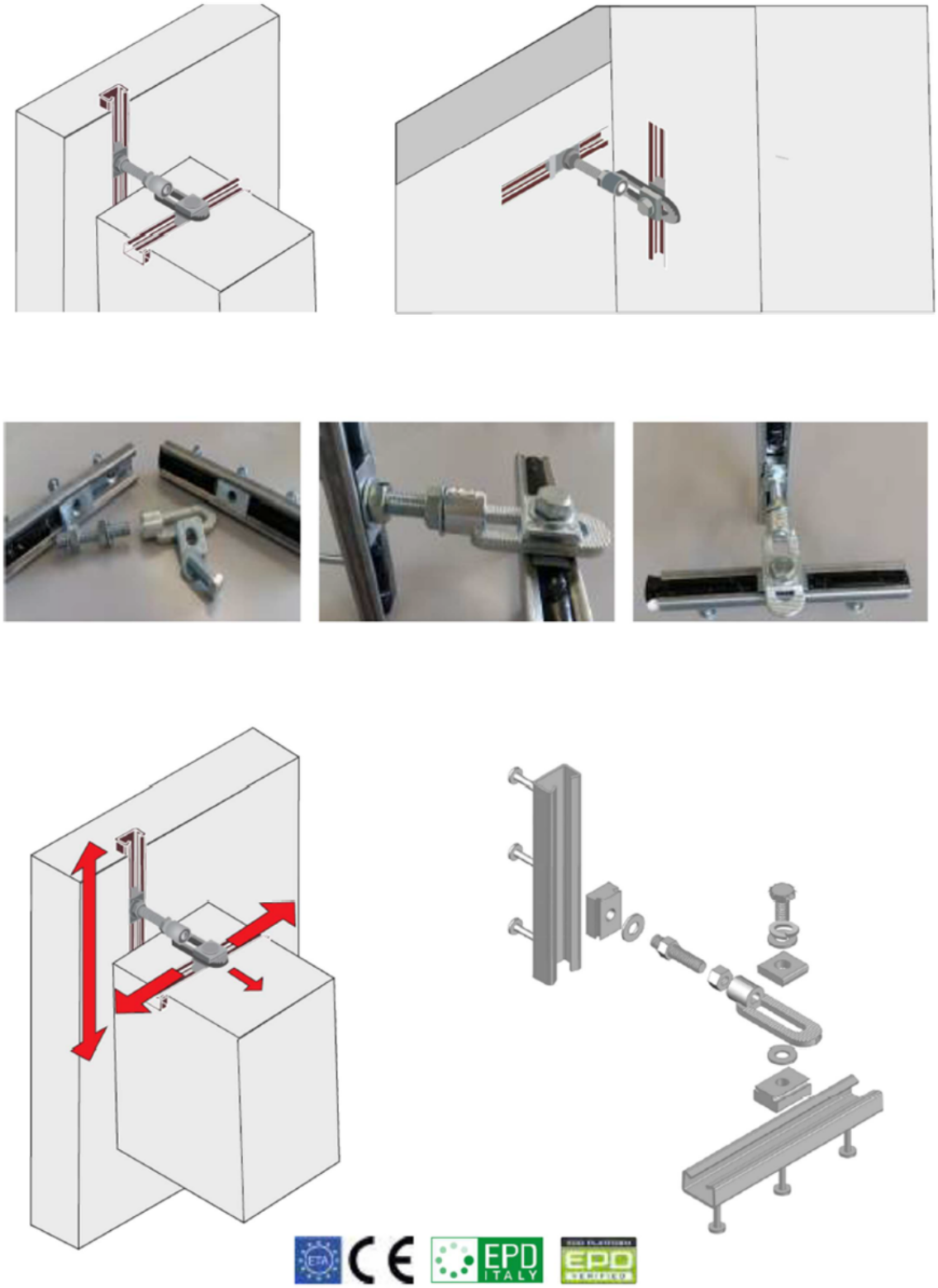


Figure 17 : Principe de fixation des panneaux sur charpente béton

EXEMPLE DE FIXATION EN ZONE SISMIQUE
FIXATION CACHÉE POTEAUX - PANNEAUX

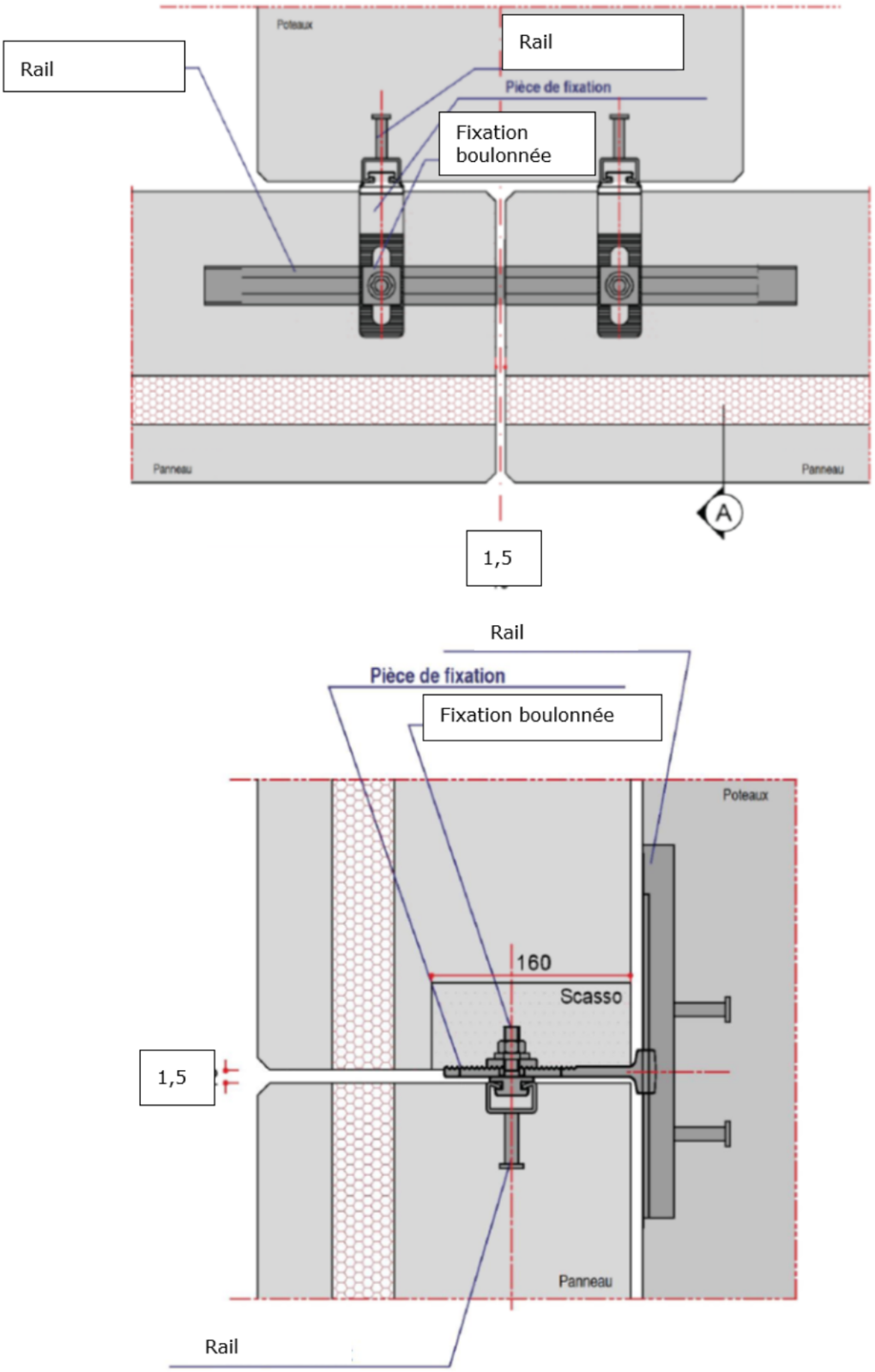


Figure 18 : Principe de fixation des panneaux sur charpente béton (sismique)

