Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/18-982_V1**

Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall

MCI[1] (murs à coffrage intégré)

Relevant des normes	**NF EN 14992** **NF EN 15258**

Titulaire : Prefa du Leman
Allée des charbonniers
FR-74160 Freigeres

Tel: + 33 (0)4 50 92 56 44
Fax: + 33 (0)4 50 92 25 16

Co-titulaire Prefaco NV
Hoeksken, 5h
B-9280 Lebbeke

Tel : + 32 53 76 73 73
E-mail : info@prefaco.be

Groupe Spécialisé n° 3.2

Murs et accessoires de mur

Publié le 8 avril 2019

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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

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)

© CSTB 2019

Le Groupe Spécialisé n° 3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 6 décembre 2018, le procédé de mur à coffrage intégré « MCI[1] (murs à coffrage intégré) » présenté par les sociétés PREFA DU LEMAN et PREFACO NV. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de mur à coffrage intégré constitué de deux parois minces préfabriquées en béton armé, maintenues espacées par des raidisseurs métalliques verticaux et servant de coffrage en œuvre à un béton prêt à l'emploi, pour réalisation de murs articulés ou encastrés.

Des aciers de liaison sont disposés dans le noyau en béton coulé en place ; les panneaux de coffrage peuvent être associés à des éléments structuraux complémentaires coulés sur place ou préfabriqués auxquels ils peuvent être reliés par des aciers de continuité pour constituer des poutres-voiles, poutres ou poteaux.

Les dimensions maximales du « MCI[1] (murs à coffrage intégré) » sont de 3,60 x 12,30 m pour des épaisseurs comprises entre 18 et 50 cm. L'épaisseur des parois est comprise entre 50 mm et 70 mm. Lorsque la paroi est matricée, l'épaisseur de la paroi pourra être supérieure à 70 mm.

Les panneaux sont destinés à la réalisation de murs intérieurs et de murs extérieurs complétés en œuvre soit par un système d'isolation thermique par l'extérieur soit par un doublage intérieur isolant lorsque nécessaire.

Les menuiseries sont rapportées en œuvre. Les huisseries métalliques peuvent être incorporées.

Revêtements :

- Extérieur : parement de la paroi extérieure en béton brut ou complété par un revêtement mince type peinture, enduit ou parement du système d'isolation extérieure.
- Intérieur : finitions classiques sur béton lisse ou finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

1.2 Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le procédé de mur à coffrage intégré « MCI[1] » fait l'objet de déclarations des performances (DoP) établies par Préfa du Léman et par Préfaco sur la base de la norme NF EN 14992 ou de la norme NF EN 15258.

Les produits conformes à cette DoP sont identifiés par le marquage CE.

1.3 Identification

L'identification des composants se fait comme indiqué au paragraphe 1.3 du Dossier Technique par le tenant du système.

Ces produits sont assortis du marquage CE accompagné des informations prévues par les normes européennes NF EN 14992 et NF EN 15258.

2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§2.3).

2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs d'ouvrages, de locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public, locaux industriels pouvant comporter plusieurs niveaux de sous-sol, en situation immergée ou non. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement approuvées, définies ci-après.

L'aptitude au levage du procédé n'est pas visée dans le présent Avis.

Possibilité d'emploi en zone sismique 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions correspondantes ci-après.

Les planchers avec prédalles suspendues doivent respecter les dispositions de l'Annexe F de la Section A du CPT Prédalles (Cahier du CSTB 2892_v2). L'utilisation des prédalles suspendues avec boîtes d'attente est limitée aux situations non sismiques.

2.2 Appréciation sur le procédé

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

Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés, dans les limites résultant de l'application des Prescriptions Techniques ci-après, les murs réalisés selon ce procédé, peut être normalement assurée.

Les systèmes associés à ce procédé de mur, et en particulier les systèmes de plancher, doivent être vérifiés suivant les prescriptions des textes de référence s'y rapportant (DTU ou Avis Technique suivant la traditionalité ou non du système concerné).

Sécurité au feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « MCI[1] » peuvent être justifiées par application des règles de calcul de la norme NF EN 1992-1-2 avec son annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA) à l'ensemble du mur considéré comme homogène de ce point de vue.

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1992-1-2 avec son annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA). Les joints entre prémurs dont la largeur reste inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures. Les actions mécaniques sont combinées, en situation accidentelle, conformément à la norme NF EN 1990 avec son annexe nationale française.

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

Le système permet de l'assurer normalement.

Isolation thermique

Elle est assurée par le système d'isolation thermique rapporté, par l'intérieur ou par l'extérieur. La vérification est à effectuer selon les « Règles Th-Bât », en se référant, le cas échéant, à l'Avis Technique visant ce système.

Isolation acoustique

A défaut de résultat expérimental, l'indice d'affaiblissement acoustique d'un mur peut être estimé à l'aide de l'annexe B de la norme NF EN 12354-1 appliqué à l'ensemble des peaux coffrantes et du béton coffré, considéré comme homogène de ce point de vue ; la présence de joints entre peaux coffrantes est considérée comme peu influente sur cet indice. L'estimation de la performance acoustique des bâtiments intégrant ce type de procédé pourra aussi s'appuyer sur la série de normes NF EN 12354 (-1 à 6).

Étanchéité des murs extérieurs

Moyennant le choix de l'organisation appropriée, par application des critères définis dans le Dossier Technique, l'étanchéité des ouvrages et bâtiments du domaine d'emploi accepté peut être considérée comme normalement assurée.

Dans le cas où les joints sont inaccessibles, l'étanchéité des ouvrages avec pression hydrostatique repose sur celle du béton seul. Dans d'autres cas, l'étanchéité (ou l'imperméabilité dans le cas de murs soumis au seul ruissellement d'eau) dépend en partie, de l'organisation du dispositif d'étanchéité des joints.

Risques de condensation superficielle

Le système d'isolation thermique par l'extérieur, associé à ce procédé dans les façades à isolation par l'extérieur, permet d'éviter les ponts thermiques courants ; les risques de condensation superficielle sur ces murs sont donc très limités.

Les murs à isolation rapportée à l'intérieur comportent, à leur jonction avec un mur de refend et avec un plancher, les mêmes ponts thermiques que les systèmes de murs traditionnels de même configuration, qui risquent de favoriser l'apparition de condensations.

Confort d'été

Pour la détermination de la classe d'inertie thermique quotidienne des bâtiments, qui constitue un facteur important du confort d'été, les murs extérieurs de ce procédé appartiennent à la catégorie des parois lourdes à isolation rapportée à l'extérieur ou à l'intérieur. Leur inertie est déterminée au moyen des règles TH-I.

Finitions-Aspect

Les finitions prévues sont à l'extérieur soit celles d'un enduit sur isolant, soit les finitions classiques sur béton ; à l'intérieur on trouve, en correspondance, soit les finitions classiques sur béton soit les finitions du parement du doublage isolant.

Leur comportement ne devrait pas poser de problème particulier si leurs conditions de mise en œuvre satisfont aux Prescriptions Techniques ci-après. Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence nécessaire d'aciers de liaison, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus. En cas d'absence d'aciers de liaison dans les jonctions intérieures, une fissuration du mur au droit des joints est probable.

Données environnementales

Le procédé « MCI[1] » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015. Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015.

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

Aspects sanitaires

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

2.22 Durabilité-Entretien

Moyennant les précautions de fabrication et de mise en œuvre, et les limitations précisées dans les Prescriptions Techniques, les murs de ce procédé ne devraient pas poser de problème particulier de durabilité. Il est entendu que, pour les ouvrages d'isolation associés, il y a lieu de se référer, cas par cas, soit à l'Avis Technique spécifique dont ils relèvent lorsqu'ils ne sont pas traditionnels, soit au DTU les concernant lorsqu'ils sont traditionnels. Dans le cas de garniture de mastic disposée dans les joints extérieurs des façades à isolation intérieure, sa réfection est à prévoir périodiquement.

2.23 Fabrication et contrôle

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications, décrits dans le dossier technique établi par le demandeur sont effectifs.

Réalisée en usine fermée spécialement équipée, la fabrication des panneaux de coffrage, qui fait appel pour l'essentiel aux techniques de la préfabrication lourde bénéficie de la précision que permet ce mode classique de fabrication.

Le retournement de la moitié de panneau coulée en première phase constitue l'opération la plus délicate du point de vue de la précision d'assemblage des deux peaux ; la précision requise est obtenue moyennant le contrôle régulier et l'ajustement, si nécessaire, des paramètres de la machine de retournement.

2.24 Mise en œuvre

Effectuée par des entreprises en liaison dès la phase de conception avec le fabricant titulaire de l'Avis, qui leur livre les panneaux de coffrage accompagnés du plan de pose complet, elle présente d'importantes différences par rapport aux méthodes traditionnelles définies dans le DTU 23.1, entre autres :

- présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- épaisseur du béton de remplissage pouvant être inférieure à 12 cm ;
- absence de vibration du béton ;
- limitation à l'épaisseur du seul voile coulé en œuvre des sections de continuité en rives des panneaux ;
- relative difficulté de mise en place d'aciers de continuité horizontaux dans les jonctions verticales.
- impossibilité d'observer la qualité du bétonnage en partie courante.

Ces caractéristiques engendrent des limitations précisées dans les Prescriptions Techniques ; elles nécessitent en outre de l'entreprise de mise en œuvre des précautions particulières et un entraînement des équipes de montage. Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises un Cahier des charges de montage et mettra à leur disposition, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel. Il leur diffusera le contenu du présent Avis Technique et notamment le domaine d'emploi accepté et les prescriptions techniques dont il est assorti.

2.3 Prescriptions Techniques.

Les éléments constituant ce procédé doivent être fabriqués, calculés, mis en œuvre et utilisés conformément au Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de murs à coffrage intégrés (CPT MCI, *Cahier du CSTB 3690_V2 de juillet 2014*) et aux prescriptions particulières complémentaires suivantes.

2.31 Conditions de conception

1- Le BET Structure détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armatures. Le calepinage est effectué par le titulaire de l'Avis. Le BET du titulaire (ou BET ayant l'accord du titulaire et soumis à son contrôle), réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, …) conformément aux prescriptions du CPT MCI (*Cahier du CSTB 3690_V2*).

2- Les justifications de calcul de stabilité et de résistance des murs doivent prendre en compte la présence des joints entre panneaux de coffrage et donc n'être arrêtées qu'après calepinage de l'ouvrage.

3- Sauf à rétablir par armatures rapportées la continuité des armatures de flexion, les jonctions horizontales des panneaux sont à considérer comme articulées. Les armatures de flexion de ces murs doivent être incorporées dans le voile de coffrage tendu. Des poteaux verticaux, disposés à un espacement compatible avec un effet de plaque, peuvent utilement être utilisés en renfort, le cas échéant.

4- Sauf justification explicite de la stabilité des panneaux, les joints horizontaux entre panneaux doivent se situer au droit des planchers, et en aucun cas entre deux planchers.

5- On doit disposer un cordon d'étanchéité à l'extrémité d'un voile coffrant, en l'absence d'autre dispositif d'étanchéité spécifique rapporté s'opposant au cheminement éventuel d'infiltrations corrosives pour les aciers traversant le plan de contact entre voile coffrant et béton coffré.

6- Les valeurs d'enrobage nominal sont déterminées à partir des valeurs d'enrobage minimal définies, conformément au paragraphe 3.31 du Dossier Technique, et en tenant compte des tolérances de fabrication spécifiées au paragraphe 5.3 du Dossier Technique.

2.32 Contrôle et certification

Le béton des panneaux de coffrage doit faire l'objet d'un contrôle régulier. Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques suivantes :

- la résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton des parois préfabriquées, $f_{c,k}$;
- épaisseur des parois ;
- enrobages des armatures et des raidisseurs ;
- tolérance de l'enrobage des armatures et des raidisseurs définis par le fabricant de -1/+1 mm
- hauteur du treillis raidisseur avec une tolérance de +1/-3 mm sur cette dimension, conformément à la norme NF A35-028.

2.33 Conditions de stockage et de transport

Le stockage des raidisseurs et leur manutention entre le lieu de stockage et leur mise en place dans le moule ne doivent pas altérer leurs qualités techniques et dimensionnelles.

Lors du transport à plat des panneaux, on doit limiter la charge sur le panneau le plus sollicité.

Le stockage sur chantier des éléments doit être effectué sur une aire régulièrement plane et stable à la charge de l'entreprise ; l'aire de livraison doit être facile d'accès pour les camions.

2.34 Conditions de mise en œuvre

Les documents à fournir par le titulaire et/ou le BET Structure sont :

- les plans de calepinage et de préconisation de pose ;
- les plans de coffrage et de ferraillage ;
- la notice de pose.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 décembre 2021

Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La principale différence que présente le procédé par rapport à la solution traditionnelle de béton banché réside dans la discontinuité des armatures incorporées dans les voiles coffrants au droit des joints verticaux comme des joints horizontaux entre panneaux coffrants. Des dispositions spécifiques d'armatures rapportées permettent de compenser dans une certaine mesure cette discontinuité mais leur application, qui nécessite du soin, ne doit en aucun cas être improvisée lors du montage des murs. C'est pourquoi l'Avis prescrit de n'effectuer les justifications de calcul de l'ouvrage qu'après avoir procédé au découpage des murs en panneaux, la démarche inverse étant prohibée.

Ce sont les joints entre coffrages qui apparentent le plus ce procédé aux systèmes de panneaux préfabriqués, particulièrement dans le cas de murs de façade à isolation intérieure qui appellent un traitement spécifique de ces joints du point de vue de leur étanchéité à l'eau. Il est cependant noté qu'en raison de la fréquence des raidisseurs verticaux, les variations d'ouverture susceptibles d'affecter les joints tant verticaux qu'horizontaux et donc de solliciter la garniture de mastic correspondante ne peuvent être que très limitées dans des murs de façades ainsi réalisés, ce qui est favorable à la durabilité de cette garniture.

Les raidisseurs doivent faire l'objet d'une certification par un organisme extérieur. Cette certification porte sur le contrôle de la hauteur et de la résistance des soudures des raidisseurs.

Le Groupe tient à rappeler que le stockage et le transport à plat sont à proscrire. Toutefois, ils sont exceptionnellement admis dans les cas prévus dans le document « Prescriptions minimales à intégrer à la conception du procédé constructif MCI pour une mise en œuvre en sécurité » publié par l'INRS (ED6118) et en respectant les dispositions prévues par ce même document.

Le Groupe tient à préciser que les schémas annexés au Dossier Technique établi par le demandeur sont à considérer comme des illustrations des prescriptions déjà admises dans le CPT MCI et non pas comme des dispositions complémentaires, non visées dans le CPT.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3.2

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Description du procédé

1.1 Destination

Le procédé de mur à coffrage intégré « MCI[1] (murs à coffrage intégré) » est destiné à la réalisation :

- de parois porteuses ou non porteuses en infrastructure et en superstructure
- de murs de refends
- de façades
- de poutres voiles
- de poutres
- de poteaux
- de murs de soutènement
- de silos
- de murs coupe-feu
- de bassins
- de piscines
- d'ouvrages soumis à une pression hydrostatique extérieure
- de murs enterrés soumis ou non à des pressions hydrostatiques
- de sous-sols sur un ou plusieurs niveaux.

1.2 Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré pour façade « MCI[1] » est constitué de deux parois en béton armé reliés par des raidisseurs métalliques espacés de 60 cm maximum.

Le « MCI[1] » permet de réaliser des murs d'épaisseurs comprises entre 18 et 50 cm. Les parois en béton armé ont une épaisseur comprise entre 5 et 7 cm. Lorsque la paroi est matricée, l'épaisseur de la paroi pourra être supérieure à 7 cm.

Le « MCI[1] » peut être associé à d'autres éléments de structure tels que :

- poteaux
- poutres préfabriqués
- prédalles
- dalles
- dalles alvéolées

Des armatures de type poteau, longrine, linteau, encadrement d'ouverture peuvent être incorporées aux panneaux ou rapportées en œuvre. De même les huisseries, menuiseries, gaines (électriques, alimentation en eau froide ou chaude…), boîtiers, platines, négatifs, goujons et autres équipements peuvent être incorporés aux panneaux ou rapportés sur chantier dans des réservations prévues à cet effet.

Les murs de façade reçoivent une isolation thermique soit par un système d'isolation par l'extérieur (système d'enduit sur isolant, bardage, etc…) soit par un système de doublage intérieur.

1.3 Identification

Chaque prémur est muni d'une étiquette d'identification qui contient :

- l'identification de l'usine productrice
- l'adresse de l'usine de production
- le nom du client
- le nom du chantier
- le numéro d'affaire
- le numéro du plan
- le numéro de la pièce
- le poids de l'élément

2. Matériaux utilisés

2.1 Béton des parois préfabriquées

Le béton réalisé en usine est conforme à la norme NF EN 13369 concernant les classes d'environnement.

Granulométrie sable 0/4 gravillons 4/8 et 8/16.

La résistance caractéristique minimale à 28 jours est de 40 MPa (classe de résistance C40/50).

2.2 Béton de remplissage

Béton Prêt à l'Emploi, conforme à la norme NF EN 206/CN vérifiant les points suivants :

- Classe de résistance à la compression supérieure ou égale à C25/30
- Dimension maximale des granulats Dmax au plus égale à 12,5 mm lorsque l'espace nominal entre voiles n'excède pas 90 mm et à 16 mm dans les cas contraires ;
- Classe d'affaissement S4 ou S5 - valeur cible pour l'affaissement au cône d'Abrams : 200 mm, portée à 220 mm dans des conditions de bétonnage difficiles (fort ferraillage, faible épaisseur de l'élément).

Des prescriptions particulières peuvent être définies dans le cadre d'un projet.

La mise en œuvre de BCP est réservée à des opérations faisant l'objet d'une concertation entre le préfabricant et l'entrepreneur afin de définir le mode d'utilisation : la composition du béton ainsi que le mode de mise en œuvre ne peuvent être généralisés à tous les ouvrages et sont soumis à l'acceptation du préfabricant. Les bétons BCP sont déconseillés pour les noyaux très ferraillés. Parmi les caractéristiques communiquées au fournisseur de BPE, il est recommandé de retenir les critères suivants :

- Valeur cible pour l'affaissement de 150mm avec une tolérance resserrée de 20 mm
- Dmax des granulats inférieur ou égal à 10mm
- Rapport G/S proche de 1
-

2.3 Aciers pour armature

Tous les aciers sont certifiés NF-AFCAB et conformes à la norme NF EN 10080.

2.31 Armatures de peaux

Dans le cas courant, les armatures minimales devant être mises en place dans le prémur sont décrites au paragraphe 1.1.1.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2).

Pour les parois devant assurer une étanchéité, la paroi en contact avec l'eau comprend au minimum :

- 0,125 % de la section totale de béton dans le sens vertical.
- 0,125 % de la section totale de béton dans le sens horizontal.
- Diamètre des armatures supérieur ou égal à 8 mm pour la paroi en contact avec l'eau ou le milieu agressif.
- Espacement maximum des aciers dans les deux sens inférieur ou égal à 20 cm.

L'enrobage des armatures est défini en fonction de la classe d'exposition et sera déterminé en fonction du milieu ambiant où sera mis-en en œuvre le « MCI[1] ».

Les armatures en barres filantes ou façonnées intégrées au MCI[1] doivent être conformes à la norme NF A 35-080-1. Nuances : B500A ou B500B

Les panneaux de treillis soudés intégrés au MCI[1] ou utilisés en acier de liaison doivent être conformes à la norme NF A 35-080-2. Nuances : B500A ou B500B

Les classes de ductilité de l'acier (A ; B) sera adaptées en fonction de la zone sismique et de la destination de l'ouvrage.

L'enrobage minimum est au moins égal à 20 mm pour la façade exposée, et de 10 mm pour la face non exposée.

2.32 Raidisseurs

Des treillis raidisseurs sont utilisées pour liaisonnés les parois fabriquées. Elles doivent être conformes au paragraphe 1.1.1.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2), la section d'armatures des raidisseurs pourra être prise en compte dans la section minimale des armatures parallèles aux raidisseurs.

Les treillis raidisseurs doivent être conformes à la norme NF A 35-028.

De façon courante le procédé MCI[1] est réalisé avec des raidisseurs de forme triangulaire du commerce de type CKT d'Intersig, Acor et KT de BDW qui sont fabriqués suivant des hauteurs standards.

- le diamètre de la membrure supérieure du raidisseur est égal à 7, 8, 10 ou 12 mm,
- le diamètre des diagonales est égal à 5, 6 ou 7 mm,

- le diamètre des membrures inférieures est égal à 5, 6, 8 ou 10 mm.

Les cages d'armatures réalisées dans l'atelier d'armatures de l'usine ou sous traitées chez un armaturier font l'objet d'un contrôle interne qui porte sur la hauteur de la cage, les sections d'armatures, la position des armatures filantes et les rayons de cintrage.

Il convient de préciser que les cages préfabriquées sont mises en œuvre pour des applications spécifiques par exemple pour les MCI[1] présentant de fortes contraintes de cisaillement à l'interface parois/noyau ou en chevêtre d'ouverture.

Le choix du type de raidisseur se fera en fonction des critères suivants :

- Sollicitations de cisaillement à l'interface paroi préfabriquée et noyau coulé en place,
- Épaisseur du MCI[1]

Des formes carrées ou rectangulaires sont réalisées à façon dans les usines.

La section des armatures hautes et basses des raidisseurs sera prise en compte dans la section mécanique des armatures parallèles aux raidisseurs.

Les treillis raidisseurs font l'objet d'une certification NF-AFCAB pour laquelle les tolérances sont précisées au paragraphe 5.3.

2.33 Armatures complémentaires de chantier

Les armatures complémentaires de type poteau, linteau, rive, etc. peuvent être incorporées aux murs lors de la réalisation en usine ou rapportées lors de la mise en œuvre sur chantier. Ces armatures sont du type HA ou treillis façonnés à la demande.

Les armatures complémentaires à mettre en œuvre sur chantier seront à prévoir par l'entreprise de pose.

2.4 Accessoires de levage et fixation

2.41 Douilles

Des douilles métalliques type PFEIFER (Cf. Figure 3) ou équivalent sont scellés dans l'une des parois des panneaux. Elles assurent la liaison des parois du prémur avec les étais tire - pousse pendant le montage et le bétonnage. Elles sont utilisées en combinaison avec des vis métalliques adaptées (M16, M20). Elles sont à usage multiples (serrage - desserrage).

2.5 Matériaux de jointoiement et d'étanchéité

Fond de joint en mousse de polyuréthane ou cordon néoprène, pour éviter les fuites de laitance lors du bétonnage ;

- Mortiers de réparation sans retrait ;
- Mastics élastomères SNJF classe F 25 E ;
- Emulsion bitumeuse épaisse ;
- Bande bitumeuse autocollante.

Le choix des produits est effectué en tenant compte de la destination de l'ouvrage et des conditions d'environnement. Leur mise en œuvre est réalisée conformément aux recommandations du fournisseur.

3. Conception

3.1 Généralités

Les prémurs sont dimensionnés selon les règles usuelles de la résistance des matériaux et du béton armé en flexion simple ou composée avec le cas échéant vérification de la stabilité de forme.

3.2 Bases de calcul

3.21 Valeurs caractéristiques de calculs

Le calcul de la capacité résistante en compression du prémur doit être mené conformément au paragraphe 1.1.1.1 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.22 Vérification de la contrainte de cisaillement à l'interface prémur / noyau

La vérification est accomplie selon les prescriptions du paragraphe 1.1.4.1 et de l'Annexe IV du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.23 Stabilité au feu des structures

Conformément au paragraphe 1.2 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), les critères de classification de résistance R, d'étanchéité E et d'isolation I définis à l'article 2 de la norme NF EN 1992-1-2 avec son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA) d'un mur à coffrage intégré peuvent être vérifiés individuellement selon l'une des trois méthodes suivantes et comparés à l'ensemble du mur considéré comme homogène :

- Valeurs tabulées, section 5
- Méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 et annexe B de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA)
- Méthode de calcul avancée, section 4.3

3.3 Famille de prémur

3.31 Principes constructifs

3.311 Epaisseurs minimales

Conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*) l'épaisseur minimale des parois préfabriquées résulte des exigences d'enrobage, des tolérances d'exécution sur cette dimension et sur le positionnement des armatures. L'épaisseur minimale de la paroi fixée à 50 mm moyennant les dispositions prises ci-dessous.