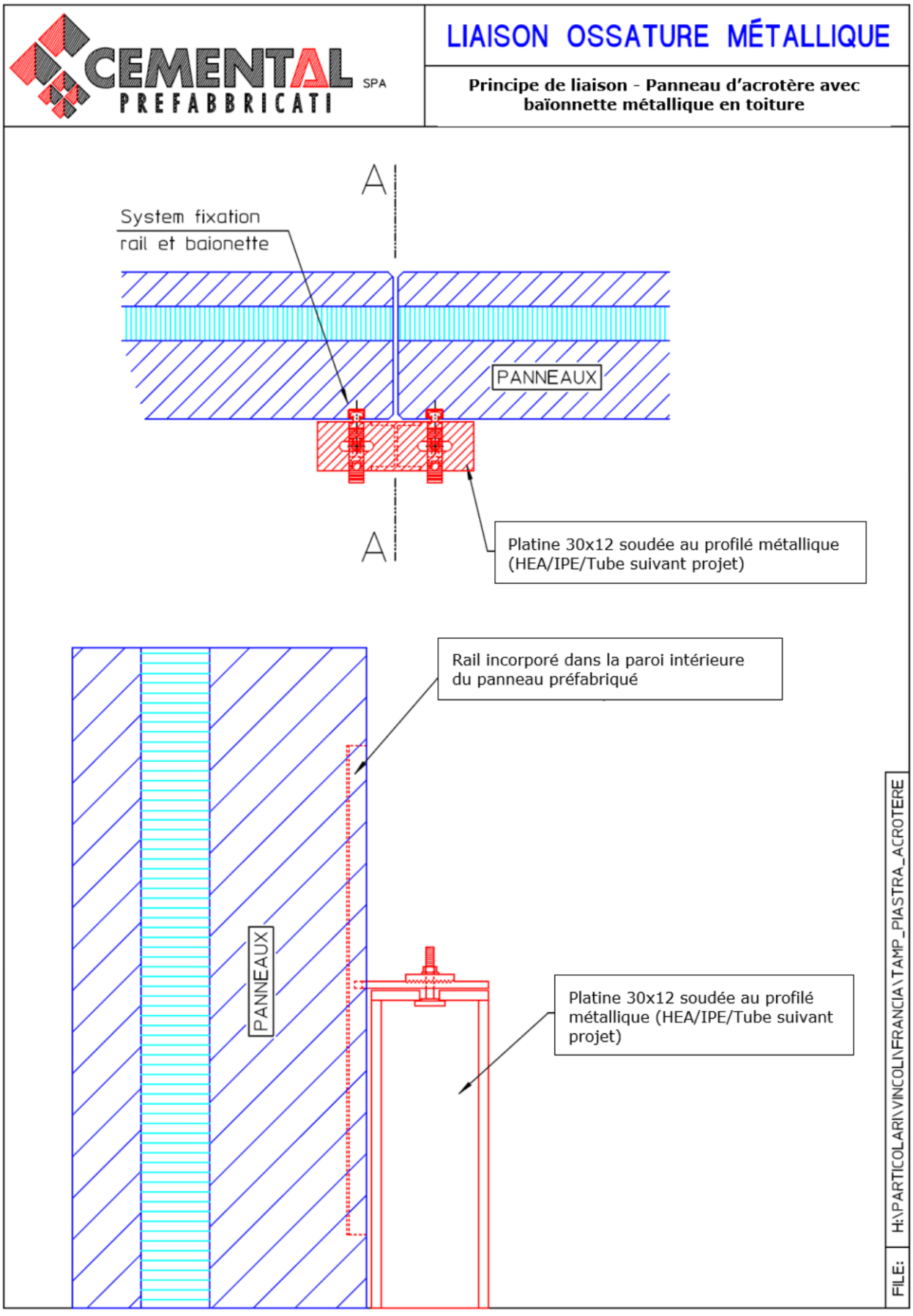
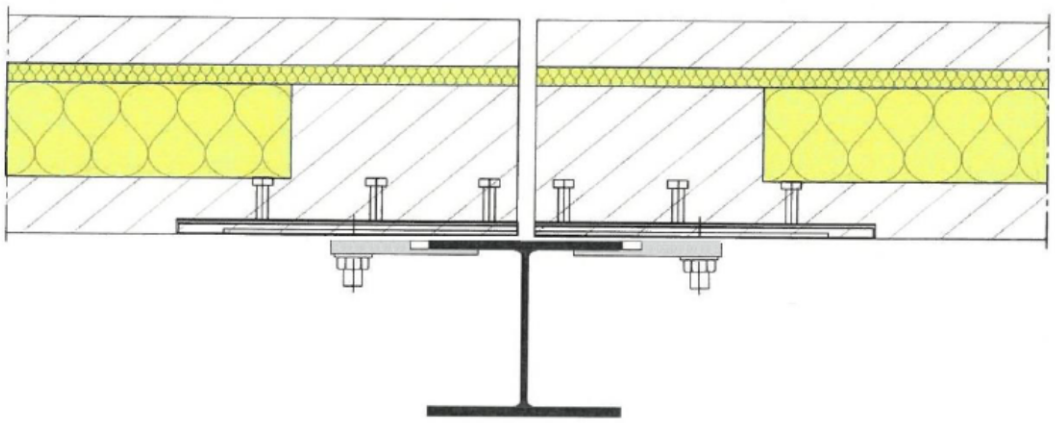