Dans le cas de parois en béton matricé ou avec faux joints, l'épaisseur b_2 ne prend pas en compte l'emprise des reliefs de la matrice ou du faux joint.

Les épaisseurs des parois préfabriquées doivent vérifier les inégalités suivantes :

$$b_{p1} \geq c_{1min} + e_1 + \Phi_{tp1} + \Phi_{raid\,inf} + \Delta_1$$

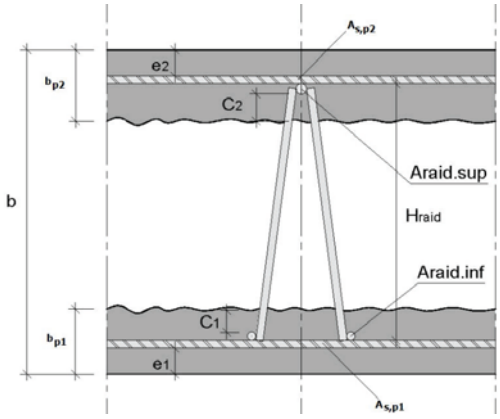
Avec :

$$\Delta_1 = \sqrt{(\Delta e_1^+)^2 + (\Delta b_{p1}^-)^2}$$

$$b_{p2} \geq c_{2min} + (b_{nom} - e_1 + \Phi_{tp1} - H_{raid}) + \Phi_{raid\,sup} + \Delta_2$$

Avec :

$$\Delta_2 = \sqrt{(\Delta e_1^-)^2 + (\Delta b_{p2}^-)^2 + (\Delta b^+)^2 + (\Delta H_{raid}^-)^2}$$



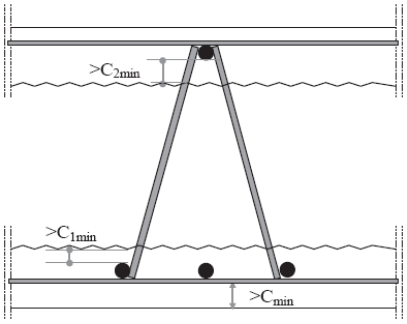
L'épaisseur minimale du noyau coulé en place est fixée à 60 mm. Cette épaisseur minimale correspond à une épaisseur nominale de 70 mm avec les tolérances déclarées dans le cadre de la certification définies au paragraphe 5.3 de ce document.

3.312 Enrobage des armatures

Conformément au paragraphe 1.1.1.5 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), l'enrobage des armatures est choisi en fonction du diamètre des armatures et de la nature agressive ou non du milieu ambiant dans lequel sera placé le mur.

3.313 Enrobage des raidisseurs

Conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), l'enrobage des raidisseurs doit permettre de respecter les exigences vis-à-vis de la résistance au bétonnage et celles vis-à-vis des coutures entre le voile préfabriqué et le béton coulé en place.



C_{1min} = max ($Cbét_{1min}$; $Ccout_{1min}$)

C_{2min} = max ($Cbét_{2min}$; $Ccout_{2min}$)

Les valeurs de $Cbét_{1min}$ et $Cbét_{2min}$ sont données en fonction de la hauteur de bétonnage du noyau et du type de raidisseur utilisé. Sans disposition particulière leur valeur sera de 15 ou 17 mm.

Vis-à-vis des coutures de l'interface paroi/noyau, l'enrobage minimal des armatures longitudinales d'un raidisseur est égal à :

$Ccout_{1min}$ = 10 mm pour l'armature soudée à une nappe de treillis ;

$Ccout_{2\ min}$ = 15 mm lorsque l'armature est soudée à deux nappes de treillis.

Lorsque la résistance caractéristique du béton préfabriqué est supérieure à 25 MPa, la valeur de $Ccout_{2min}$ peut être réduite à :

$$C_{cout_2min} = \max\left(15\ mm \times \sqrt{\frac{1.8}{f_{ctk,5\%,p}}}, 10\ mm\right)$$

Avec $f_{ctk,5\%,p}$ = résistance caractéristique à la traction du béton préfabriqué.

3.314 Recouvrement des armatures

Conformément au paragraphe 1.1.1.11 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*) ; les règles de recouvrement des armatures du noyau avec celles intégrées dans les parois préfabriquées des murs à coffrage intégré, doivent être conformes à la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française.

Pour le calcul de la contrainte d'adhérence ultime fbd selon l'article 8.4.2 de la NF EN 1992-1-1, le coefficient d'adhérence des armatures dans le béton non vibré est pris égal à η1 =0,7 pour les armatures horizontales de diamètre supérieur à 12mm ; dans tous les autres cas, η 1 =1,0.

3.315 Equivalence des raidisseurs

L'utilisation de raidisseurs en substitution des chaînages des bords libres est définie à l'article 1.1.1.10 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

La substitution des aciers des coutures est basée sur le tableau de correspondance suivant :

Epaisseur prémur (cm)	TYPE DE RAIDISSEUR	Section cm²/ml	Equivalent espacement armatures classiques en		
			ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10
18	KT 813 8-5-5	2,75	11	19	29
20	KT 815 8-5-5	2,74	11	19	29
	KTW 214	2,66	11	19	30
22	KT 817 8-5-5	2,69	11	19	30
	KTW 217	2,66	11	19	30
24	KT 819 8-5-5	2,65	11	19	30
	KTW 219	2,65	11	19	30
25	KT 820 8-5-5	2,63	11	20	30
	KTW 220	2,64	11	20	30
30	KT 825 8-5-6	3,68	8	14	22
	KTW 225	3,52	9	15	23
36	KT 830 8-5-6	3,58	8	15	22
	KTW 230	3,44	9	15	23
40	KTW 236	3,36	9	15	24

Nota : les types de raidisseur en fonction des épaisseurs de murs sont donnés à titre indicatif. Elles sont sujettes à variation en fonction des enrobages des aciers du prémur.

3.316 Eclissage des armatures

Ces armatures sont mises en œuvre dans la partie coulée en place. Conformément au paragraphe 1.1.1.12 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), les règles d'ancrages d'armatures sont celles de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française.

Exemple d'éclissage des armatures horizontales

Epaisseur structurelle (cm)	Ep. Paroi (cm)			
18	5/5.5	ϕ 14	2 ϕ 8	Impossible
20		ϕ 25	2 ϕ 14	2 ϕ 10
22		ϕ 32	2 ϕ 20	2 ϕ 14
25		ϕ 32	2 ϕ 32	2 ϕ 25
30 et plus	6/6	ϕ 32	2 ϕ 32	2 ϕ 32

Exemple d'éclissage des armatures verticales

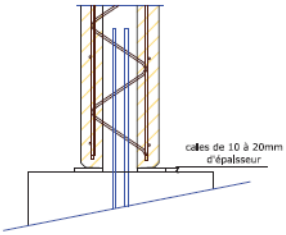
Epaisseur structurelle (cm)	Ep. Paroi (cm)			
18	5/5.5	ϕ 12	2 ϕ 8	Impossible
20		ϕ 25	2 ϕ 14	2 ϕ 12
22		ϕ 32	2 ϕ 20	2 ϕ 16
25		ϕ 32	2 ϕ 32	2 ϕ 25
30 et plus	6/6	ϕ 32	2 ϕ 32	2 ϕ 32

3.32 Eléments sollicités dans leur plan

3.321 Murs courants

Le dimensionnement se fera selon les règles usuelles de béton armé, conformément au paragraphe 1.1.2.1 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

Les joints en pied sont généralement de type « articulé ».



Les sollicitations doivent être équilibrées au droit des joints selon les règles de dimensionnement de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française, en considérant :

- La résistance caractéristique du béton du noyau ;
- Les armatures ancrées au-delà du joint ;
- La section utile résistante aux efforts, qui est celle du béton du noyau.

3.322 Murs coupe-feu

Les voiles non porteurs seront justifiés par application de la clause 5.4.1 de la norme NF EN 1992-1-2 ;

Les voiles porteurs seront justifiés par application de la clause 5.4.2 de la norme NF EN 1992-1-2 ;

Les murs coupe-feu seront justifiés par application de la clause 5.4.3 de la norme NF EN 1992-1-2. Le paragraphe 5.4.1 de la norme NF EN 1992-1-2 traite le cas des joints vis-à-vis du critère d'isolation I ;

Les poutres sont justifiées par application de la clause 5.6 de la norme NF EN 1992-1-2 ;

Les éléments fléchis perpendiculairement à leur plan seront justifiés par application de la clause 5.7 de la norme NF EN 1992-1-2.

3.323 Poteaux

La distinction entre « mur » et « poteau » se fera sur la base du critère usuel suivant :

- est considéré comme « mur » tout élément dont la longueur est supérieure ou égale à 5 fois son épaisseur,
- est considéré comme « poteau » tout élément dont la longueur est inférieure à 5 fois son épaisseur.

L'ensemble des prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française pour le dimensionnement des poteaux doivent être vérifiées conformément au paragraphe 1.1.2.2 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.324 Poutres

L'ensemble des prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française pour le dimensionnement des poutres doivent être vérifiées conformément au paragraphe 1.1.2.3 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.325 Poutres voiles

Sur la base du critère usuel, est considérée comme « poutre-voile » ou « poutre-cloison » les poutres droites de section constante dont la hauteur de section est au moins égale à la moitié de la portée.

L'ensemble des prescriptions de la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française pour le dimensionnement des poutres voiles doivent être vérifiées conformément au paragraphe 1.1.2.4 et annexe V du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.326 Acrotères

Les acrotères en murs à coffrage intégré sont conformes aux prescriptions de l'article 7.2.4 du DTU 20.12 partie 1 et conformes au paragraphe 1.1.2.5 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.33 Eléments sollicités perpendiculairement à leur plan

Le calcul du moment résistant doit prendre en compte la réduction du bras de levier par rapport au cas d'un voile banché, du fait de l'implantation des armatures en attente dans le noyau conformément au paragraphe 1.1.4 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.331 Murs enterrés

La reprise de sollicitations dans les deux directions peut être envisagée à condition d'adopter des dispositions constructives adéquates, conformément au paragraphe 1.1.4.3 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.332 Murs de soutènement

Les armatures de reprises en pied peuvent être intégrées dans le mur à coffrage intégré ou dans la partie coulée en place conformément au paragraphe 1.1.4.4 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.333 Murs de silos ou de magasins de stockage

Pour le dimensionnement des panneaux destinés aux silos, les « Règles professionnelles de conception et de calcul des silos en béton », conformément au paragraphe 1.1.4.5 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.334 Murs de bassins ou de piscine

Conformément au paragraphe 1.1.4.6 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), ils sont dimensionnés aux états limites ultimes de résistance et aux états limites de service conformément au Fascicule 74 du CCTG.

3.335 Murs de galerie souterraines

Conformément au paragraphe 1.1.4.7 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), le cas courant correspond aux murs travaillant en flexion verticale entre fondation et dalle de couverture, l'ensemble de l'ouvrage fonctionnant comme une structure fermée (cadre ou portique).

3.34 Eléments inclinés

Conformément au paragraphe 1.1.3 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*), les éléments auront une inclinaison minimale de 75° par rapport à l'horizontale. Dans le cas des murs utilisés en couverture, les murs peuvent être inclinés à 45°.

3.4 Type de liaison

3.41 Articulation entre panneaux

Ce type de liaison n'est pas utilisable pour les ouvrages nécessitant une étanchéité garantie par le béton, ni dans le cas des poutres voiles.

3.411 Joint vertical droit, d'angle droit, biais, T, joint horizontal droit

L'armature disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre (Cf. Figures 9, 14 et 15). La section d'armature de la liaison est fonction des armatures disposée dans le prémur.

3.42 Articulation couturée entre panneaux

Ce type de liaison est utilisable pour les ouvrages nécessitant une étanchéité garantie par le béton réalisé avec un système d'encastrement en pied.

3.421 Joint vertical droit, joint horizontal droit

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre (Cf. Figures 10 et 16), les chaînages et les raidisseurs en about de chaque prémurs assurent la couture du panier d'armature de liaison.

3.422 Joint d'angle droit vertical, en T

Le principe constructif est similaire à la solution des joints verticaux droits.

3.43 Encastrement entre panneaux

3.431 Joint vertical droit, d'angle droit, biais, horizontal droit

La continuité du moment et du cisaillement entre deux panneaux le long d'un joint vertical ou horizontal est assurée par la mise en œuvre soit (Cf. Figures 11, 12, 13, 14,17):

- d'une clé mécanique réalisée par le croisement des paniers d'armatures
- d'un recouvrement total des armatures.

3.44 Encastrement en pied de panneau

3.441 Encastrement avec continuité de bétonnage aux jonctions murs / fondations (Solution type A)

Ces solutions reposent sur l'intégration des armatures d'encastrement dans le prémur ou avant la pose du prémur afin de pouvoir bétonner le noyau et la fondation sans reprise de bétonnage. Ce principe constructif est particulièrement adapté à la réalisation d'ouvrages étanches.

Solution A1 (Figure 20 détail 2)

Elle est particulièrement adaptée à la réalisation des murs séparateurs ou des murs sur fondations avec débords devant être encastrés en pied.

Des cadres intégrés au prémur dépassent en pied du prémur.

Des armatures rapportées assurent la continuité de l'encastrement avec la fondation ou le radier.

Solution A2 (Figure 20 détail 1)

Elle se différencie de la solution précédente par l'intégration partielle des armatures d'encastrement dans le prémur.

Cette solution permet de travailler avec des diamètres supérieurs à 14 mm.

Le moment d'encastrement mobilisable reste optimal.

La peau extérieure assure le coffrage du radier ou de la fondation.

3.442 Encastrement avec reprise de bétonnage aux jonctions murs / fondations (Solution type B)

Ces solutions se différencient des précédentes par l'existence systématique d'une reprise de bétonnage à l'encastrement. En général elles ne permettent de mobiliser qu'un moment résistant réduit à l'encastrement en raison de la réduction de hauteur utile du mur.

La continuité de l'encastrement entre le prémur et la fondation est assurée par des armatures en attentes dans la semelle déjà coulée.

Ces armatures viennent en recouvrement avec les aciers placés dans les parois du mur.

Dans le cas, où le moment d'encastrement est repris par des armatures en attente situées dans la fondation et entre deux parois coffrantes, on limitera la densité et les diamètres des aciers en attentes par face dans prémur aux valeurs du tableau suivant :

Epaisseur du mur	Aciers en attentes	
	Diamètre maxi	Espacement minimum
20 cm	14 mm	15 cm
22 cm		
25 cm		
30 cm	25 mm	15 cm
36 cm		
40 cm	32 mm	15 cm

Un soin particulier sera apporté au remplissage des joints de calage en pied de prémur et à la mise en place d'un système empêchant les fuites de laitance (bastaings ou joints d'étanchéité ou équivalent), gage du bon fonctionnement de l'encastrement.

Un contrôle systématique du remplissage des joints sera effectué après remplissage des murs. Les joints qui n'auront pas été remplis au bétonnage seront à bourrer au mortier de réparation sans retrait.

Lorsqu'une étanchéité est requise, ces solutions nécessitent un traitement spécifique de la reprise de bétonnage.

Solution B1 (Figure 20 détail 3 et 4)

La continuité de l'encastrement entre le prémur et la fondation est assurée par des armatures en attente dans la fondation ou le radier.

La section d'armature d'encastrement est calculée de la manière suivante :

Hauteur utile = épaisseur totale – (épaisseur de la paroi extérieure + enrobage + diamètre des attentes / 2)

Le calage des prémurs en pied devra se faire sur des cales de 3 cm minimum pour garantir le bon remplissage des joints en pied afin de pouvoir transmettre les efforts de compression de la zone comprimée du prémur vers la fondation ou le radier. Ces joints en pied pourront être coffrés à l'aide de bastaings pour éviter les fuites de laitance.

Solution B2 (Figure 20 détail 6)

Cette solution permet de préserver un bras de levier optimal. Elle est particulièrement adaptée aux murs encastrés de grande hauteur

Elle nécessite le coffrage du pied sur la hauteur de scellement.

Elle nécessite les mêmes dispositions de calage en pied de prémur que la solution B1.

3.45 Liaison voile/dalle

3.451 Liaison courante

Ce type de liaison correspond à une liaison du type articulé

La dalle peut être posée en tête de prémur ou suspendue à l'aide d'armatures en attente dans le prémur.

3.452 Liaison encastrée

Pour permettre la mobilisation d'un moment entre la dalle et le prémur, les aciers sont intégrés en tête de prémur pour permettre de retourner le moment d'encastrement.

3.453 Dispositions spécifiques aux planchers à prédalles suspendues

Dans le cas d'utilisation de prédalles suspendues avec boites d'attentes dans les prémurs, celles-ci-ne pourront pas être visées en zone sismique.

Lorsque le prémur est composé de réservation sandwich, l'emploi de prédalles suspendues est possible en zone sismique.

3.5 Dispositions parasismiques

La conception et la vérification des joints sous sollicitations sismiques devront être conformes au paragraphe 1.1.1.14 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

3.51 Stabilité d'ensemble

Pour le calcul des raideurs des voiles, la présence des joints entre panneaux est négligeable. La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un voile réalisé en prémur se base sur la section homogène équivalente au voile banché substitué.

4. Traitement des parois et des joints

4.1 Traitement des joints

Selon la destination de l'ouvrage, le traitement du joint devra être mis en place selon les règles de l'article 1.5 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.11 Murs courants en superstructure

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs courants en superstructures sont définies à l'article 1.5.1 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.12 Murs courants en infrastructure

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs courants en infrastructures sont définies à l'article 1.5.2 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.13 Murs avec pression hydrostatique

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs avec pression hydrostatique sont définies à l'article 1.5.3 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.14 Murs CF

Les murs coupe-feu non exposés aux intempéries, ne nécessitent pas de traitement particulier du joint si ce dernier est inférieur à 2 cm (Cf. Art. 1.5.4 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

Pour les parois exposées aux intempéries, on se reporte à l'Art 1.5.1.1 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.15 Murs de silos ou magasin de stockage

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs de silos ou magasin de stockage sont définies à l'article 1.5.5 du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*).

4.2 Aspects des parements

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage.

4.21 Etat de surface

L'état de surface courant correspond à une surface brute de décoffrage contre moule. Dénomination E (3-3-0) d'après la norme NF P 18-503.

Une des deux faces du prémur peut présenter un aspect structuré grâce à l'utilisation de matrice caoutchouc.

Cependant la matrice doit respecter les conditions suivantes :

- Matrice de forme régulière (permettre le raboutage des matrices caoutchouc sur les tables de coffrages et permettre le calepinage de ces zones)

4.22 Teinte

L'homogénéité de la teinte des prémurs n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie.

Lorsque le prémur doit être lasuré, un homogénéisateur de teinte doit être appliqué afin de garantir l'aspect du parement.

4.23 Préparation du support

La forte compacité du béton des prémurs doit être pris en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliqué sur le support :

- Lasure
- Peinture (pour face apparente)
- Imprégnation
- Résine
- Membrane d'étanchéité
- Carrelage de parement
- RPE
- Enduit hydraulique
- Plot de colle pour fixation des plaques de plâtres

Les désafleurements éventuels au droit des joints font l'objet d'un ragréage avant la mise en place des finitions qui comportent elles-mêmes des travaux préparatoires habituels propres au type de finition retenu.

4.3 Traitement de la tête des prémurs

Les têtes de murs exposées aux intempéries sont protégées contre les infiltrations d'eau le long des plans de reprise de bétonnage entre les parois et le béton coulé en place par :

- Un chaperon béton
- Une couvertine métallique

4.4 Définition du plan d'étanchéité à l'aide de prémur

Pour les cas de figures nécessitant une étanchéité assurée par le béton seul les solutions à base de prémurs reposent sur deux modes de mise en œuvre du plan d'étanchéité :

L'utilisation des solutions mécaniques type A et des joints verticaux décalés ou des joints ouverts qui permettent de garantir une étanchéité par la continuité du bétonnage du noyau central à l'aide d'un béton présentant un compactage optimal et à faible retrait.

L'utilisation des solutions mécaniques type B, complétées par le traitement spécifique des reprises de bétonnages.

4.5 Utilisation des solutions mécaniques type A

L'utilisation d'une solution mécanique type A permet de garantir l'encastrement en pied de panneau et d'avoir une liberté de translation horizontal du prémur lors de sa mise en œuvre. Il est également possible de coupler une solution mécanique en pied de type A avec une liaison verticale ouverte.

Ces armatures garantissent la couture du joint vertical afin de bloquer la fissuration provoquée par le retrait du béton.

La réalisation du plan d'étanchéité repose sur la chronologie de réalisation de l'ouvrage :

- coulage du béton de propreté,
- pose des prémurs,
- mise en place des armatures verticales de clavetage des joints verticaux,
- pose du cordon de mousse dans le joint pour empêcher la fuite de laitance,
- dépliage des armatures en attente en pied de panneau,
- ferraillage du radier ou de la fondation,
- bétonnage du radier et prémur sans reprise de bétonnage à l'aide d'un béton à faible retrait,
- enlèvement du cordon de mousse,
- finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage.

Les reprises de bétonnage verticales pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases sont systématiquement réalisées en partie courante du prémur par la mise en œuvre dans le noyau du prémur d'un joint Waterstop en tôle type STREMAFORM ou toute autre tôle galvanisée d'arrêt de bétonnage permettant d'augmenter le chemin critique de l'eau.

La finition des joints est réalisée en fonction de la destination de l'ouvrage.

4.6 Utilisation des solutions mécaniques type B

L'utilisation des solutions mécaniques type B repose aussi sur la mise en œuvre d'un béton présentant un faible retrait. Le domaine

d'utilisation de ce type de solution nécessite la mise en œuvre d'un mur de plus de 28 cm d'épaisseur.

De plus un traitement spécifique de la reprise de bétonnage en pied de panneau doit être réalisé.

Le traitement de la reprise de bétonnage en pied de panneau est réalisé avec un joint hydro gonflant SIKA JOINT EXPANSIF WS 2005 ou un joint Waterstop tôle type STREMAFORM ou des dispositifs similaires joints hydrogonflants ou joints waterstop en tôle galvanisée. Ce joint est disposé à 5 cm de la paroi du prémur en contact à l'eau.

Le joint est traité à l'aide des solutions mécaniques type articulées couturées définies à l'art 3.4.2.1. Les reprises de bétonnage verticales pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases sont systématiquement réalisées en partie courante du prémur par la mise en œuvre dans le noyau du prémur d'une bande d'arrêt d'eau en tôle type STREMAFORM ou toute autre tôle galvanisée d'arrêt de bétonnage permettant d'augmenter le chemin critique de l'eau.

La finition des joints est réalisée en fonction de la destination de l'ouvrage.

4.7 Utilisation de prémurs à base de Voltex

Le procédé VOLTEX sous avis technique 5.2/16-2531_V1 peut être utilisé en combinaison avec le prémur pour réaliser le plan d'étanchéité. Le VOLTEX est intégré sur la face concernée en usine de fabrication des prémurs sous la responsabilité du fournisseur de VOLTEX.

La garantie du bon fonctionnement du plan d'étanchéité et les points singuliers au droit des joints sont traités et réalisés sur chantier par l'entreprise responsable de la mise en œuvre du procédé VOLTEX.

Une vérification à l'ELS doit être réalisée suivant les prescriptions suivantes :

Dans le cas des sections droites tendues du côté recevant le revêtement d'étanchéité, l'action de l'eau est définie par son niveau E et la contrainte de traction de l'acier tendu est limitée à la valeur suivante : Min [2/3 f_{yk} ; 200 MPa].