Figure 19 : Principe de fixation des panneaux sur charpente métallique (1/2)

PRINCIPE DE FIXATION DES PANNEAUX PRÉFABRIQUÉES SUR OSSATURE MÉTALLIQUE

VUE EN PLAN



MATÉRIAUX POUR LA POSE

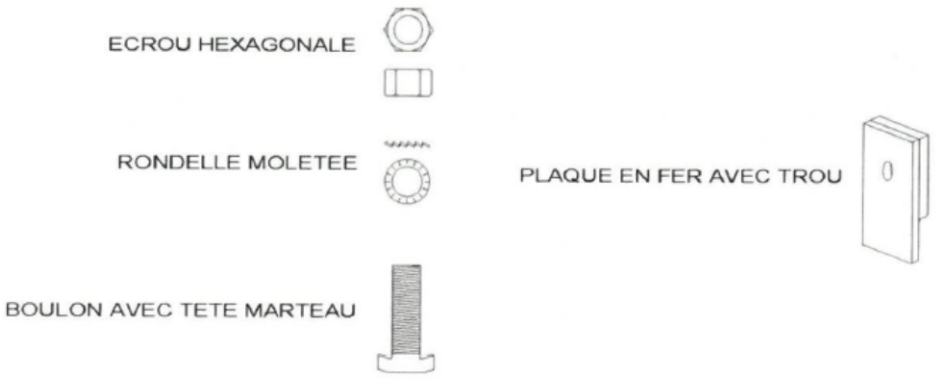


Figure 20 : Principe de fixation des panneaux sur charpente métallique (2/2)