Dans le cas des sections droites tendues du côté en contact avec l'eau, on doit distinguer trois cas :

- eau définie par son niveau EB : Min [2/3 f_{yk} ; 200 MPa]
- eau définie par son niveau EH : Min [2/3 f_{yk} ; 300 MPa]
- eau définie par son niveau E : Min [2/3 f_{yk} ; 400 MPa]

Lorsqu'il faut des armatures pour l'équilibrage des sollicitations, il est nécessaire, pour la face concernée et pour les armatures principales ainsi que pour les armatures de répartition, d'appliquer les dispositions constructives minimales et les conditions de non-fragilité de l'EC2-1-1 et de son AN.

La réalisation du plan d'étanchéité par le biais de ce procédé permet de calculer la partie prémur aux états limites ultimes de résistance.

La réalisation des joints dépend de l'accès à la face sur laquelle le VOLTEX est intégrée. Deux cas de figures peuvent se présenter :

- Accès à la face traitée possible : Le phasage de pose est décrit en annexe
- Accès à la face traitée impossible : Le phasage de pose est décrit en annexe

5. Fabrication des « PRÉMURS »

5.1 Fabrication

Le panneau est réalisé en usine à l'aide d'un outil automatisé. Les opérations se déroulent dans l'ordre suivant :

1. Projection automatique d'un décoffrant

2. Traçage automatique de la première face à fabriquer (position des inserts, réservations et ouvertures)

3. Mise en place automatique des joues de coffrage de la première plaque ainsi que des inserts, réservations et ouvertures.

4. Fabrication et préparation sur site des armatures.

Disposition des armatures et des raidisseurs sur le moule.

5. Mise en place de canalisations diverses fixées aux armatures et des boîtiers collés au moule.

6. Fabrication du béton dans la centrale située sur le site.

7. Acheminement du béton.

8. Coulage du béton à l'aide d'un répartiteur automatique qui garantit la constance de l'épaisseur mise en place.

9. Vibration automatique, programmée et adaptée pour ce type de fabrication.

10. Durcissement à 28° C pendant environ 8 heures dans une chambre de durcissement.

- Opérations 1 à 8 identiques pour la deuxième face du MCI mais sans mise en place des raidisseurs.
- Pour les prémurs d'épaisseur 16 cm, utilisation de tables spécifiques, et raidisseurs conformes au § 2.32.

11. Transport et retournement de la première face sur la seconde avec centrage et mise en appui sur des cales extérieures préréglées.

12. Vibration automatique.

13. Enlèvement du moule supérieur.

14. Entreposage dans la chambre de durcissement à 28° C pendant environ 8 heures.

15. Démoulage et stockage sur un conteneur métallique.

5.2 Contrôles de fabrication

La fabrication se déroule dans l'usine PREFA DU LEMAN (Feigère, 74) ou PREFACO (Lebbeke, Belgique).

5.21 Contrôles des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des parois du coffrage sont réalisés dans la centrale installée dans l'usine de fabrication. Les résistances des bétons sont contrôlées à l'usine conformément à la norme NF EN 206/CN et au C.C.T.P.

5.22 Contrôles de qualité

Le procédé « MCI[1] » fait l'objet d'une certification QB ou NF 548.

La totalité de la production est contrôlée avant expédition, conformément à la certification QB ou NF 548 sur les murs à coffrage intégré.

Le contrôleur vérifie les dimensions, la rectitude des parois, la localisation et le dimensionnement des réservations, la nature et la quantité des armatures sur la base des plans établis par le bureau d'études du fabricant et dans la limite des tolérances de fabrication définies ci-après.

5.3 Caractéristiques

- Poids propre du MCI au m^2: de 225 à 350 kg/m² en fonction de l'épaisseur des parois et du ferraillage.
- Dimensions maximales, hauteur x largeur ou largeur x hauteur : 3,60 x 12,30 m.
- Epaisseur courante de 18 à 50 cm.
- Tolérance dimensionnelle conforme à la norme EN 14992 et au référentiel CSTBat RT 02.02/04
- Enrobage des armatures et des raidisseurs : -1 /+1 mm
- Tolérance sur la hauteur des raidisseurs : -3/+1 mm

6. Chronologie générale de la mise en œuvre des murs

6.1 Chronologie pour les prémurs courants

1. Réalisation des fondations.
2. Implantation et traçage des murs.
3. Déchargement du « MCI[1] » à l'aide d'une grue, automotrice, à tour, ou de tout autre moyen de levage compatible avec le poids du « MCI[1] ».
4. Pose du « MCI[1] » sur des cales d'épaisseur 1 à 2 cm.
5. Stabilisation des panneaux par deux étais tire pousses ou par un système d'équerrage.
6. Mise en place des aciers de continuité et chaînages éventuels.
7. Pose des prédalles, dalles alvéolées ou coffrage, sur étaiement adapté.
8. Coulage du béton par couches successives de 70 cm à partir du niveau de la dalle. Une pause de 1 heure est respectée entre deux couches.
9. Le coulage de la dalle peut être effectué en même temps que la dernière coulée des « MCI[1] »
10. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage)

6.2 Chronologie pour les prémurs avec les liaisons type A

1. Coulage du béton de propreté,
2. Implantation et traçage des murs.
3. Déchargement du « MCI[1] » à l'aide d'une grue, automotrice, à tour, ou de tout autre moyen de levage compatible avec le poids du « MCI[1] ».
4. Pose du « MCI[1] » sur des cales d'épaisseur de 1,5 cm ou sur un lit de mortier. Le cas de joints verticaux décalés avec continuité de moments nécessite le ripage horizontal des murs pour le croisement des corbeilles d'armatures intégrées au prémur; ainsi l'emprise de pose des murs doit être impérativement exempte de tout ferraillage en attente horizontal ou vertical, de manière à pouvoir effectuer ce ripage.

5. Stabilisation des panneaux par deux étais tire pousses ou par un système d'équerrage.
6. Mise en place des armatures verticales de clavetage des joints,
7. Pose du cordon de mousse dans le joint pour empêcher la fuite de laitance,
8. Ferraillage de l'encastrement en pied de panneau
9. Ferraillage du radier ou de la fondation,
10. Bétonnage du radier et prémur par couches successives de 70 cm à partir du niveau de la dalle sans reprise de bétonnage à l'aide d'un béton à faible retrait. Une pause de 1 heure est respectée entre deux couches.
11. Enlèvement du cordon de mousse,
12. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage

6.3 Critères de bétonnage du noyau

6.31 Hauteur de chute du béton

Conformément au paragraphe 1.1.1.13 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2), et en référence à la norme NF P 18-504, la hauteur maximale Hmaxi de chute du béton n'excèdera pas 3 m quel que soit l'épaisseur du noyau. Dans le cas contraire, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple entre les parois (lorsque l'épaisseur du noyau le permet) ou par une trémie latérale respectant cette même hauteur limite.

6.32 Vitesse de bétonnage

La vitesse maximale de bétonnage est déterminée en application de l'annexe B de la norme NF EN 14992, en fonction de l'écartement des raidisseurs, de leur enrobage (c1 ou c2) par rapport à la face intérieure des voiles préfabriqués et de la classe de consistance. Les vitesses de coulage des couches de béton frais pour un béton type BPS-MCI en fonction de la distance entre les raidisseurs sont données dans les figures 35 et 36.

Conformément au CPT, dans le cas d'une vitesse supérieure à 50 cm/h, la vitesse doit être précisée sur le plan de pose.

Sauf à prendre des dispositions particulières, la température du « Prémur » ne doit pas être inférieure à 5°C.

La charge admissible par mètre linéaire de treillis (ou charge de bétonnage) est prise égale à :

- Lc = 18.4 kN/m pour un enrobage du raidisseur c >= 17 mm ;
- Lc = 15.6 kN/m pour un enrobage du raidisseur c >= 15 mm ;

Il est possible d'interpoler linéairement entre ces valeurs pour des enrobages intermédiaires.

La pression maximale sur les voiles est lue sur la figure B1 de la norme NF EN 14992 en fonction de la vitesse de bétonnage et dans l'hypothèse d'une température du béton frais de 10°C.
On en déduit la vitesse maximale de bétonnage pour l'entraxe de treillis raidisseur considéré. Une attention particulière doit être portée lors de bétonnages par temps froid. De plus, la vitesse de bétonnage doit être diminuée de 20% pour des températures de paroi inférieures à 10° et de 30% pour des températures de paroi inférieures à 5°C.

Pour cette vérification, sauf à adopter des dispositions particulières sur chantier au droit des joints, il est nécessaire de tenir compte du cas défavorable du treillis raidisseur le plus proche de la rive lorsque celle-ci n'est pas couturée.

6.33 Contrôle du remplissage du noyau

A défaut d'autres contrôles, il sera prévu lors de la conception et fabrication des MCI des orifices permettant un contrôle (diamètre de l'ordre de 50 mm) sur le côté intérieur. Le nombre et la localisation des orifices de contrôle dépendent des caractéristiques du MCI :

- dans tous les cas, un orifice sera prévu par élément, de préférence en partie basse ;
- des orifices complémentaires seront positionnés dans les zones fortement armées.

Parmi les autres contrôles, on peut citer la possibilité d'effectuer un trou sur le côté intérieur des panneaux et si nécessaire de l'utiliser pour injecter un coulis de remplissage. L'auscultation sonique peut également être envisagée si nécessaire.

Note : Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

6.34 Reprise de bétonnage

Dans tous les cas où la reprise de bétonnage a un rôle mécanique, l'arrêt du coulage doit être effectué à une distance minimale de 200mm sous l'arase. Cette distance doit être compatible avec la longueur de recouvrement des armatures.

7. Manutention, Montage, Transport

Les panneaux sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices.

Les caractéristiques de ces engins et éléments de manutention devront être compatibles avec la masse des panneaux à mettre en œuvre.

La phase de levage n'est pas visé dans le présent avis.

Les boucles de levage sont réalisées :

- Soit à partir de ronds à béton en acier doux de nuance B 235 de diamètre 14 mm minimum ancrés au droit des raidisseurs et ligaturés sur ces derniers.
- Soit à partir d'organes spécifiques de levage garantis par le fournisseur et ayant fait l'objet d'un P.V. d'essais.

7.1 Mise en place

Après la pose du prémur, ce dernier est maintenu en position par des étais tire-pousse fixés aux murs par l'intermédiaire de vis et de douille métallique pour les ouvrages exposés au vent (les douilles étant mise en place lors de la fabrication des prémurs).

Le titulaire de l'avis technique propose des recommandations de mise en sécurité à la pose basées sur l'incorporation de douilles ou d'un système plus élaboré à base d'équerres embase de garde-corps ou de passerelles.

Il diffuse systématiquement auprès des utilisateurs un guide pose.

7.2 Transport et stockage

Les prémurs sont stockés verticalement en box, rack ou occasionnellement horizontalement en palette en fonction des dimensions du prémur.

8. Conditions d'exploitation du procédé

Le BET structure de l'opération détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armature.

Le calepinage est réalisé par le titulaire (PREFA DU LEMAN et PREFACO NV).

Le BET du titulaire (bureau d'étude interne de PREFA DU LEMAN et de PREFACO NV ou BET désigné par le titulaire et soumis à son contrôle), réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, …) conformément aux prescriptions du CPT 3690-V2 et du présent dossier technique.

La société Préfa du Léman et la société Prefaco NV assurent la fabrication des produits et le transport. Elles fourniront systématiquement au client une notice d'instructions pour la mise en œuvre des MCI.

De plus, les clients utilisant pour la première fois les MCI seront assistés par un expert (chargé d'affaire) lors de la préparation et de la mise en place des premiers éléments préfa. Cette démarche pourra aussi être mise en place au cas par cas pour l'ensemble des clients utilisateurs des MCI.

La mise en œuvre est réalisée par l'entreprise gros œuvre titulaire du marché.

B. Résultats expérimentaux

Sans objet.

C. Références

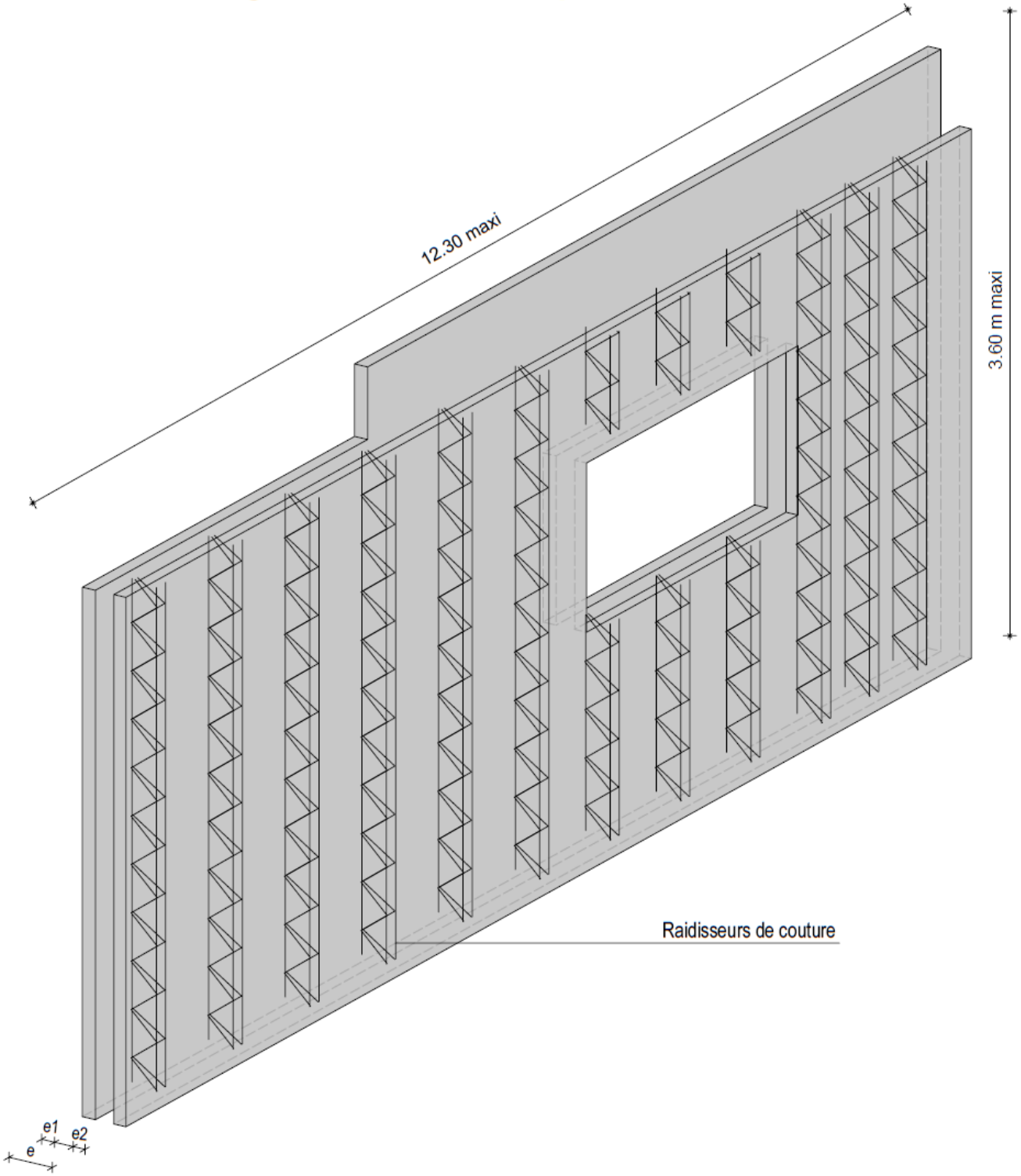
C1. Données environnementales

Le procédé « MCI[1] » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015. Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé « MCI[1] » doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 aout 2015.

C2. Autres références

Type de bâtiment	Ville	Contrôleur technique	Surface (m²)	Année
Logement SCI BEL AIR	69100 VILLEURBANNE	APAVE	1500	2017
Bureaux SCCV LYON 9 LECLAIR	69009 LYON	BTP CONSULTANT	2000	2017
Logement SCCV RIVES	38140 RIVES SUR FURE	ALPES CONTROLES	150	2017
ERP COMMUNE DE DOUVAINE	74410 DOUVAINE	VERITAS	860	2017
ERP EHPAD Boeschepe	Boeschepe	VERITAS	1710	2017
Tertiaire Outsing	Abbeville	VERITAS	373	2017
ERP Communauté de Communes du Pays Neufchâtelois	Neufchâtel-en-Bray	ALPES CONTROLES	1100	2018
Logements BC NEOXIMO	Lambersart	VERITAS	490	2018
ERP DECATHLON	74400 CHAMONIZ MONT BLANC	VERITAS	500	2018
ERP COLLEGE PRIVE LUZI DEFEILLANT	38270 BEAUREPAIRE	ALPES CONTROLES	900	2018

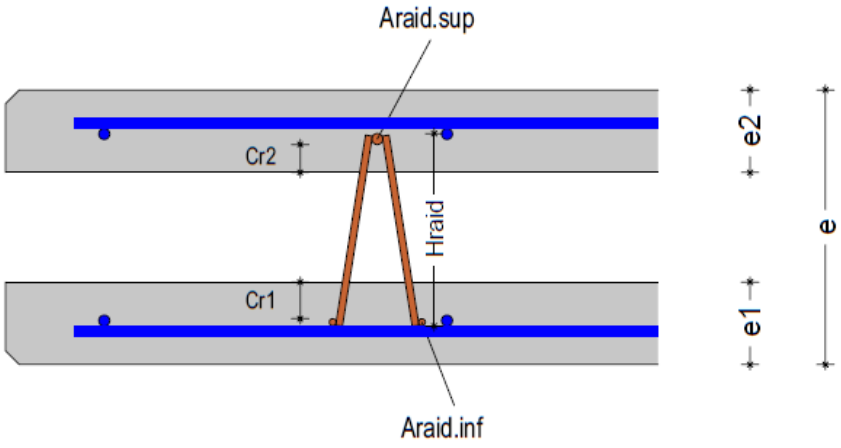
Figure 1: Description du MCI[1]



	e1	e2	e
Ep. mini.	5 cm	5 cm	18 cm
Ep. maxi.	8 cm	8 cm	50 cm

Ferraillage des parois	Section mini.	Espacement mini.	Diamètre mini.	Diamètre maxi.
Ferraillage longitudinal	1.20 cm²/ml	33 cm	5 mm	20 mm
Ferraillage transversal	1.20 cm²/ml	33 cm	5 mm	20 mm

Figure 2 : Principe d'un MCI[1]



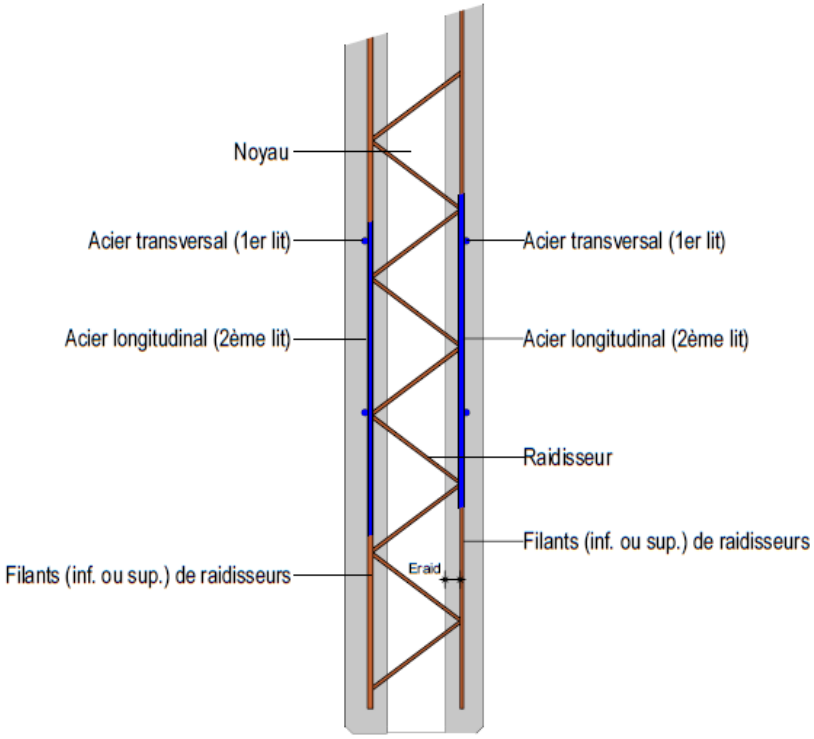


Figure 3 : Douilles métalliques du MCI[1]

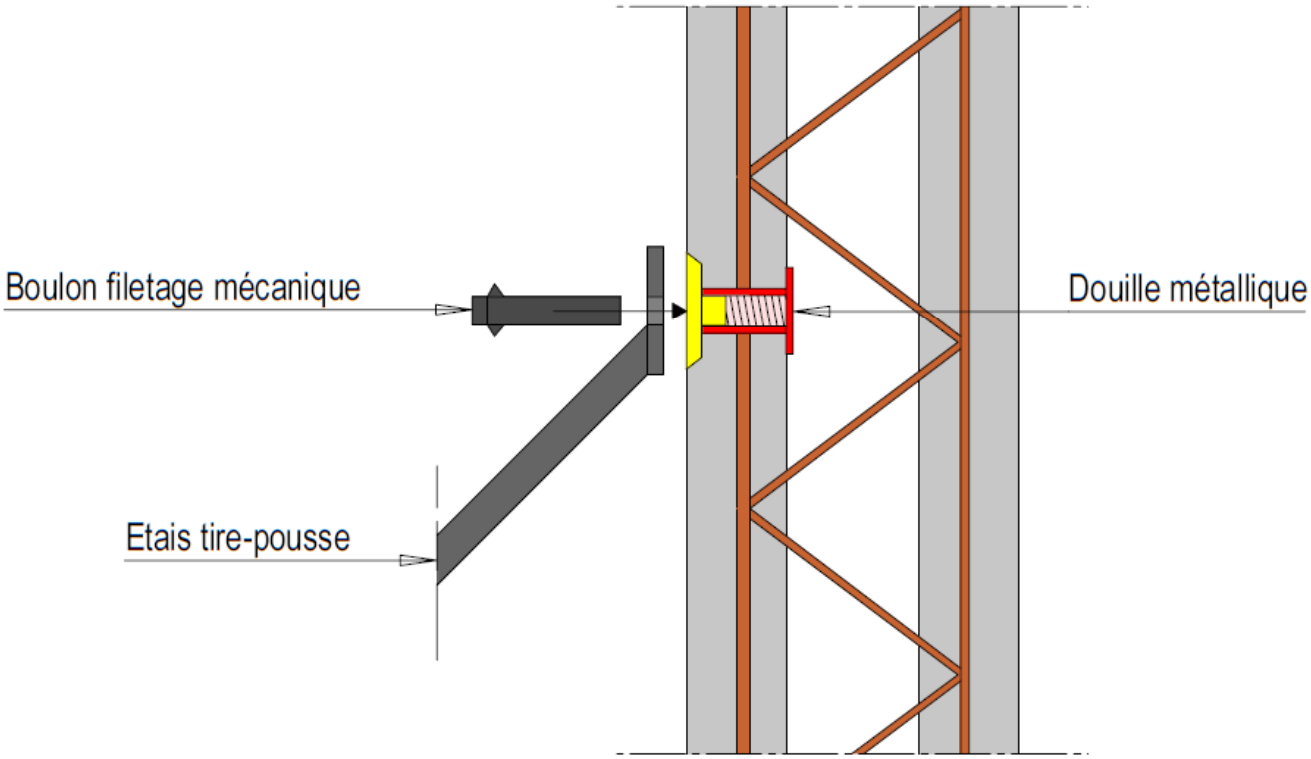
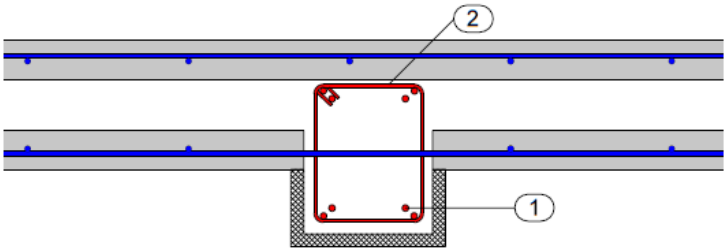
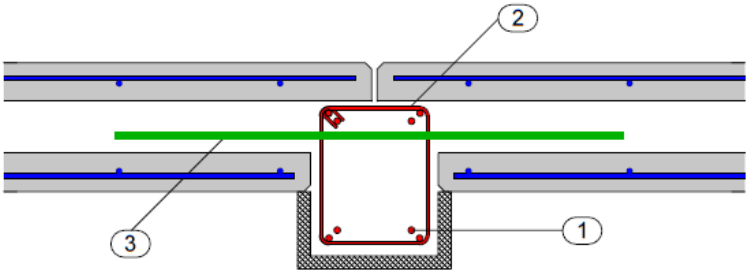


Figure 4 : Traitement des poteaux intégrés

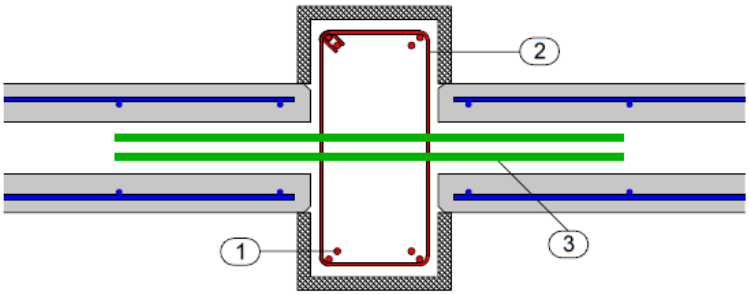
Détail 1 : Poteau excentré avec coffrage d'une face sur chantier.



Détail 2 : Poteau excentré coulé en place au droit d'un joint vertical et avec coffrage d'une face.



Détail 3 : Poteau excentré coulé en place avec coffrage deux faces.



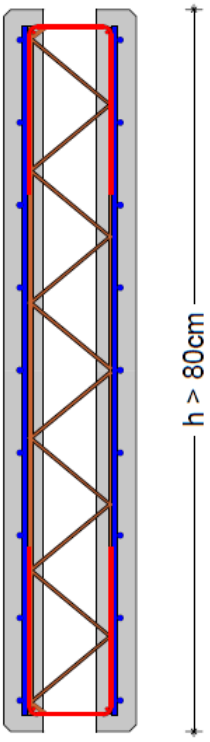
(1) Armatures en attente de poteaux.

(2) Cadres et filants mis en oeuvre sur chantier.

(3) Armatures de continuité horizontales conformes aux détails de liaisons verticales droites.

Figure 5 : Poutre en MCI[1]

Détail 1 : Cas des raidisseurs verticaux.



Détail 2 : Cas des cadres + épingles.

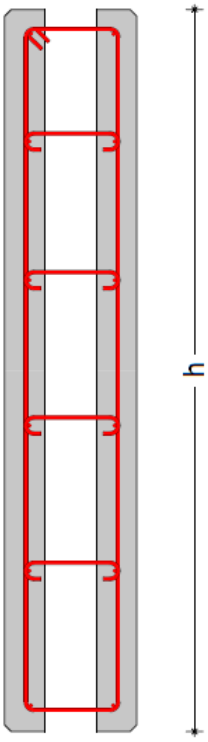
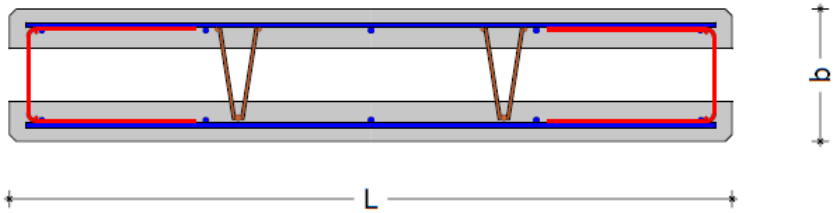


Figure 6 : Poteau en MCI[1]

Détail 1 : Utilisation de raidisseurs + U de fermeture.



Détail 2 : Utilisation de cadres + épingles.

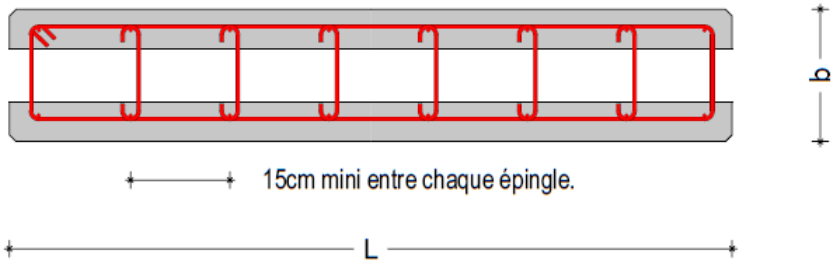


Figure 7 : Raidisseurs du MCI[1]

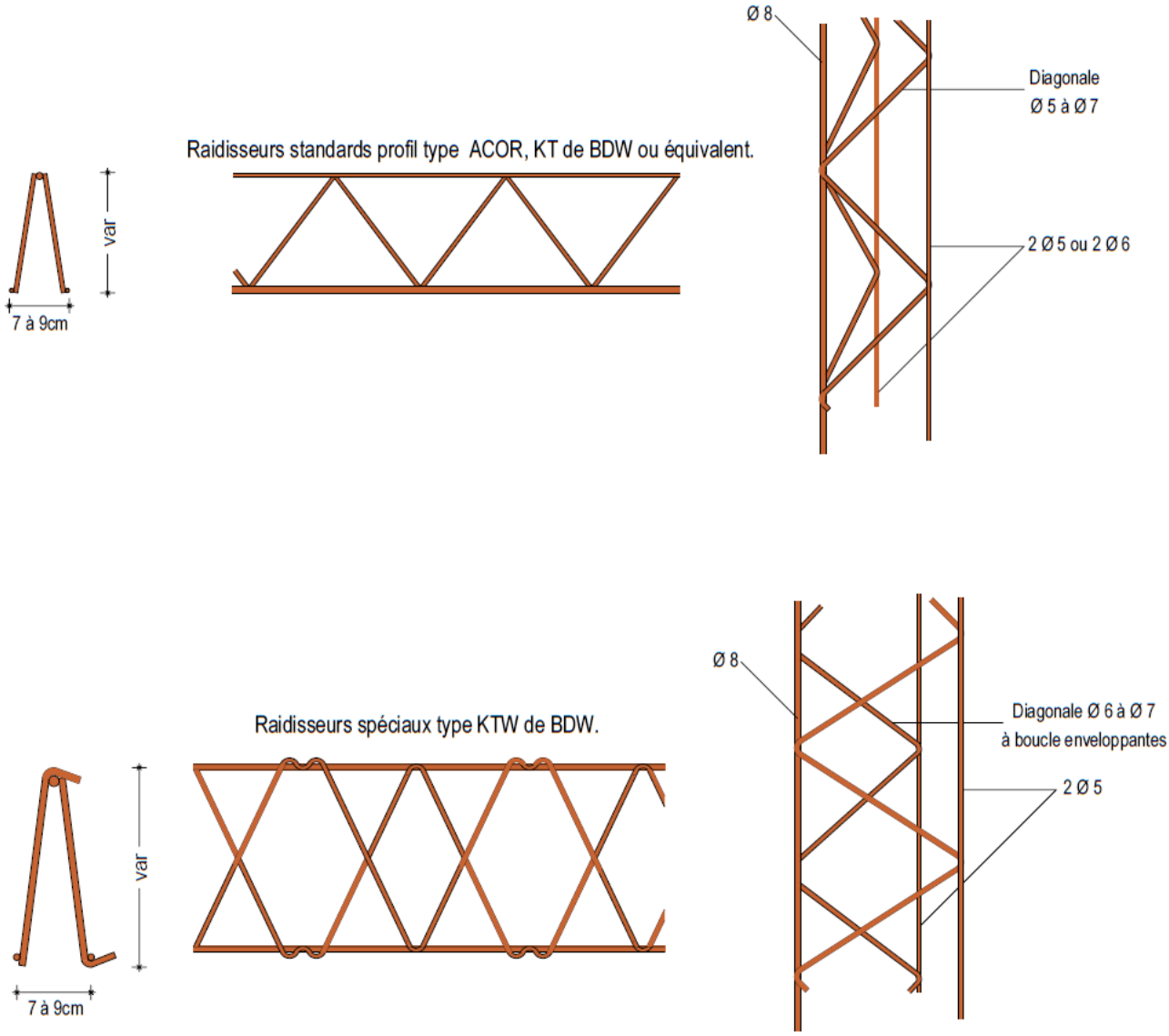
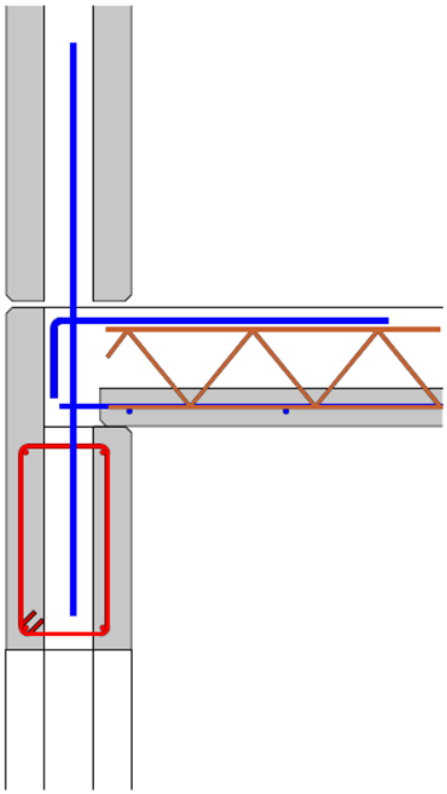
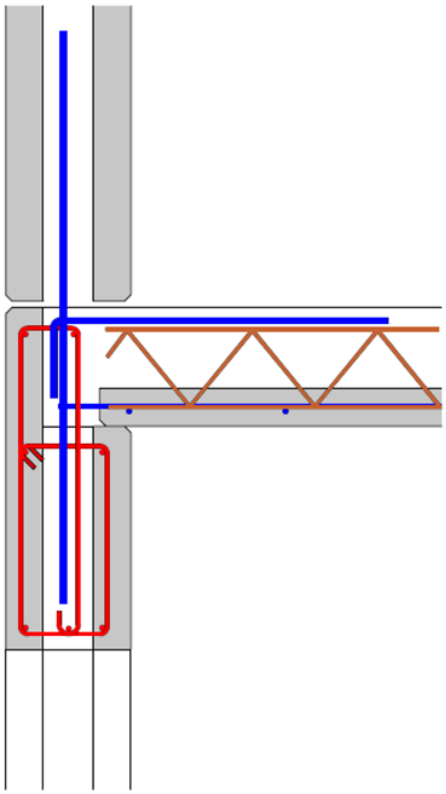


Figure 8 : Coupe sur linteaux incorporés

Variante 1 : Linteau dans la retombée.



Variante 2 : Linteau toute hauteur.



Détail 3 : Variante 3 : pour faibles portées

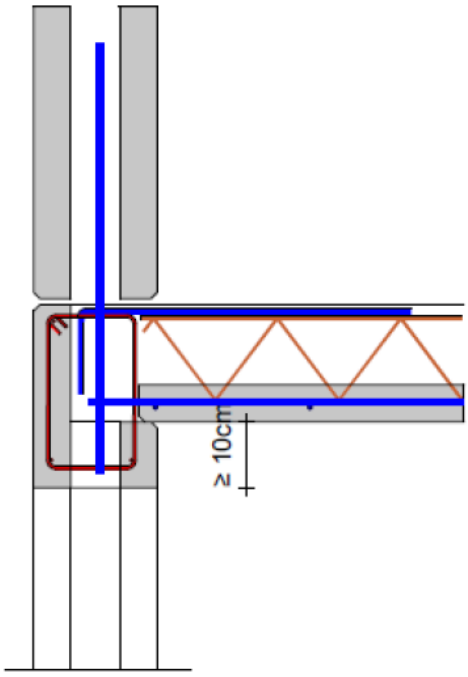
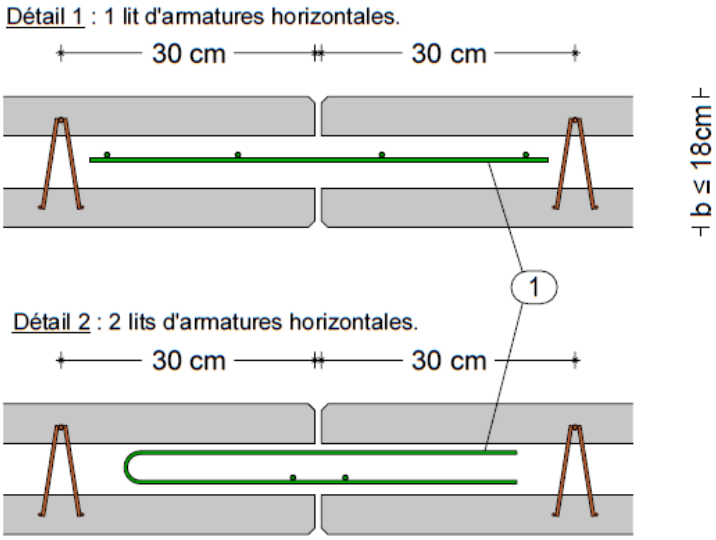
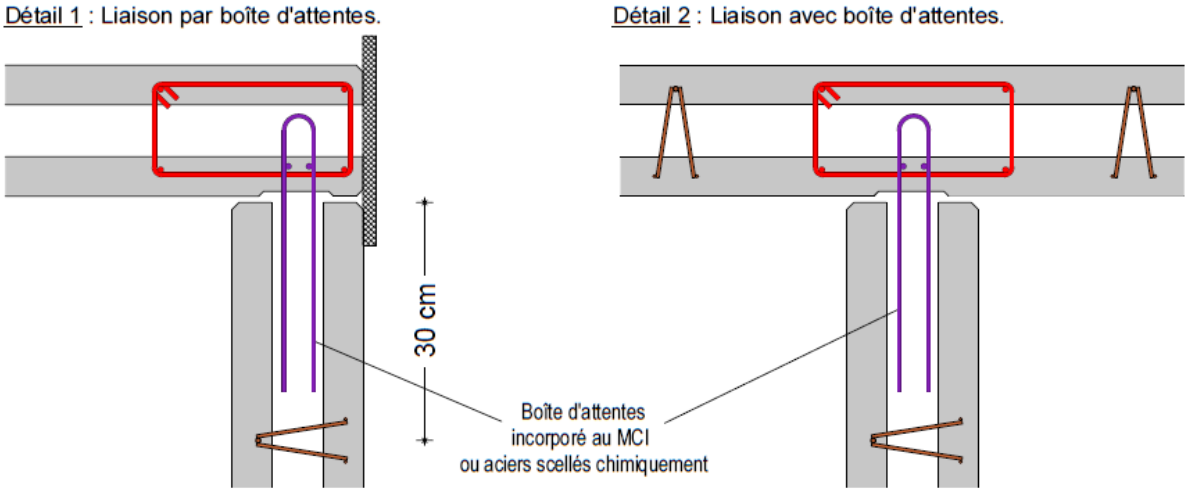


Figure 9 : Liaisons verticales articulées non couturées :



(1) Treillis soudé ou acier façonné avec filants de montage, à mettre en place sur chantier
(la section de ces armatures est égale à la section des armatures horizontales disposée dans le MCI).



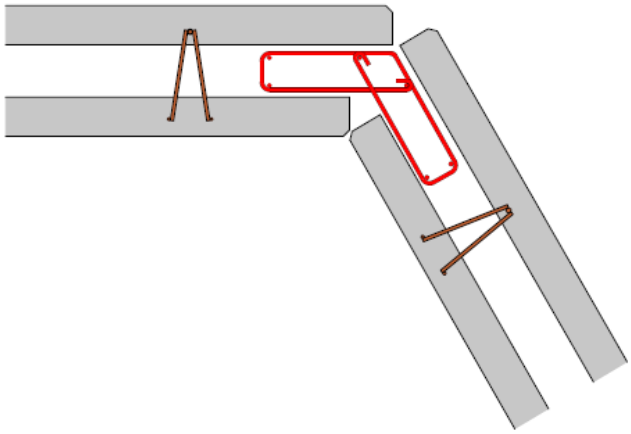
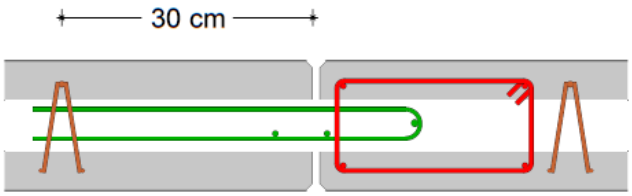
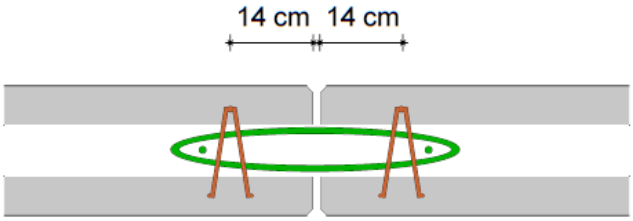


Figure 10 : Liaisons verticales articulées couturées

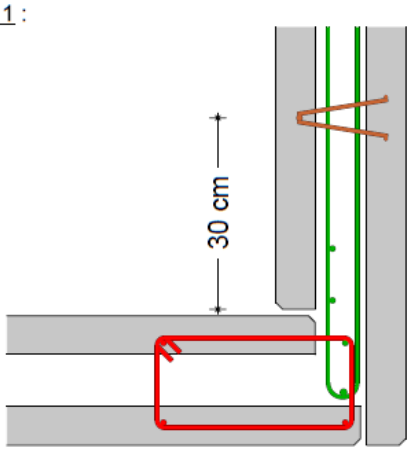
Détail 1 : 2 lits d'armatures horizontales.



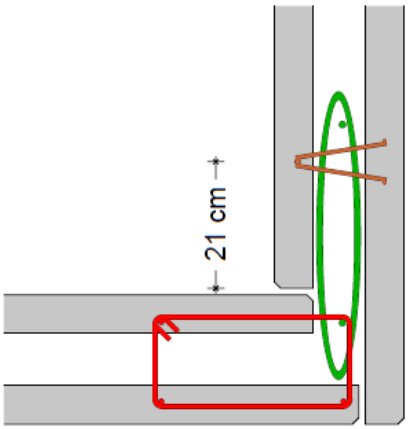
Détail 2 : Liaison ZIPBOX *.



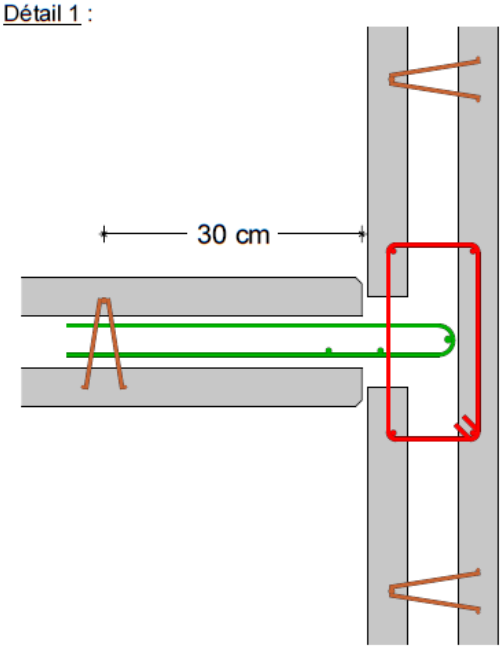
Détail 1 :



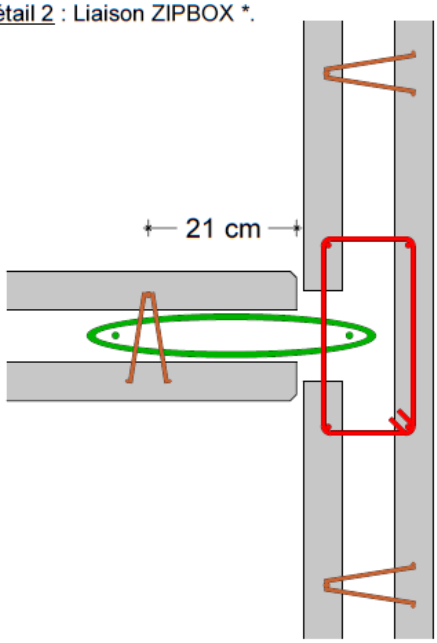
Détail 2 : Liaison ZIPBOX *.



Détail 1 :



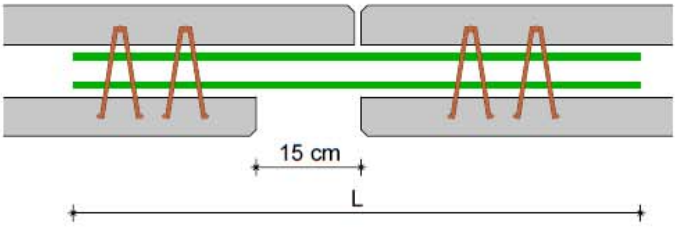
Détail 2 : Liaison ZIPBOX *.



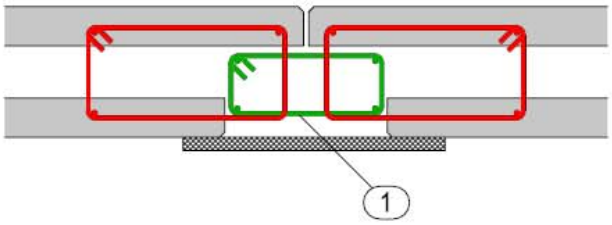
*Les liaisons ZIPBOX doivent être utilisées selon l'avis technique en cours de validité dont elles relèvent.

Figure 11 : Liaisons verticales encastrées (1/3)

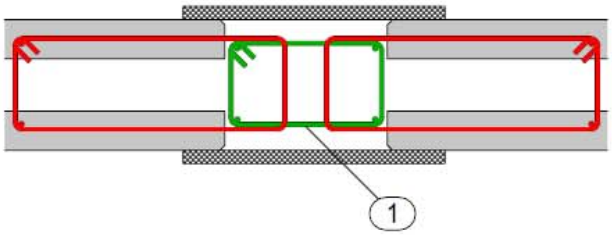
Détail 1 :



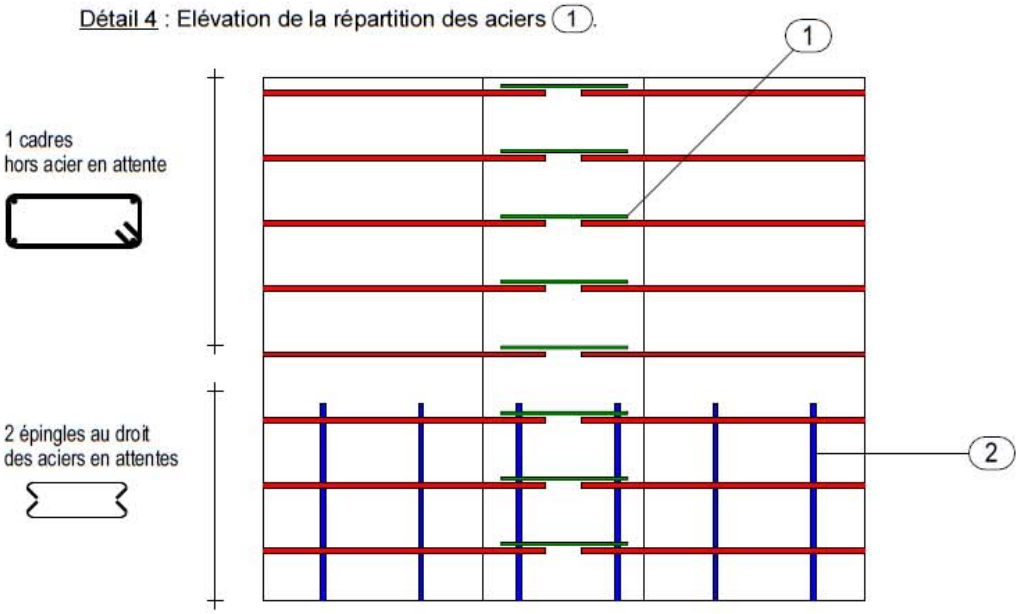
Détail 2 : Solution avec coffrage d'une face sur chantier, compatible avec ou sans acier en attente.