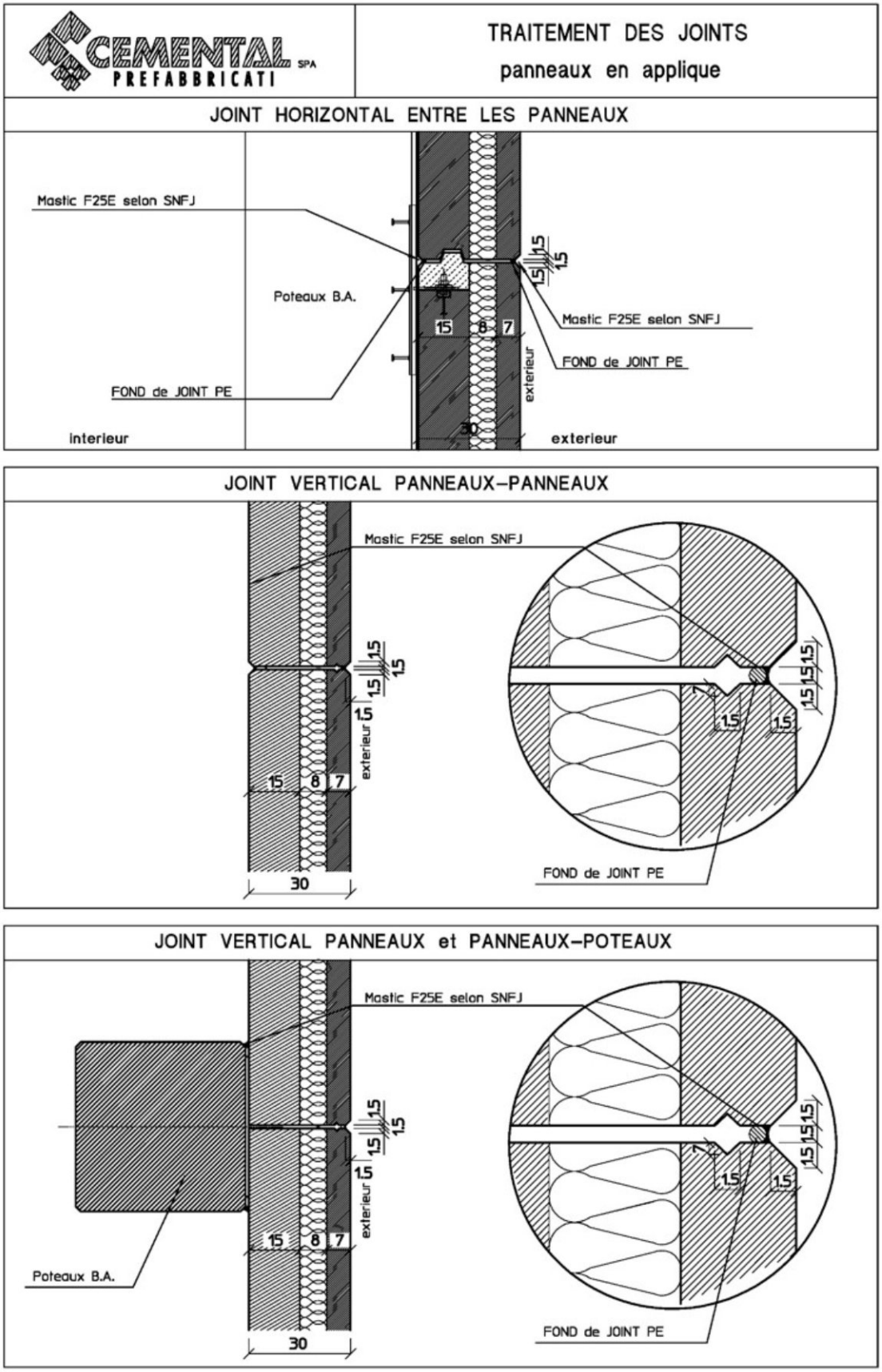


Figure 21 : Principe de traitement des joints entre panneaux