Détail 3 : Solution avec coffrage de deux faces sur chantier, compatible avec ou sans aciers en attente.



Détail 4 : Elévation de la répartition des aciers (1).

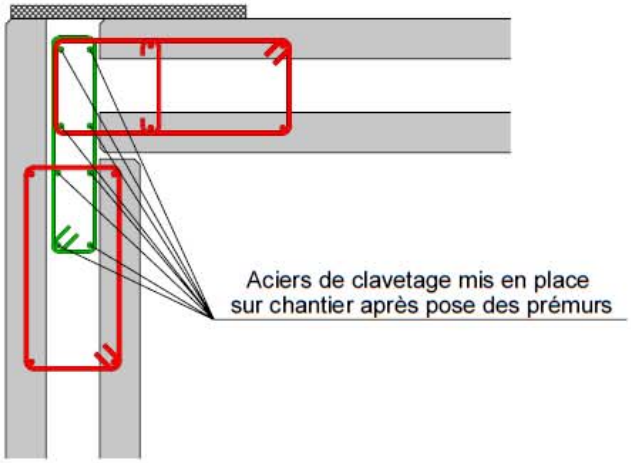


(1) Aciers à mettre sur place sur chantier.

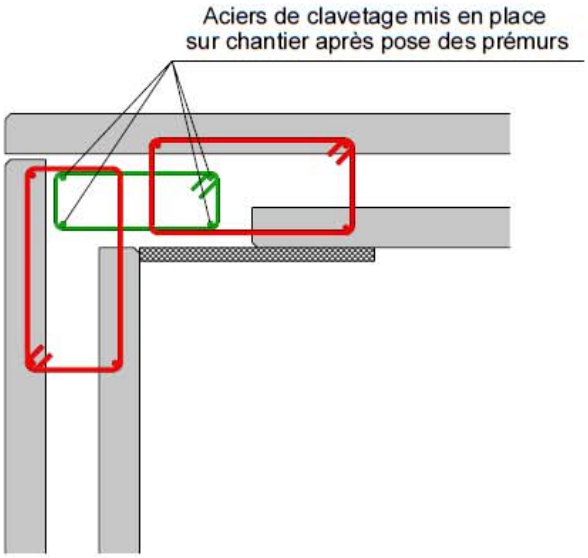
(2) Aciers en attente en pied.

Figure 12 : Liaisons verticales encastrées (2/3)

Détail 1 :



Détail 2 : Solution avec coffrage de la face intérieure sur chantier, compatible avec ou sans aciers en attente.



Détail 3 :

Détail 4 :

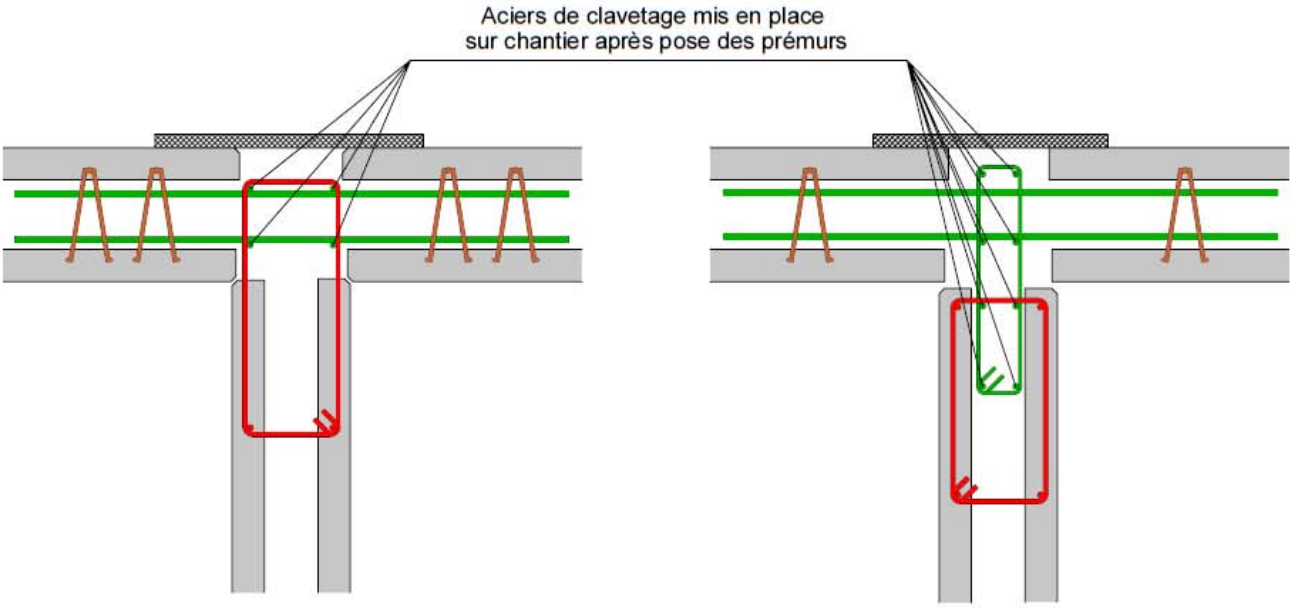
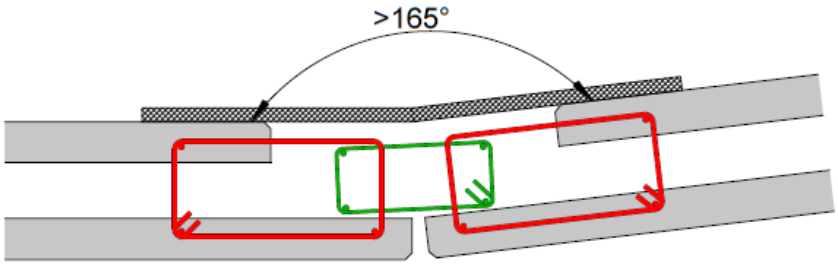
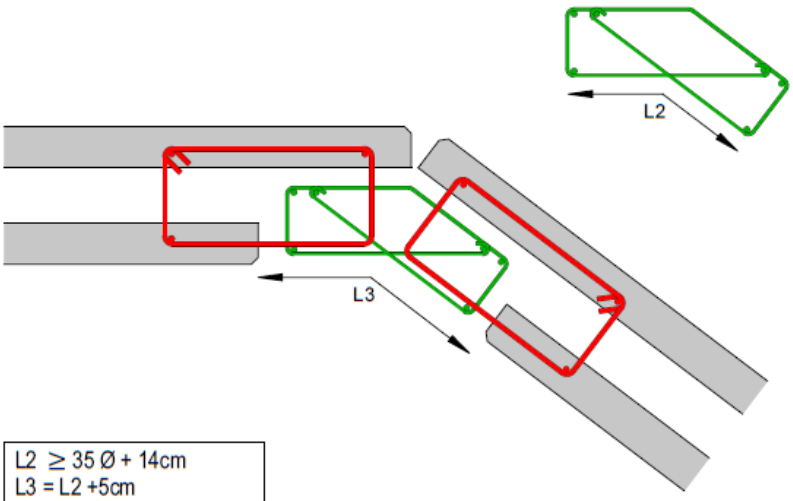


Figure 13 : Liaisons verticales encastrées (3/3)

Détail 1 : Solution particulière pour les angles supérieurs à 165°.



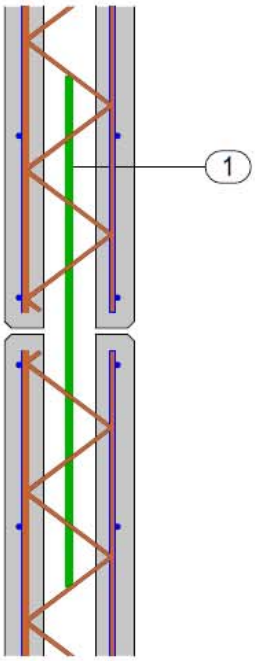
Détail 2 :



L2 ≥ 35 Ø + 14cm L3 = L2 +5cm					
Ø	8	10	12	14	16
L2	40	45	53	59	66
L3	45	51	58	64	71

Figure 14 : Liaisons horizontales articulées non couturées

Détail 1 : 1 lit d'armatures verticales.



Détail 2 : 2 lits d'armatures verticales.

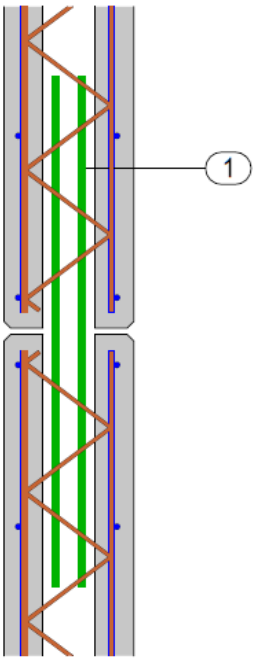
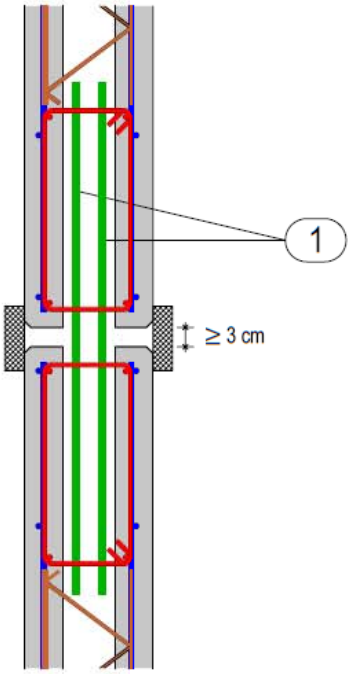


Figure 15 : Liaisons horizontales encastrées

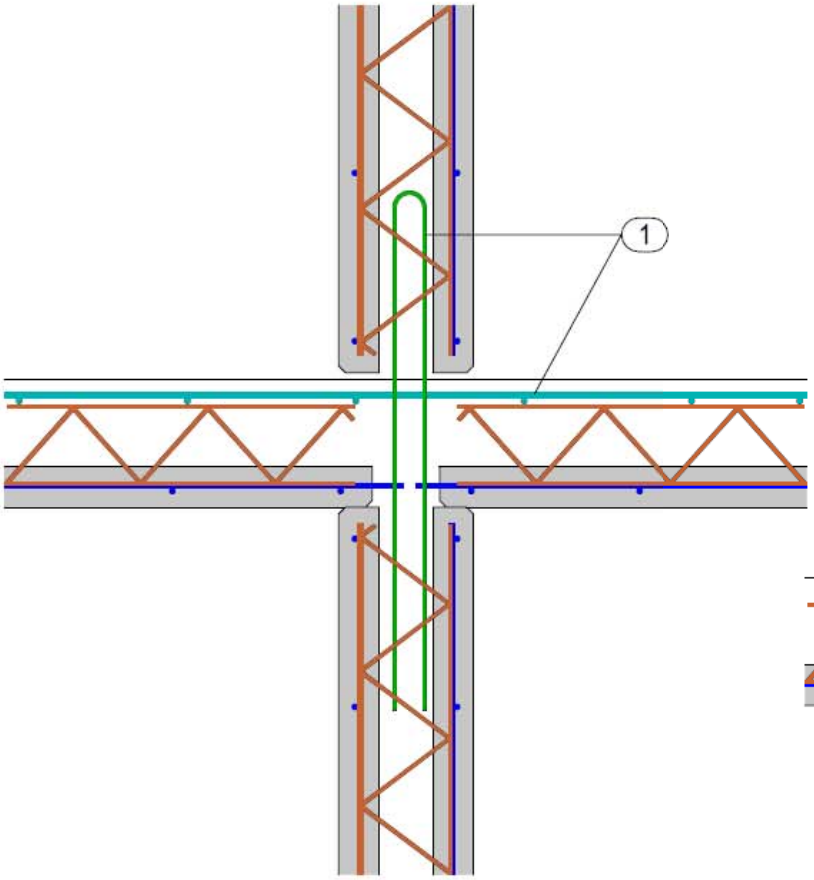
Détail 1 : 2 lits d'armatures verticales.



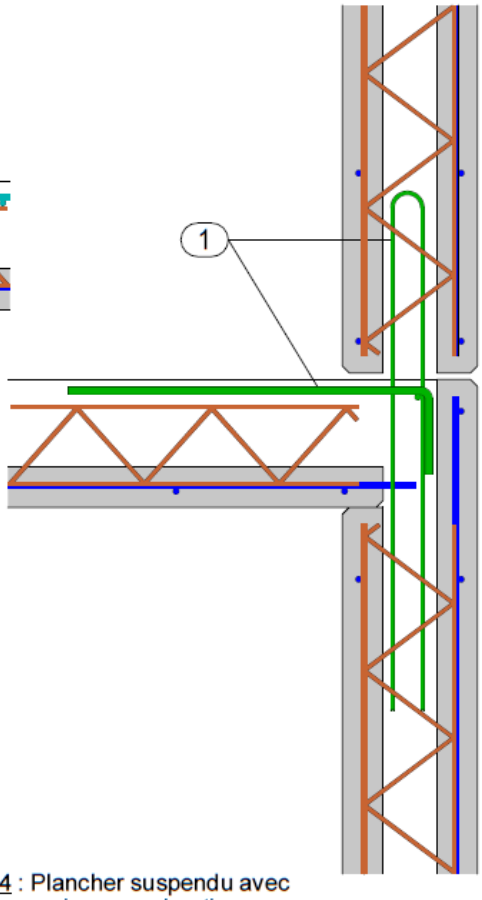
(1) Aciers à mettre en place sur chantier.

Figure 16 : Liaisons horizontales articulées couturées

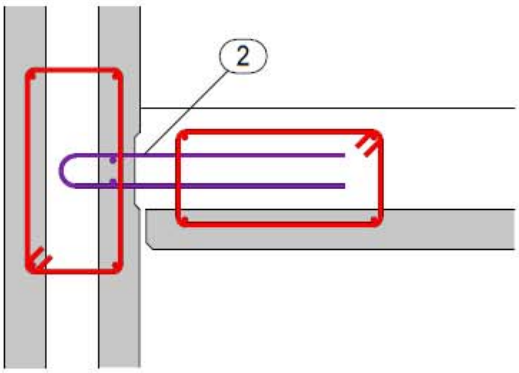
Détail 1 : Cas d'un appui intermédiaire avec ou sans niveau supérieur.



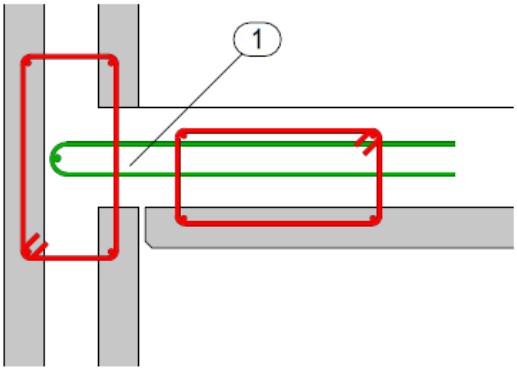
Détail 2 : Cas d'un appui de rive avec ou sans niveau supérieur.



Détail 3 : Plancher suspendu avec boîte d'attentes (non visé en zone sismique).



Détail 4 : Plancher suspendu avec armatures mises sur chantier.

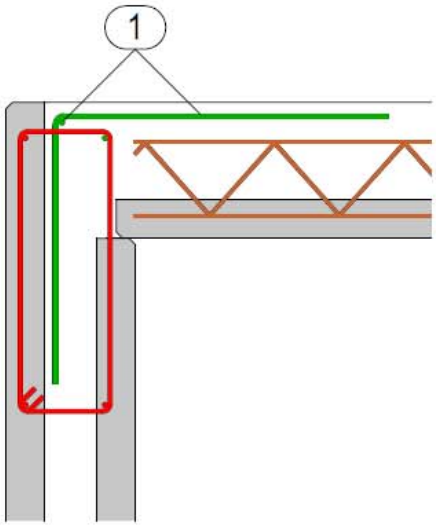


(1) Aciers à mettre en place sur chantier.

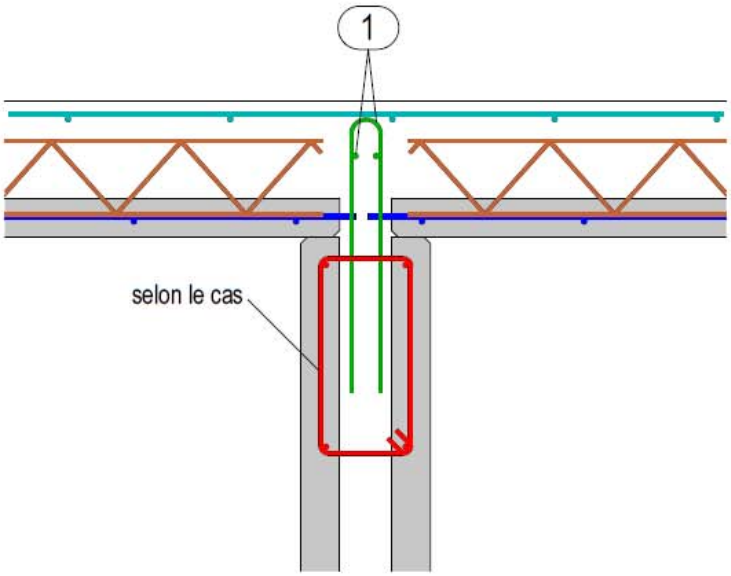
(2) Boîte d'attentes incorporée au prémur ou aciers scellés chimiquement.

Figure 17 : Liaisons horizontales encastrées

Détail 1 : Cas d'un appui de rive.



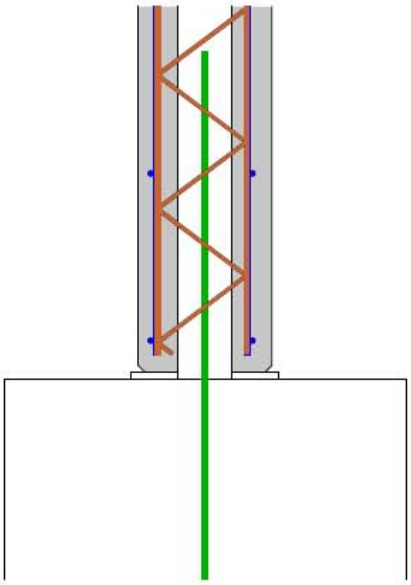
Détail 2 : Cas d'un appui intermédiaire.



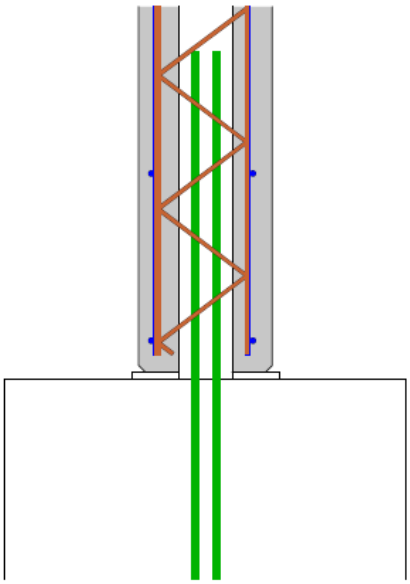
(1) Aciers à mettre en place sur chantier

Figure 18 : Liaisons en pieds articulées non couturées

Détail 1 : 1 lit d'armatures verticales.



Détail 2 : 2 lit d'armatures verticales.



Détails valables sur support coulé en place (fondation, dalle, ...).

Figure 19 : Liaisons en pieds articulée couturées

Détail 3 : Liaison couturée avec un plancher bas.

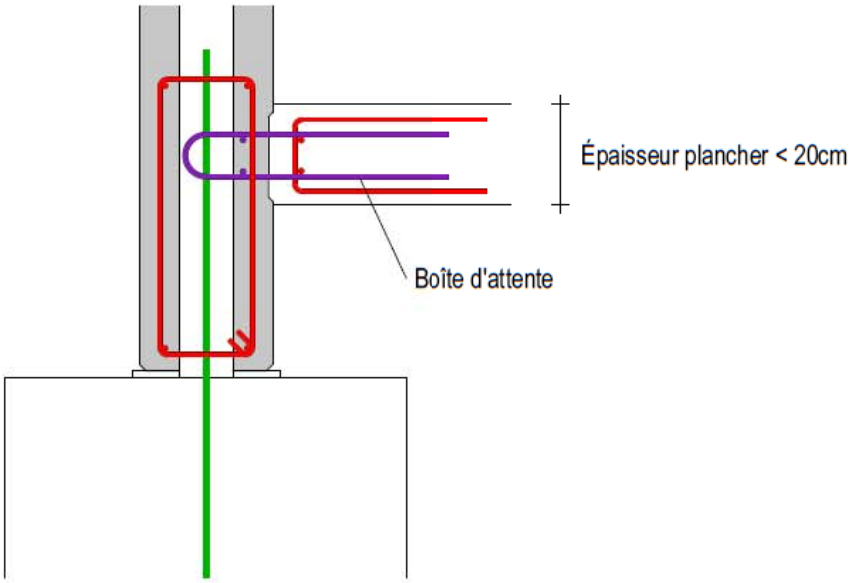
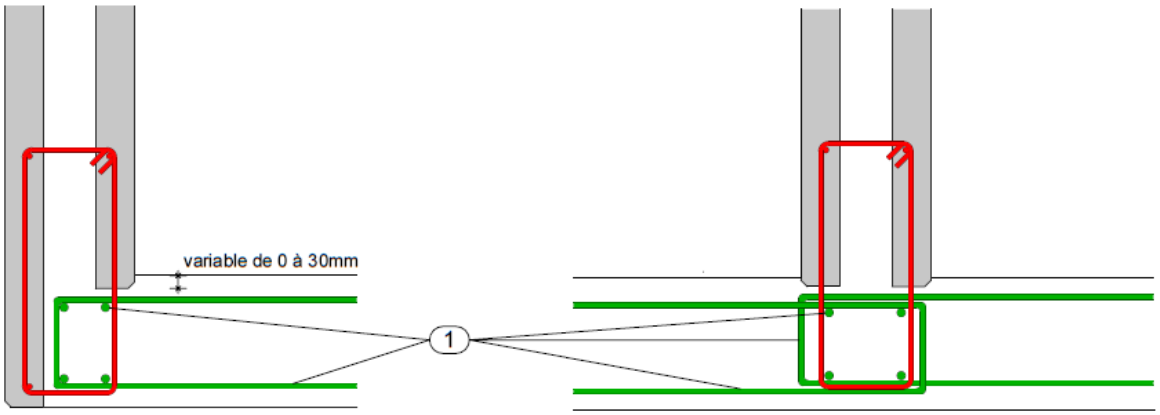


Figure 20 : Liaisons en pieds encastrées

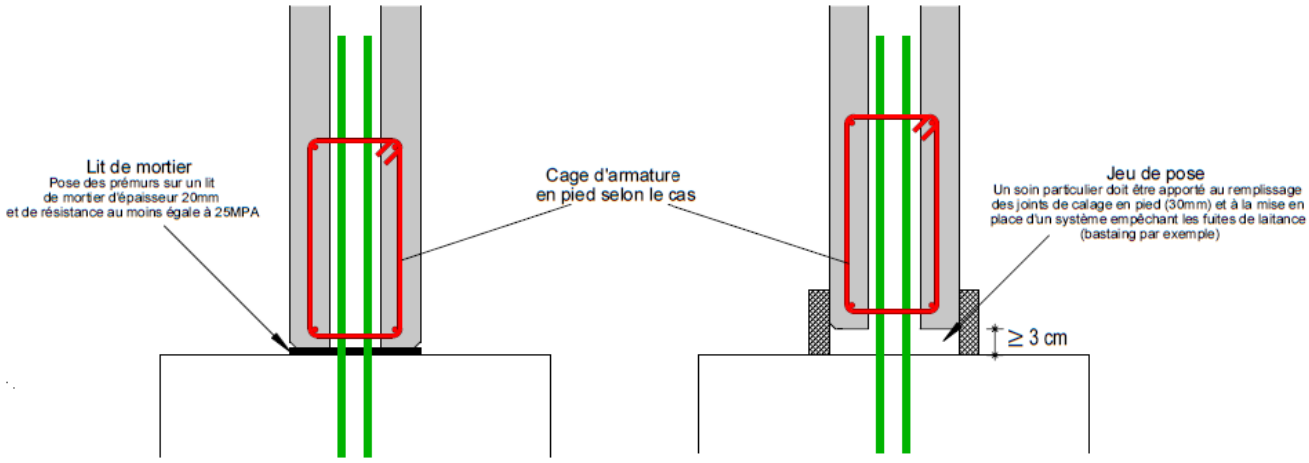
Détail 1 : MCI de rive ou semelle excentrée.