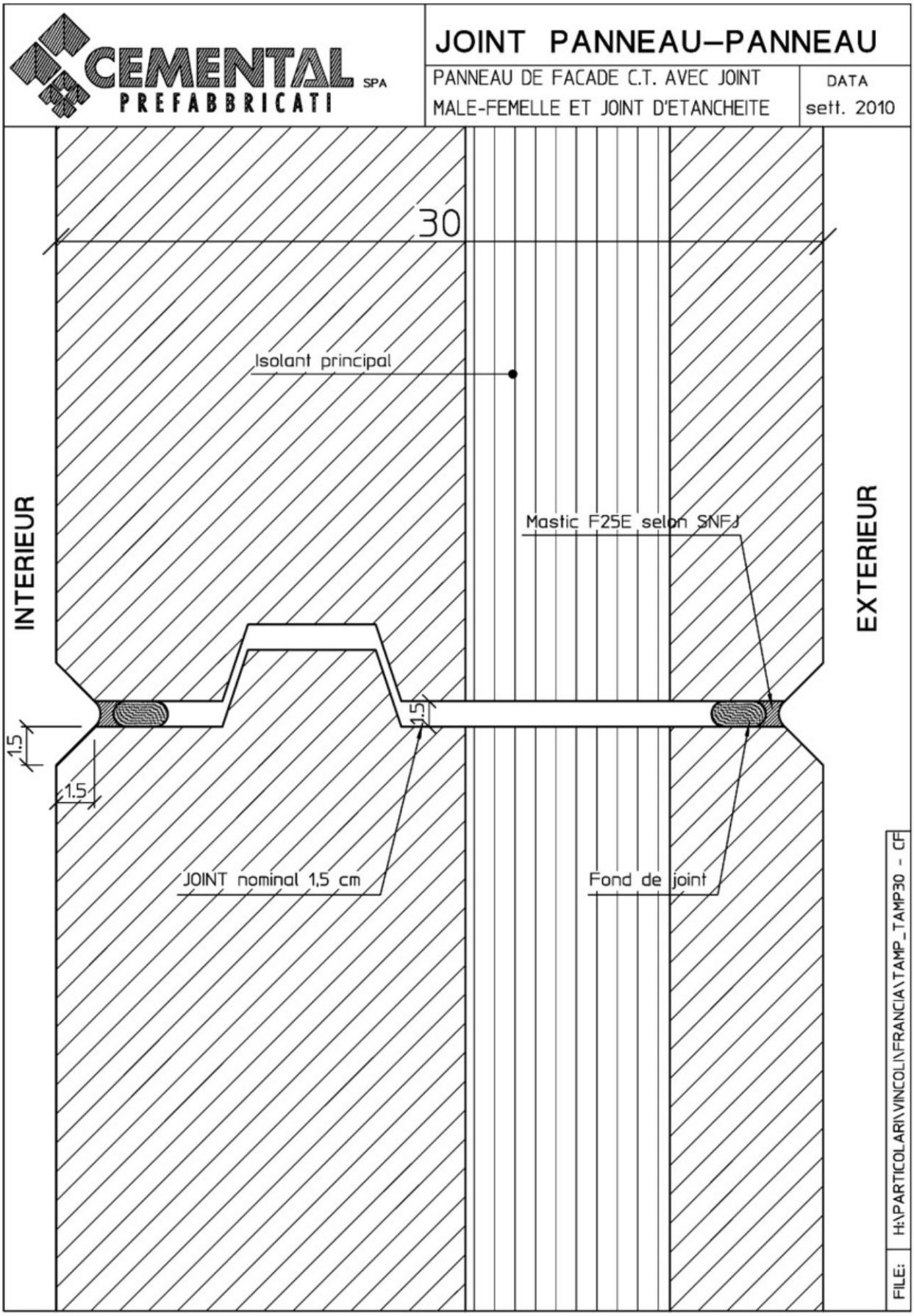


Figure 22 : Principe de traitement des joints entre panneaux

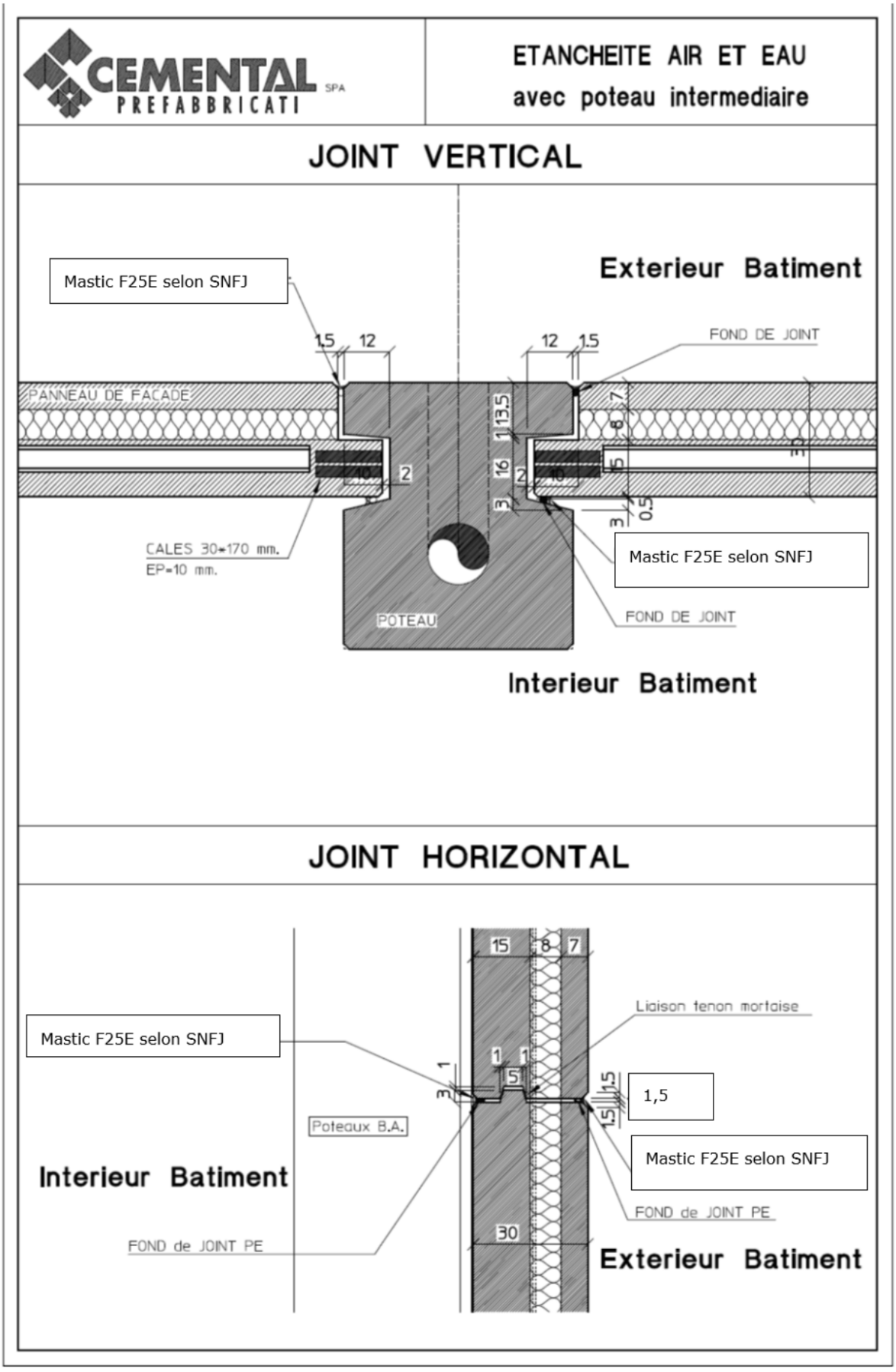
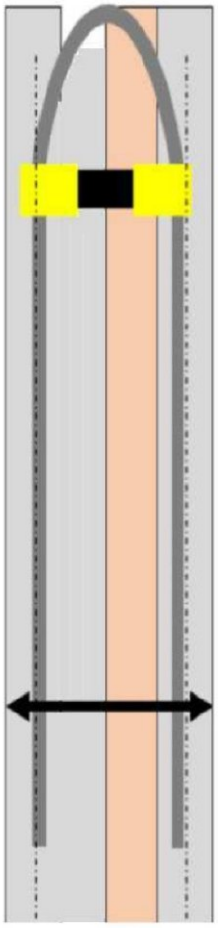
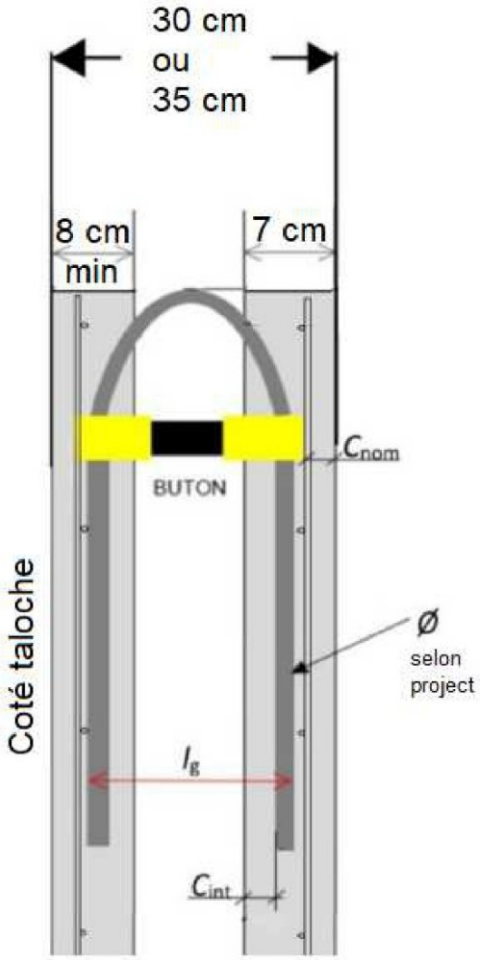