Détail 2 : MCI de refend ou semelle centrée.



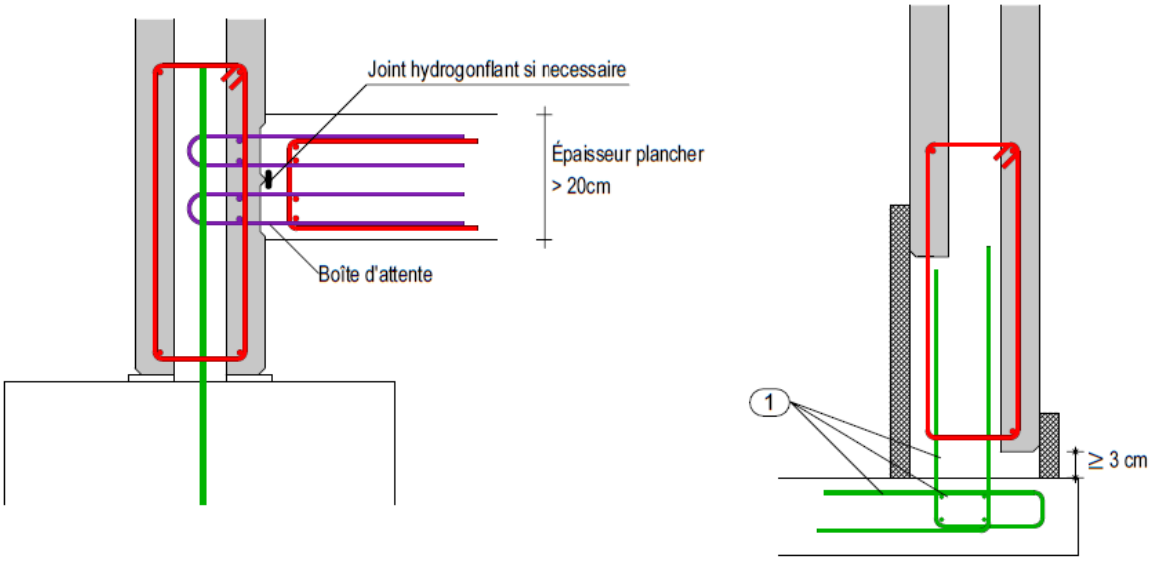
Détail 3 : Pose sur lit de mortier.

Détail 4 : Remplissage du joint de calage.



Détail 5 : Liaison encastrée avec un plancher bas.

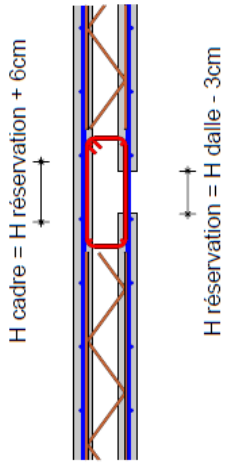
Détail 6 : Coffrage d'une face sur chantier.



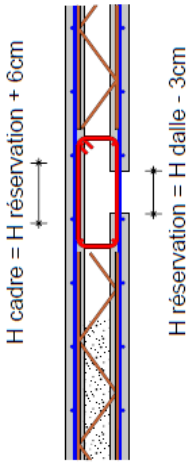
(1) Aciers à mettre en place sur chantier.

Figure 21 : Phasage de mise en place de prédalles suspendues (avec reservation)

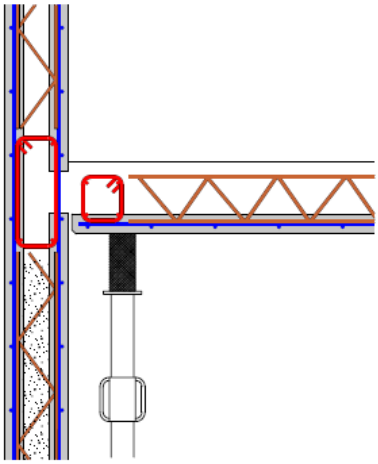
1. Pose du prémur.



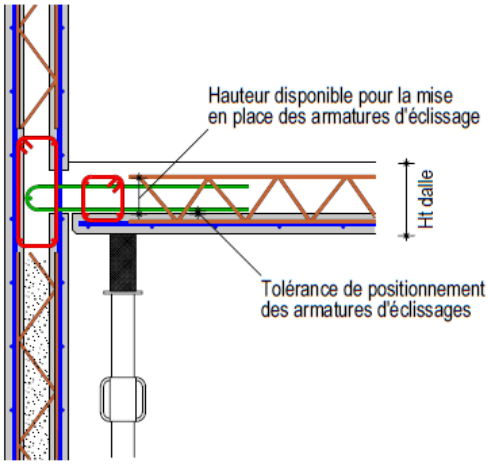
2. Bétonnage du prémur par passes.



3. Pose des prédalles + étaiements.



4. Mise en places des armatures d'éclissages.



5. Bétonnage de la dalle.

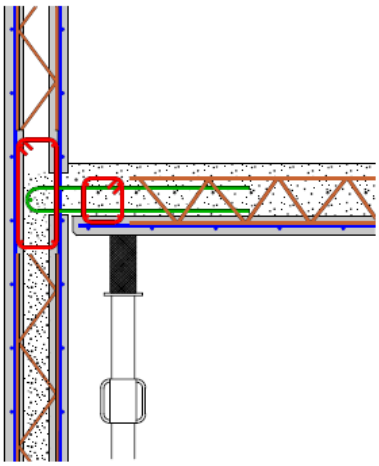
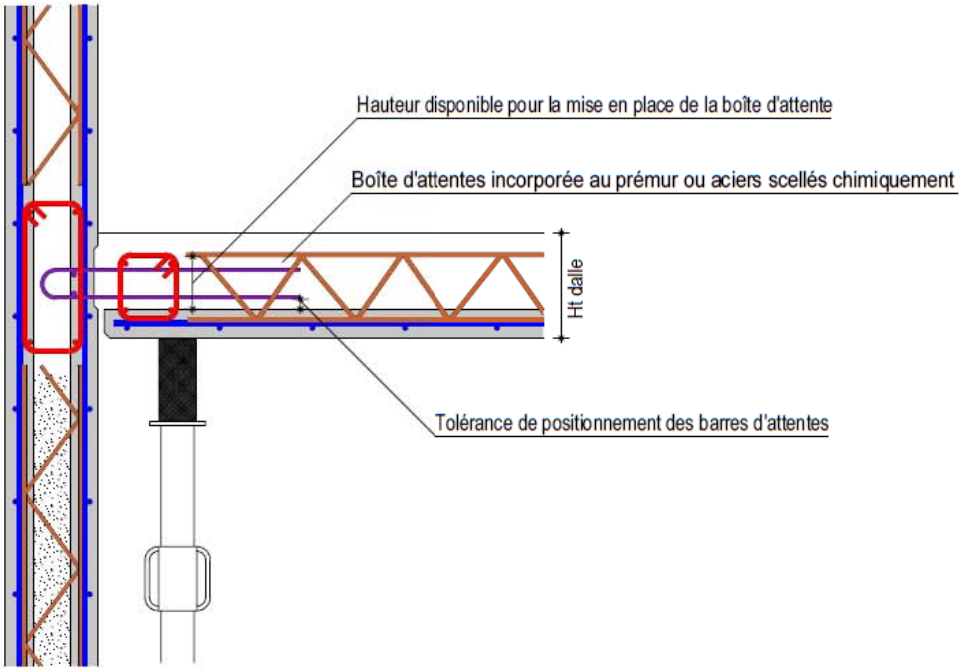


Figure 22 : Phasage de mise en place de prédalles suspendues (avec boîte d'attente)

Phase 1 : Pose du prémur.
Bétonnage du prémur par passes.
Pose des prédalles + étaiments.



Phase 2 : Bétonnage de la dalle.

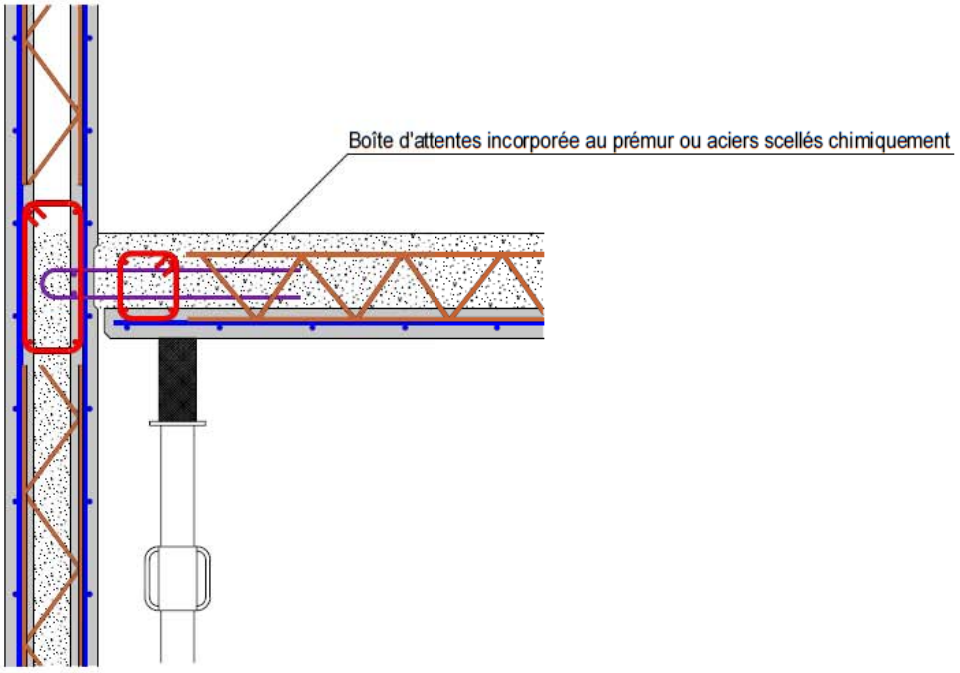
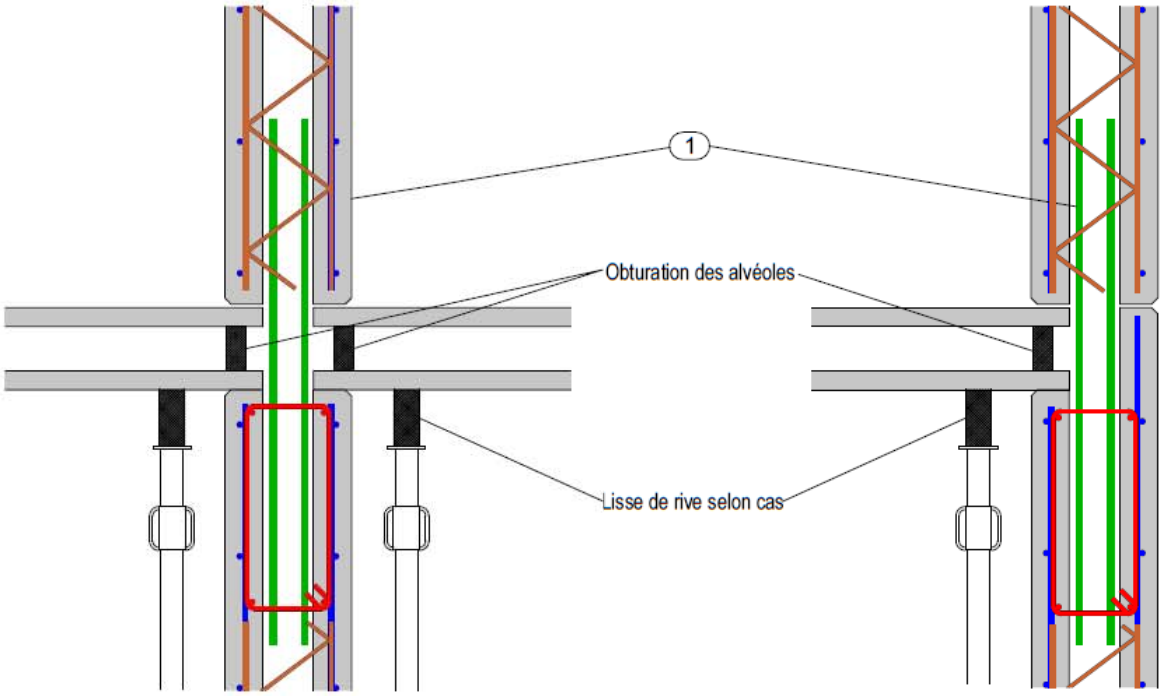


Figure 23 : Solution de mise en place de dalles alvéolaire avec repos d'appui

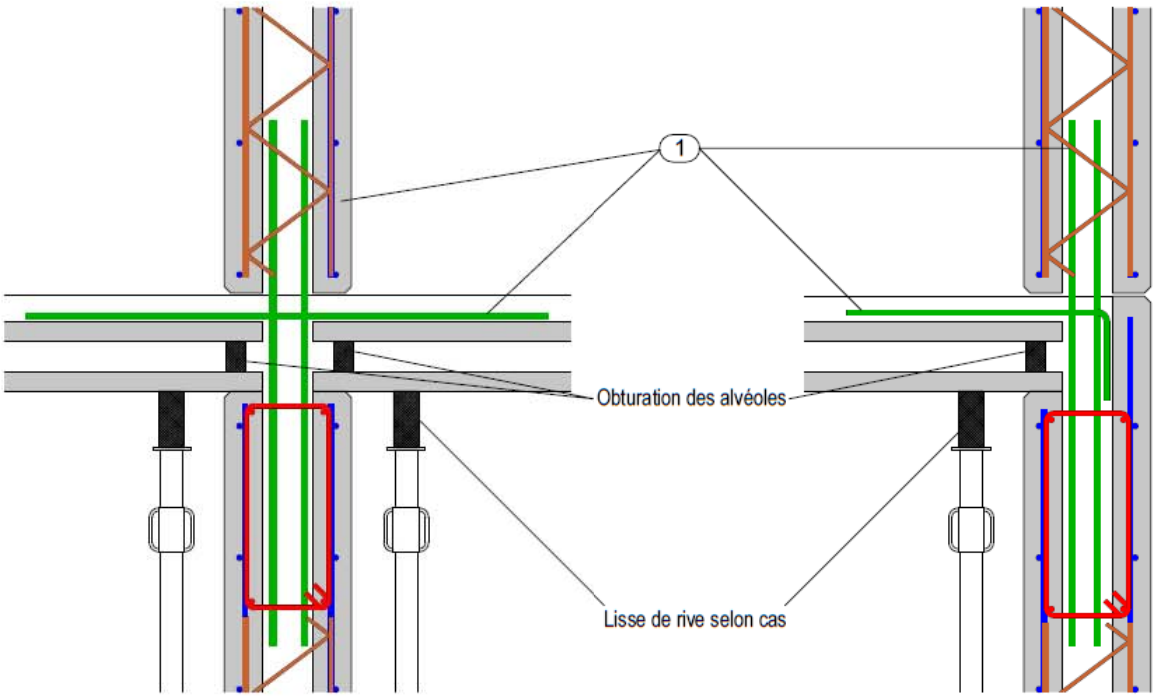
Détail 1 : cas d'un appui intermédiaire d'une DA sans table de compression avec ou sans niveau supérieur.

Détail 2 : cas d'un appui rive d'une DA sans table de compression avec ou sans niveau supérieur.



Détail 3 : cas d'un appui intermédiaire d'une DA avec table de compression avec ou sans niveau supérieur.

Détail 4 : cas d'un appui rive d'une DA avec table de compression avec ou sans niveau supérieur.



(1) Aciers à mettre en place sur chantier.

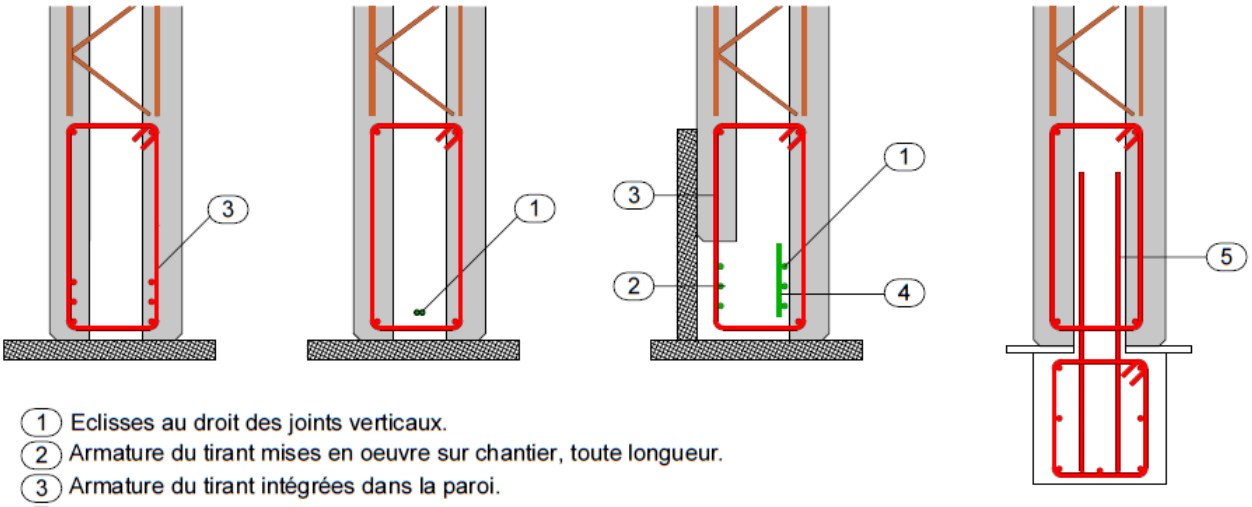
Figure 24 : Poutres voiles sans plancher inferieur suspendu

Détail 1 :
Tirant intégré au MCI dans les deux parois sans joint vertical.

Détail 2 :
Tirant intégré au MCI avec joint vertical et sans décalage de parois.

Détail 3 :
Tirant intégré au MCI avec joint vertical et décalage de parois.

Détail 4 :
Tirant réalisé sur chantier



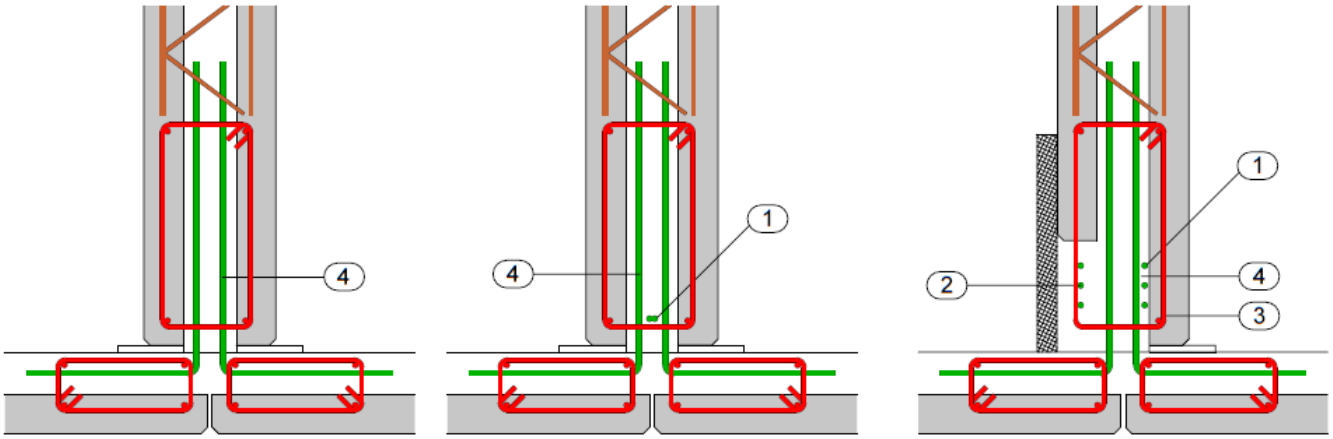
1 Eclisses au droit des joints verticaux.
2 Armature du tirant mises en oeuvre sur chantier, toute longueur.
3 Armature du tirant intégrées dans la paroi.
4 Acier de montage.
5 Armatures verticales en attente.

Figure 25 : Poutres voiles avec plancher inferieur suspendu

Détail 1 :
Tirant intégré dans le plancher inférieur.

Détail 2 :
Tirant intégré dans le plancher inférieur et le MCI avec ou sans joint vertical et sans décalage de parois.

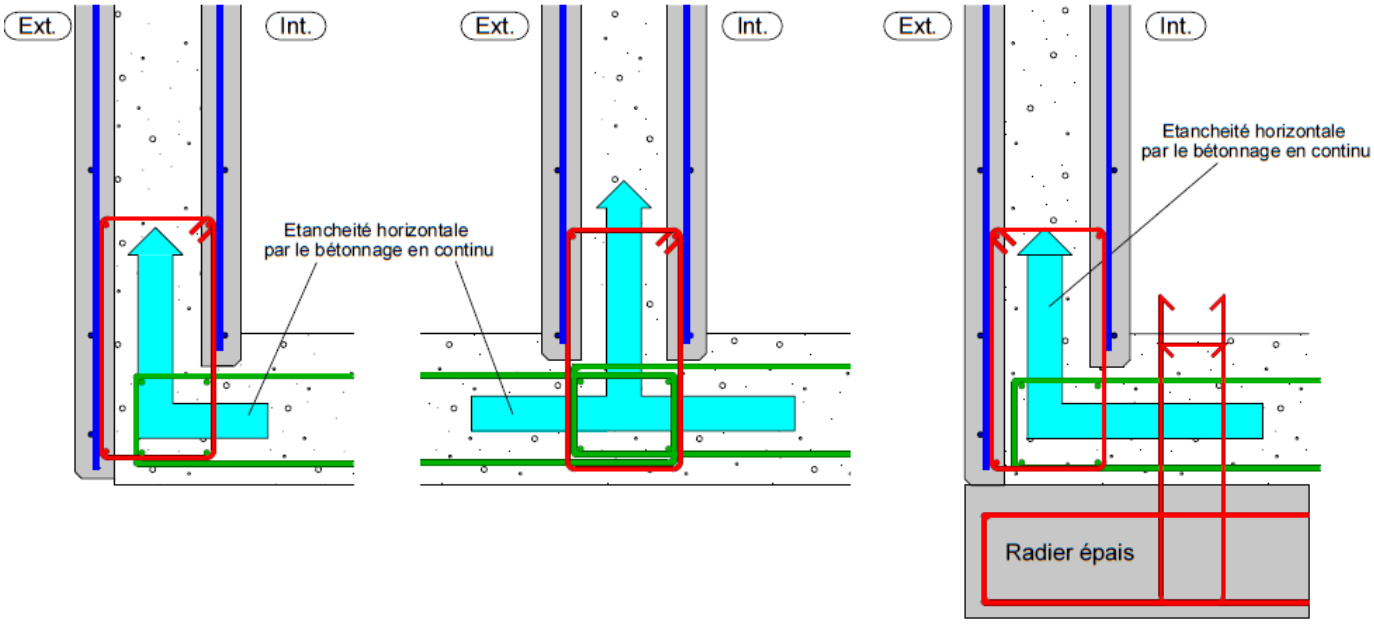
Détail 3 :
Tirant intégré dans le plancher inférieur et le MCI avec vertical et sans décalage de parois.