Figure 23 : Principe de jonction des panneaux avec charpente béton

DÉTAIL COUPE EN CORRESPONDANCE DE L' ANCRE DE LEVAGE

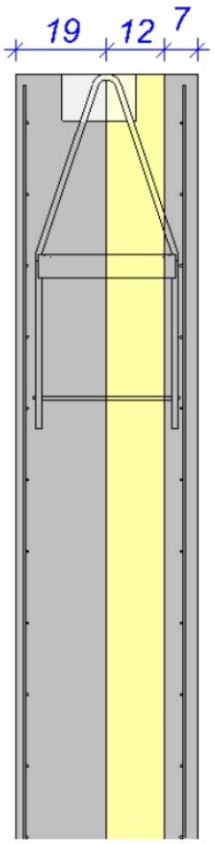


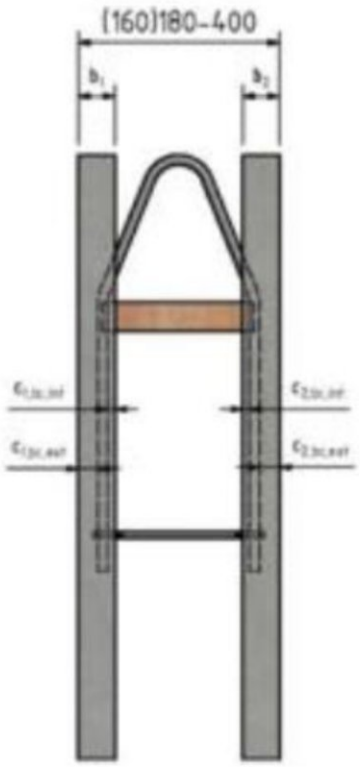


- L'épaisseur totale du mur est comprise entre 30 et 35 cm.
- L'enrobage nominal intérieur du câble et est de 15 mm pour chacune des parois préfabriquées
- L'enrobage nominal minimum extérieur du câble et est de 2,5 cm