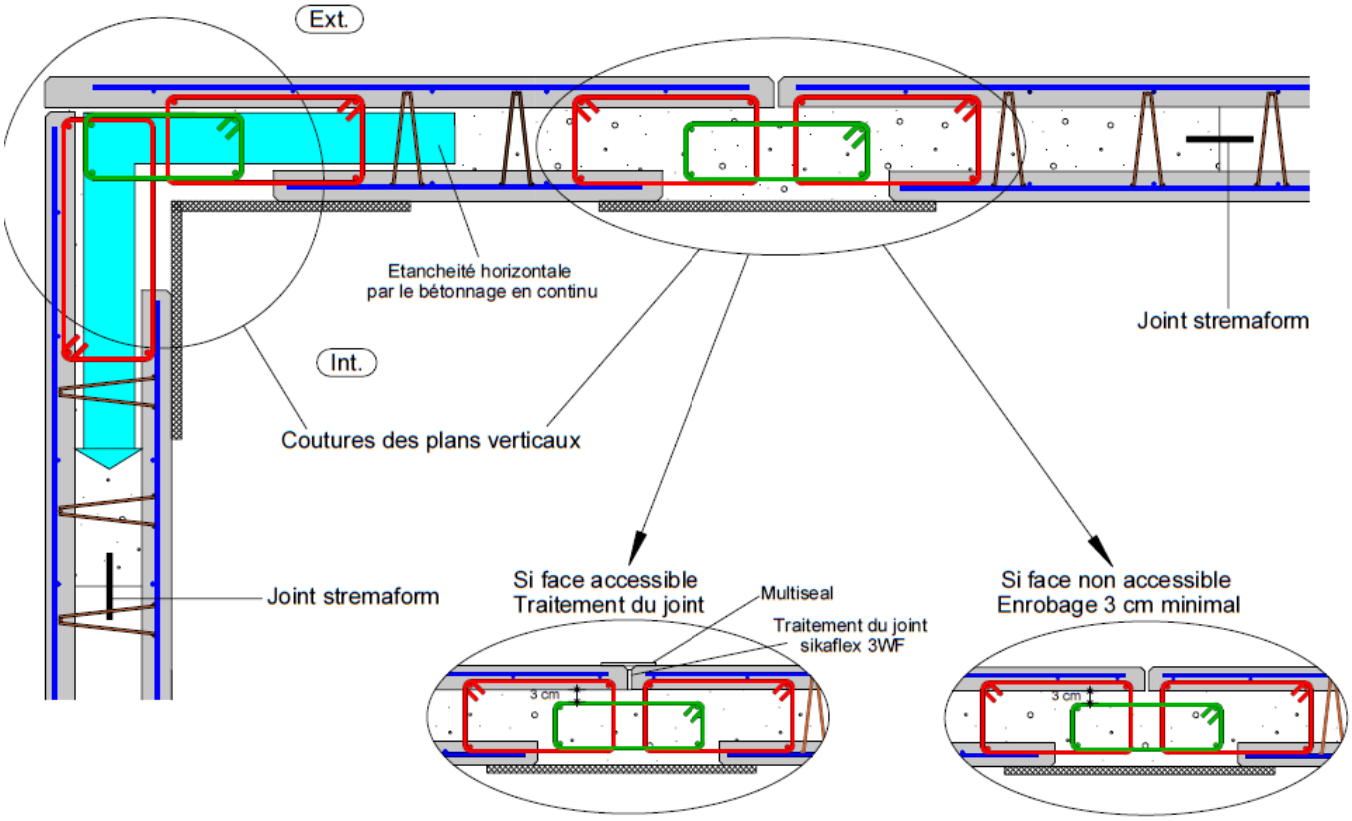
1 Eclisses au droit des joints verticaux.
2 Armature du tirant mises en oeuvre sur chantier, toute longueur.
3 Armature du tirant intégrées dans la paroi.
4 Armatures verticales en attente.

Figure 26 : Etancheité d'un mur d'épaisseur 25cm

TRAITEMENT DU PLAN HORIZONTAL



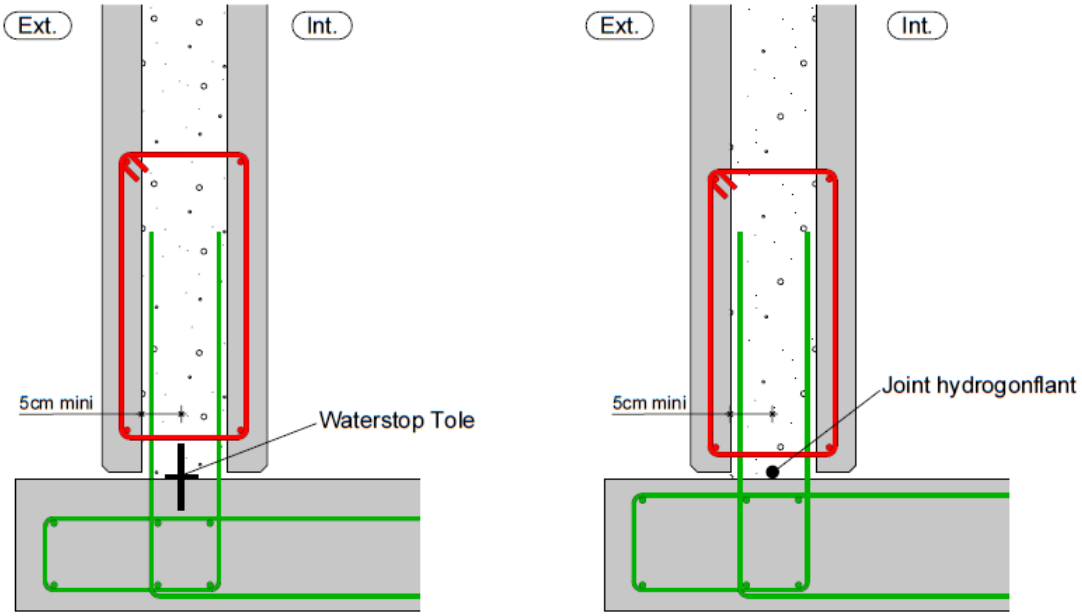
TRAITEMENT DU PLAN VERTICAL



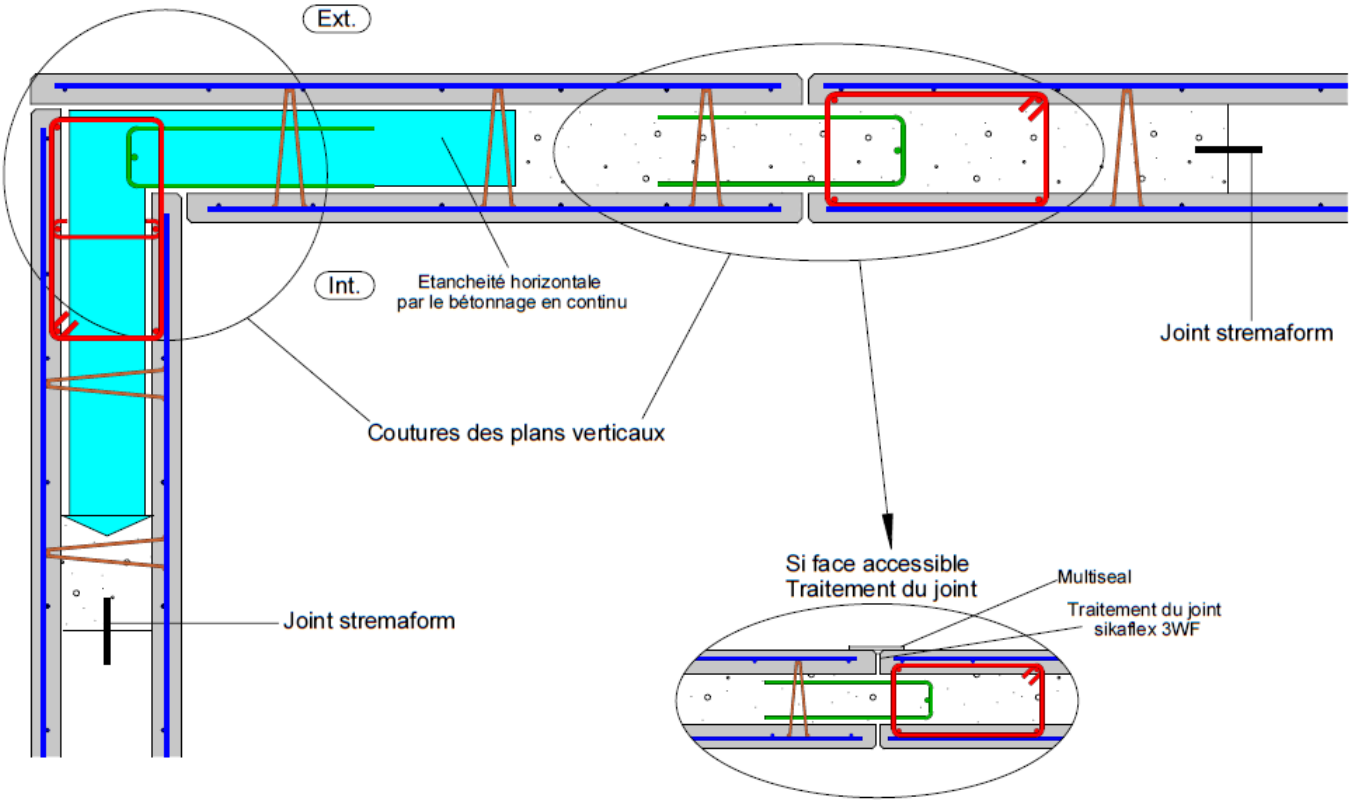
Enrobage des armatures pour la paroi en contact avec l'eau : 3cm.

Figure 27 : Etancheité d'un mur d'épaisseur ≥ 30cm

TRAITEMENT DU PLAN HORIZONTAL



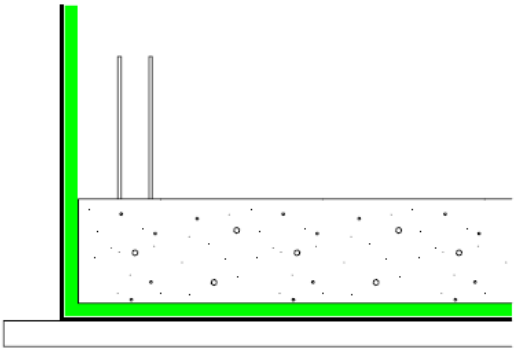
TRAITEMENT DU PLAN VERTICAL



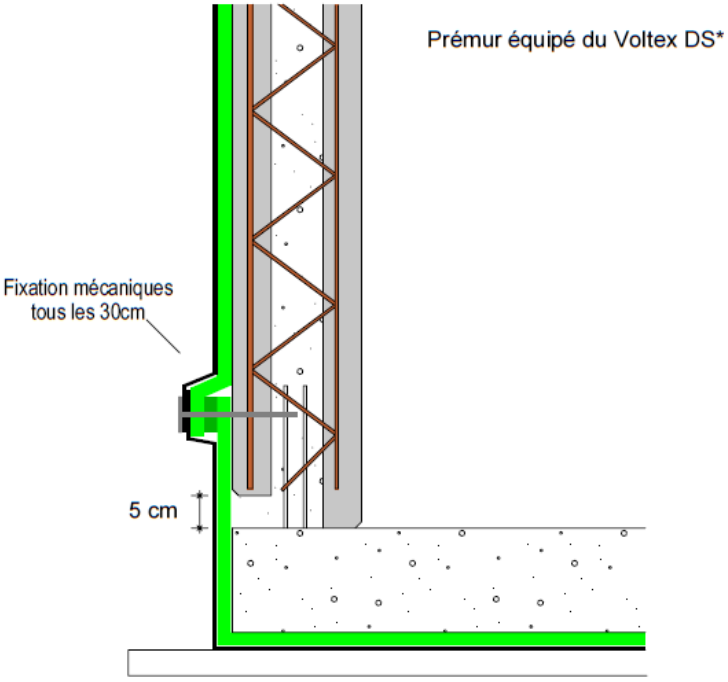
Enrobage des armatures pour la paroi en contact avec l'eau : 3cm.

Figure 28 : Phasage d'étancheité avec voltex* integré (avec accès) :

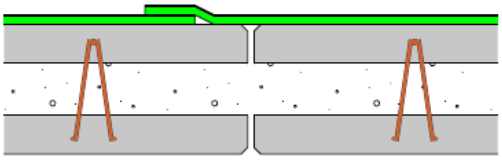
Phase 1 : Mise en place du Voltex DS* sous radier.



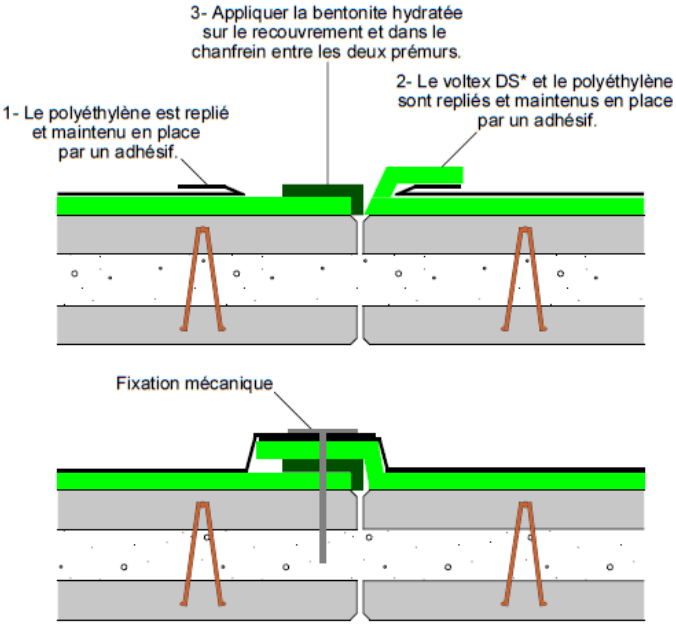
Phase 2 : Mise en place du Voltex DS*
Traitement du raccord radier / prémur.



Phase 3 : Traitement des recouvrements verticaux .
Mettre en place les prémurs et couler le béton.
Les recouvrements verticaux seront traités ultérieurement.

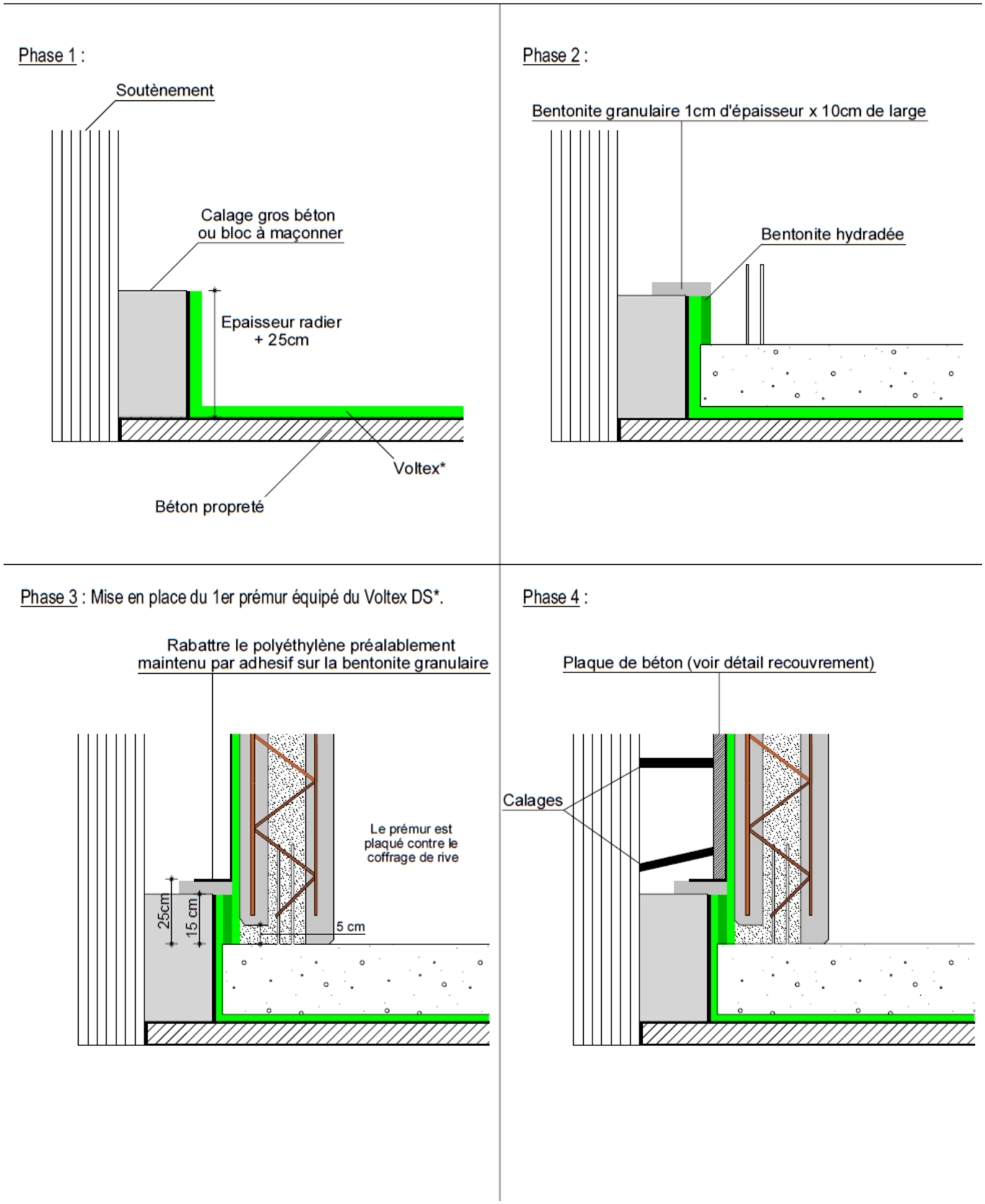


Phase 4 : Fermeture des recouvrements.



*Le procédé VOLTEX doit être utilisé selon l'avis technique en cours de validité dont il relève.

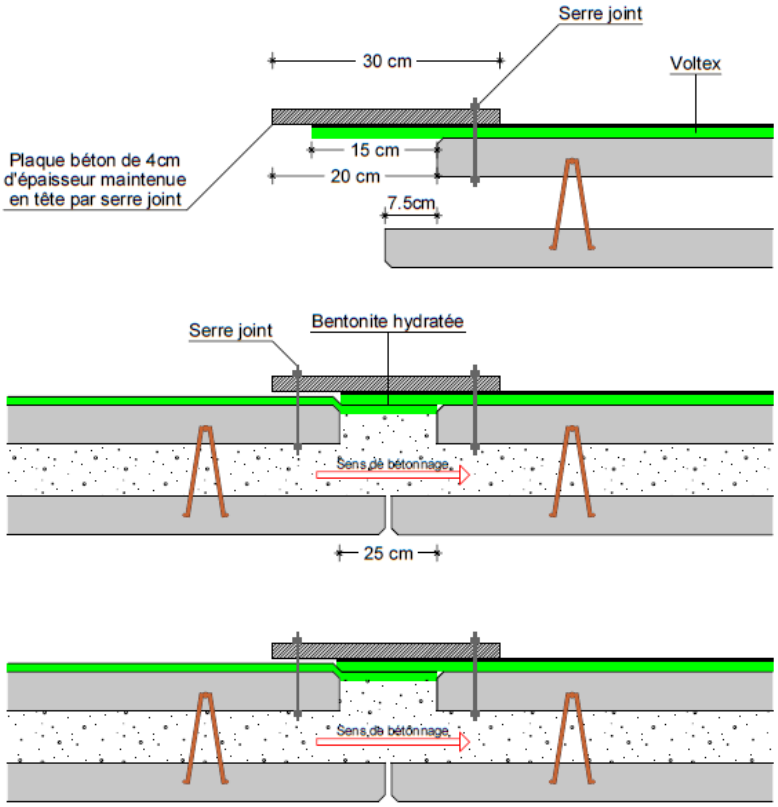
Figure 29 : Phasage d'étancheité avec voltex* integré (sans accès) (1/2)



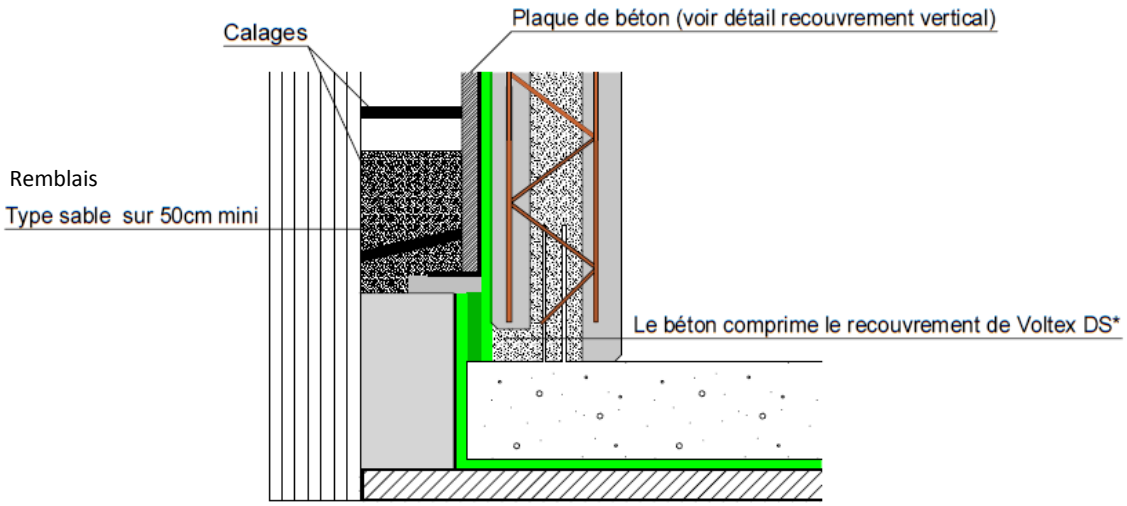
*Le procédé VOLTEX doit être utilisé selon l'avis technique en cours de validité dont il relève.

Figure 30 : Phasage d'étancheité avec voltex* integré (sans accès) (2/2)

Phase 4 : (suite)



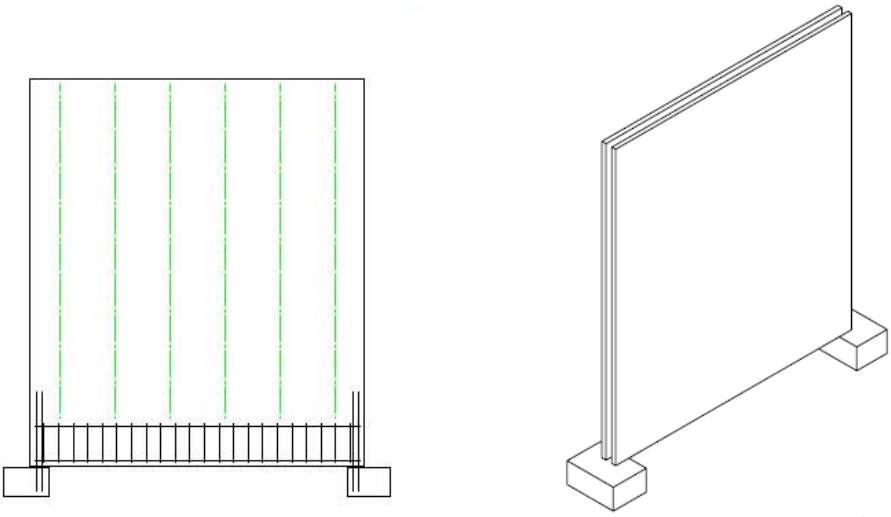
Phase 5 :



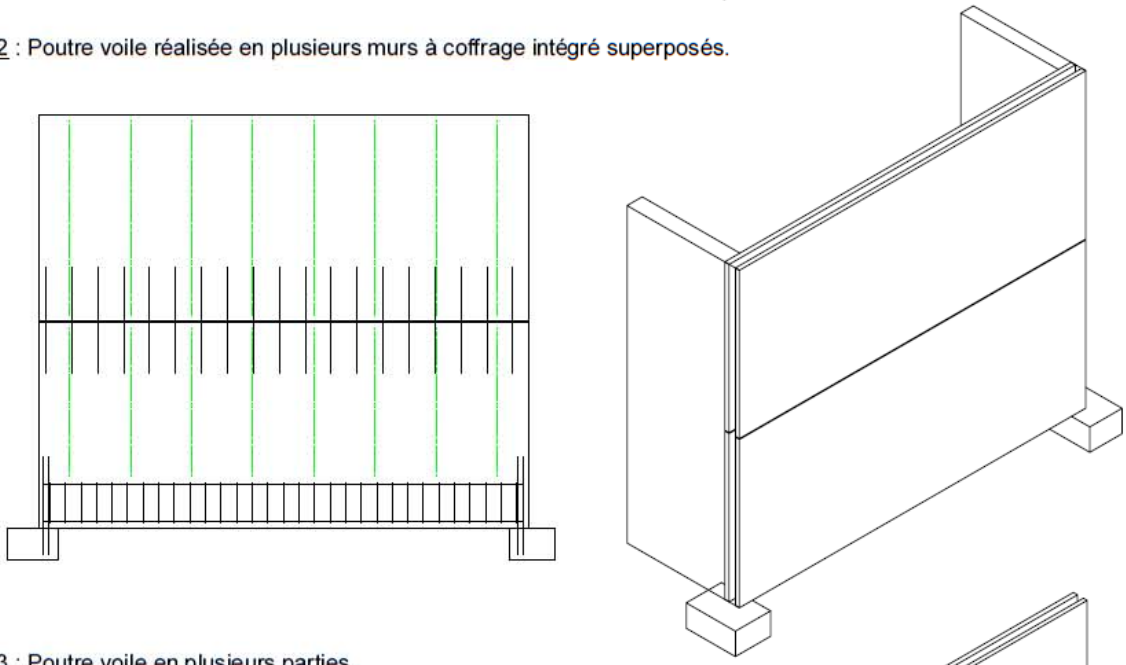
*Le procédé VOLTEX doit être utilisé selon l'avis technique en cours de validité dont il relève.

Figure 31 : Poutres voiles sans plancher inferieur suspendu

Cas 1 : Poutre voile réalisée en un seul tenant avec intégration complète du tirant dans le mur à coffrage intégré.



Cas 2 : Poutre voile réalisée en plusieurs murs à coffrage intégré superposés.



Cas 3 : Poutre voile en plusieurs parties.

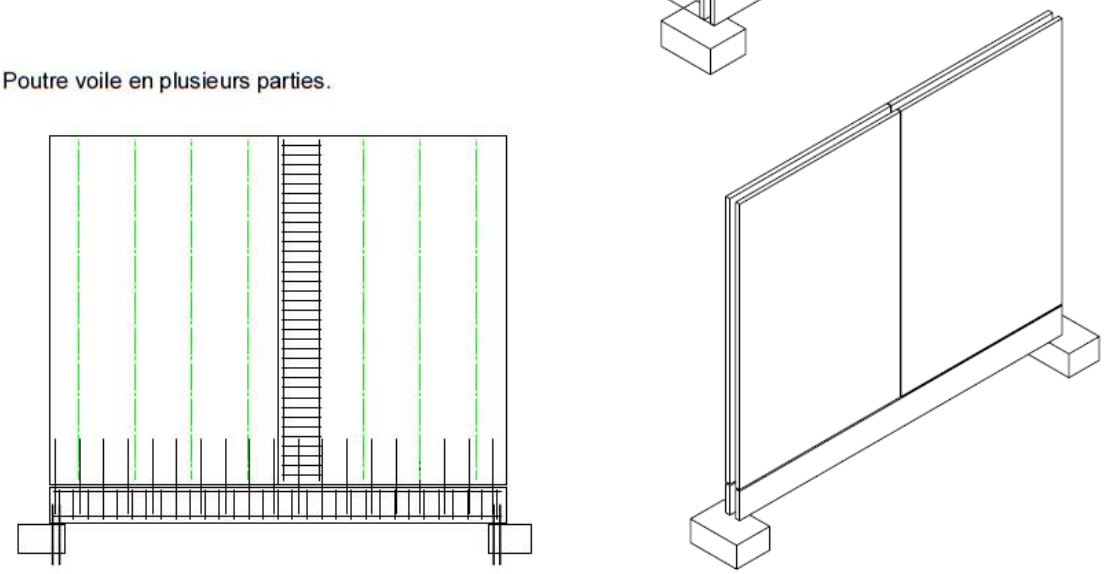
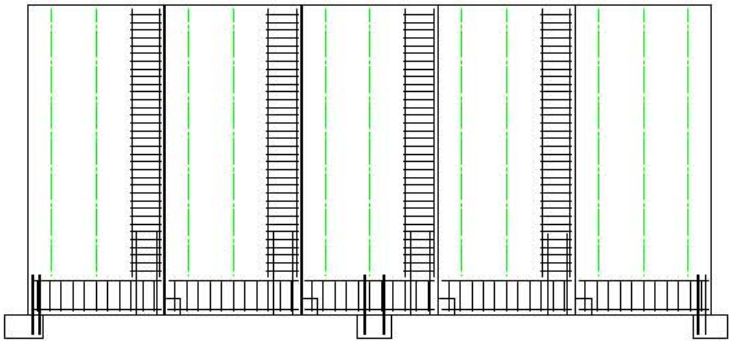


Figure 32 : Poutres voiles sans plancher inferieur suspendu

Cas 4 : Poutre voile réalisée entièrement en murs à coffrage intégré avec continuité sur une ou plusieurs travées.



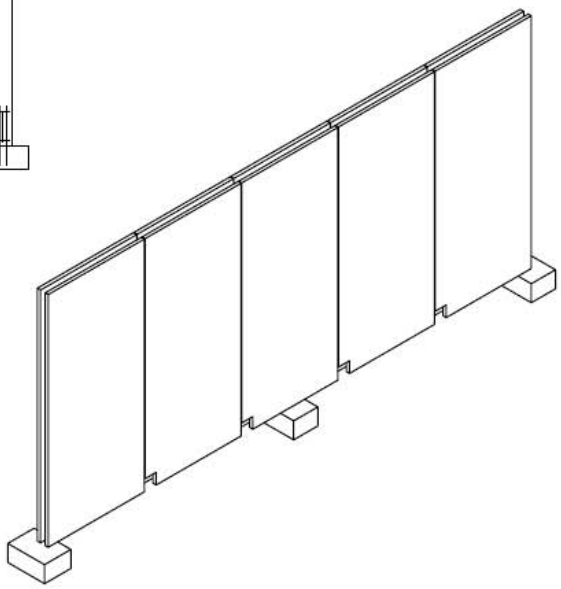
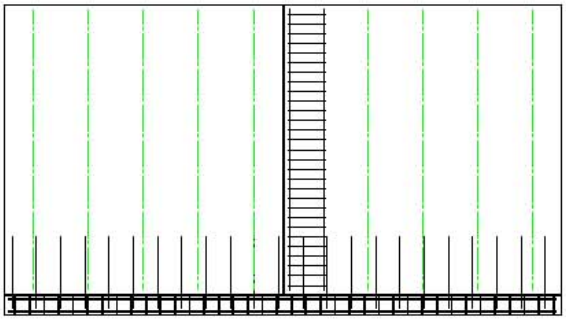


Figure 33 : Poutres voiles avec plancher inferieur suspendu

Cas 5 : Poutre voile reprenant la dalle inférieure.



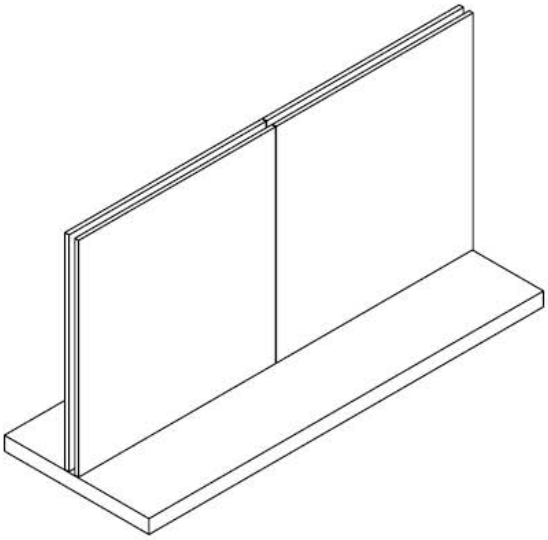
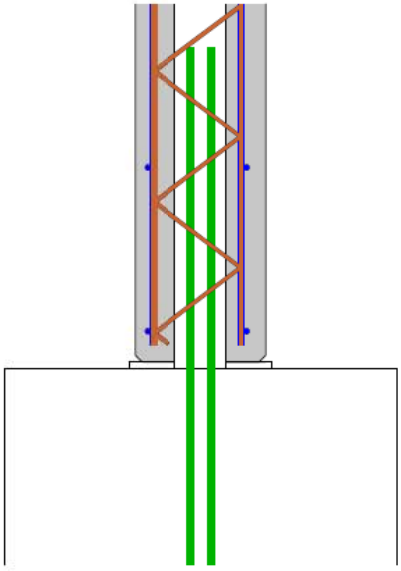


Figure 34 : Eclissage

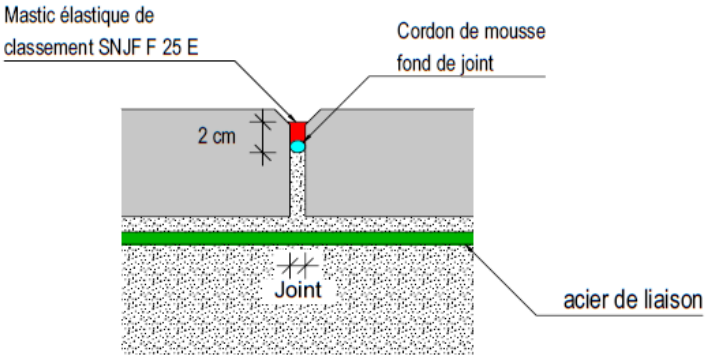
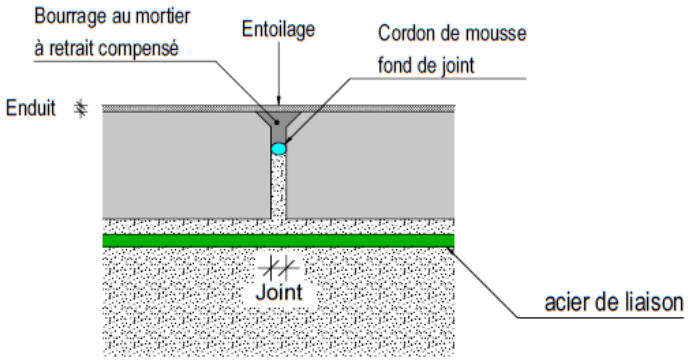
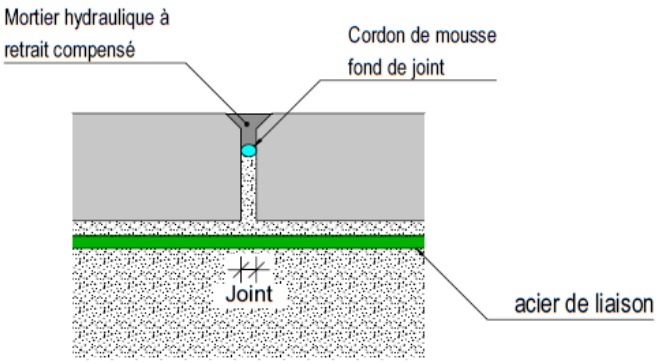
Epaisseur structurelle (cm)	Ep. Paroi (cm)			
18	5/5.5	Ø 14	2 Ø 8	Impossible
20		Ø 25	2 Ø 14	2 Ø 10
22		Ø 32	2 Ø 20	2 Ø 14
25		Ø 32	2 Ø 32	2 Ø 25
30 et plus	6/6	Ø 32	2 Ø 32	2 Ø 32

Epaisseur structurelle (cm)	Ep. Paroi (cm)			
18	5/5.5	Ø 12	2 Ø 8	Impossible
20		Ø 25	2 Ø 14	2 Ø 12
22		Ø 32	2 Ø 20	2 Ø 16
25		Ø 32	2 Ø 32	2 Ø 25
30 et plus	6/6	Ø 32	2 Ø 32	2 Ø 32



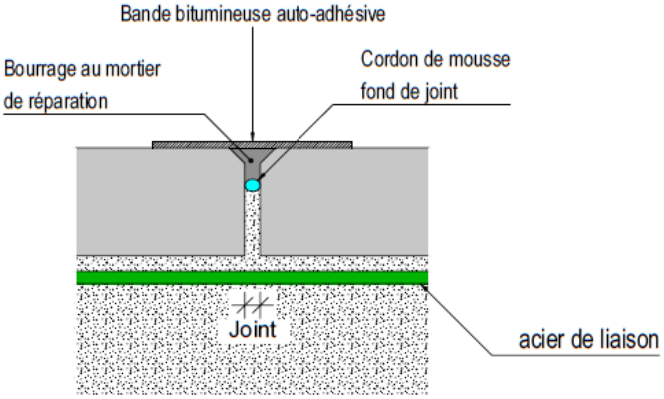
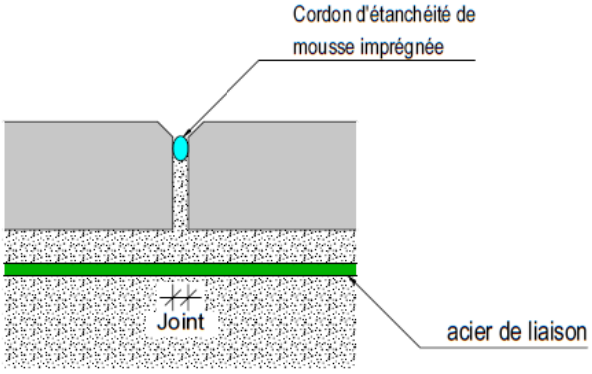
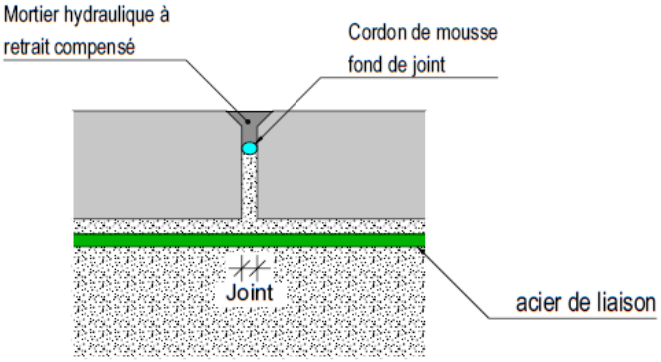
Traitement des joints

1/3

MUR COURANT EN SUPERSTRUCTURE	FACE EXTERIEURE	Murs de façade avec peinture, lasure, brut, ou joints marqués	a_{e2}min
			15 mm
		Murs de façade avec enduit	
			15 mm
	FACE INTERIEURE	Face intérieure	
			15 mm

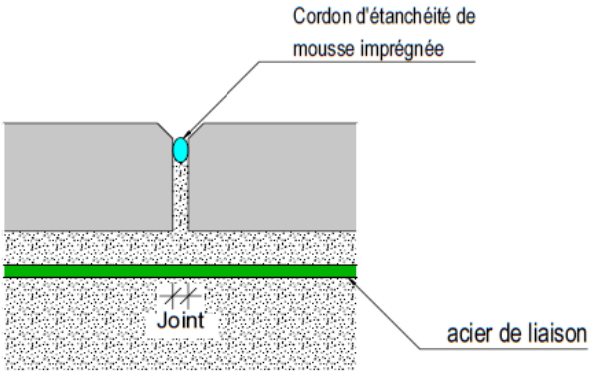
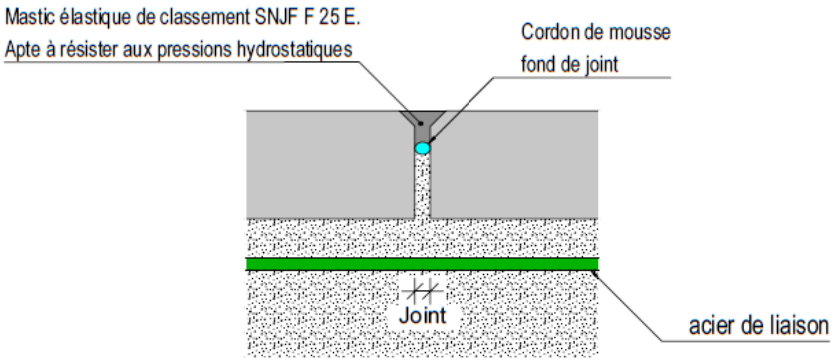
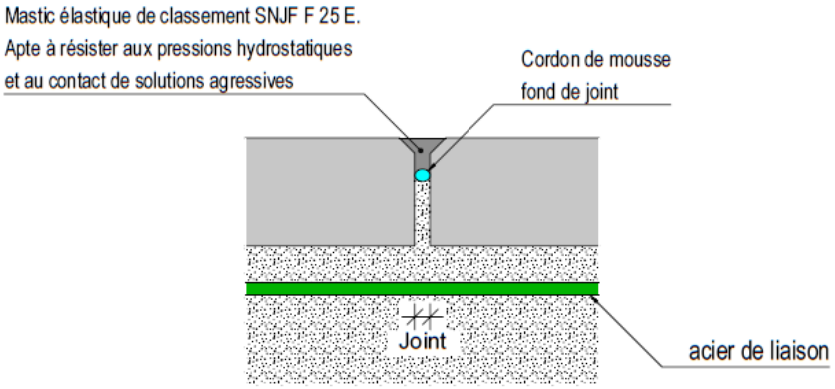
Traitement des joints

2/3

MUR COURANT EN INFRASTRUCTURE	FACE EXTERIEURE CONTRE TERRE	Paroi accessible	a_{e2}min
			15 mm
		Paroi non-accessible (locaux non nobles)	
			30 mm
	FACE INTERIEURE	Face intérieure	
			15 mm

Traitement des joints

3/3

MUR SOUMIS A UNE PRESSION HYDROSTATIQUE			
	FACE EXTERIEURE	Face en contact avec la terre	a_{e2} min
			30 mm
	FACE INTERIEURE (Réservoir)	Eau en pression	
			30 mm
		Paroi en contact avec milieu agressif	
			30 mm

Les figures ci-après permettent la détermination de la vitesse de bétonnage maximale admissible en fonction des différents paramètres afférents à la mise en œuvre tels que la température, l'entraxe des treillis raidisseurs, l'enrobage intérieur des treillis, etc…

Figure 35 : ***Vitesse de bétonnage pour les bétons BPS-MCI en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage de l'armature longitudinale du raidisseur de 15 mm).***

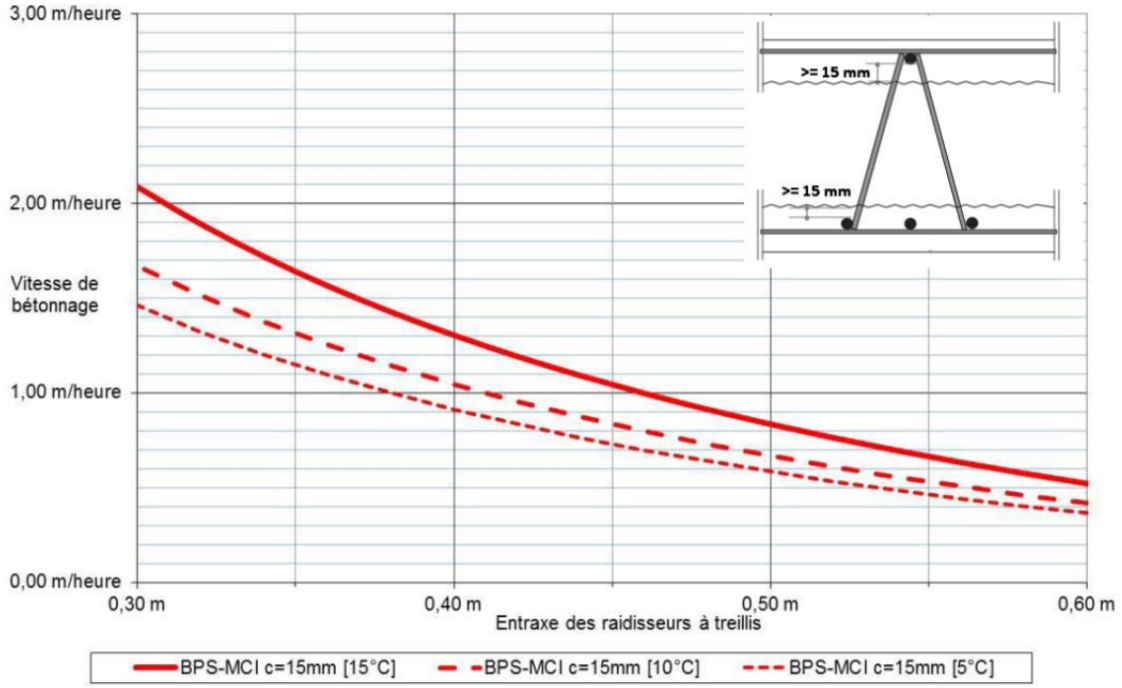
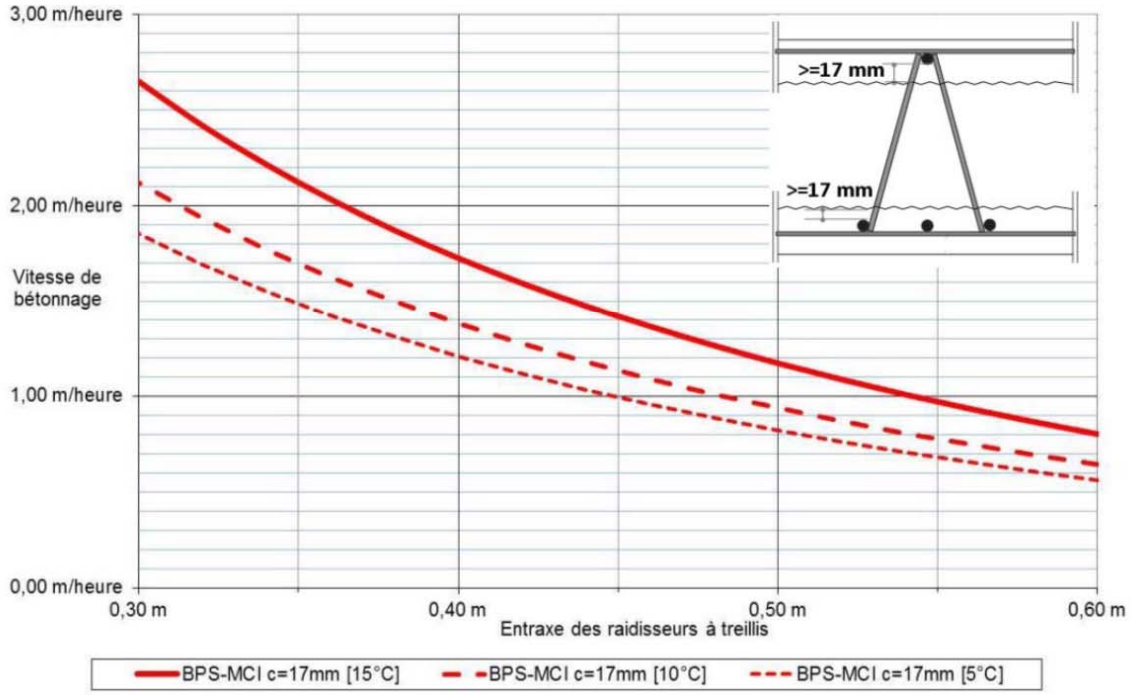



Figure 36 : ***Vitesse de bétonnage pour les bétons BPS-MCI en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage de l'armature longitudinale du raidisseur de 17 mm).***