Figure 24 : Détail d'intégration des ancres de levage ECA-LIFT

DETAIL COUPE EN CORRESPONDANCE DE L'ANCRE DE LEVAGE KE III

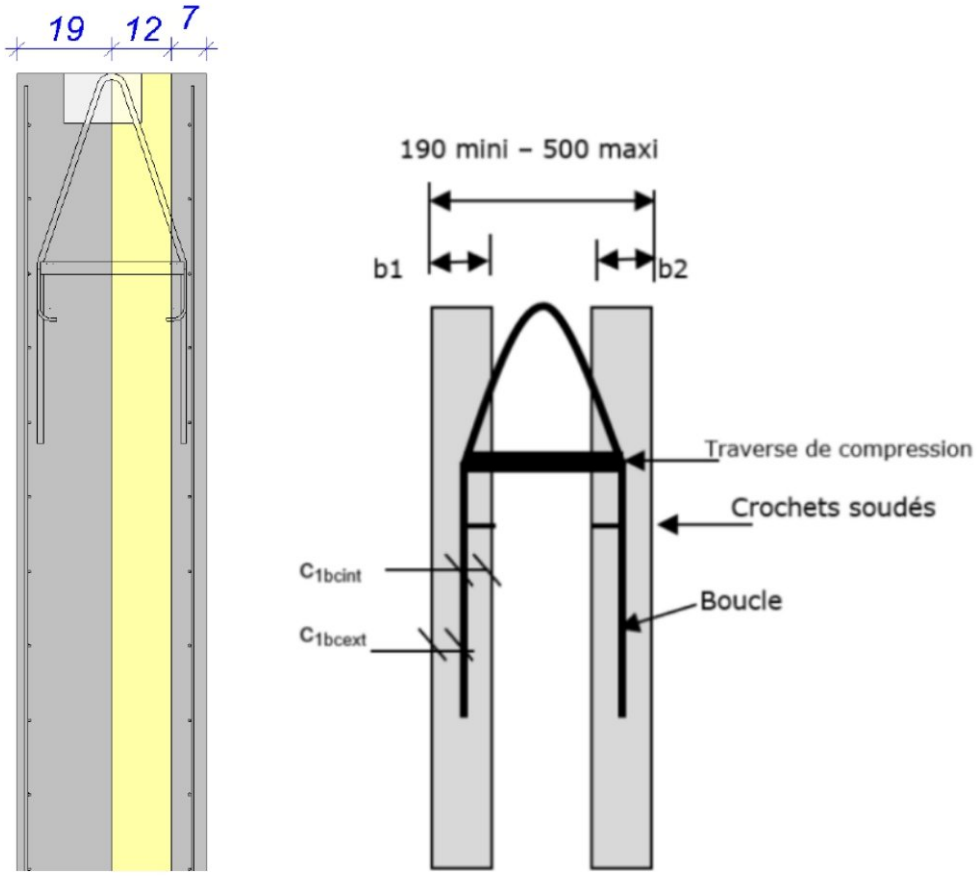




- L'épaisseur totale du mur est comprise entre 30 et 39 cm
- L'enrobage nominale intérieur de la boucle est de 18 mm pour chacune des parois préfabriquées
- L'enrobage nominal minimum extérieur de la boucle est de 20 mm

Figure 25 : Détail d'intégration des ancres de levage KE

DETAIL COUPE EN CORRESPONDANCE DE L'ANCRE DE LEVAGE TSH3*



- L'épaisseur totale du mur est comprise entre 30 et 39 cm
- L'enrobage nominale intérieur de la boucle est de 15 mm pour chacune des parois préfabriquées
- L'enrobage nominal minimum extérieur de la boucle est de 20 mm

Figure 26 : Détail d'intégration des ancres de levage TSH3*