

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/16-897_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/16-897

*Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall*

PREMUR PREFAXIS

Relevant des normes

NF EN 14992

NF EN 15258

Titulaire : Marc Goemaere Professional (M.G.P) S.A.

Co-Titulaire : PREFAXIS
Kasteelstraat 9
B-8980 Zonnebeke
Belgique

Tél. : 00 32 57 46 83 51
e-mail : info@gabecon.be

Groupe Spécialisé n° 3.2

Murs et accessoires de mur

Publié le 18 septembre 2018



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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

Le Groupe Spécialisé n° 3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné le 10 juillet 2018 le procédé de mur à coffrage intégré « PREMUR PREFAXIS » exploité par la société MARC GOEMAERE PROFESSIONAL. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après annule et remplace l'Avis 3/16-897. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1. Définition

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 encastres.

Des aciers de liaison sont insérés en œuvre dans le béton coulé sur 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 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.

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

Les éléments de mur préfabriqués ont les dimensions suivantes :

- Epaisseur nominale du mur : de 18 cm à 45 cm
- Epaisseurs nominales des parois : comprises entre 50 mm et 70 mm pour les cas courants et jusqu'à 90 mm pour les cas particuliers matricés ou enrobages spécifiques
- Dimensions maximales en plan 10,30 m x 3,40 m

Revêtements

- extérieur : parement de la paroi extérieure en béton brut ou complété par un revêtement mince type peinture 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 « PREMUR PREFAXIS » fait l'objet d'une déclaration des performances (DoP) établie par PREFAXIS 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 A.1 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 établi par le Demandeur (DTeD) joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§2.3).

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- les accessoires de levage non incorporés aux MCI « PREMUR PREFAXIS » (élingues, chaînes, sangles, câbles, ...).
- les appareils de levage (grue mobile ou fixe, ...).
- les équipements de protection collective ou individuelle pour la sécurité des personnes (garde-corps, crochet, ...).

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.

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 DTeD et complétées par les Prescriptions Techniques ci-après (§2.3).

L'aptitude au levage du procédé est uniquement visée avec l'utilisation des boucles de levage de type 2 (16 mm) ou avec les ancrages KE III et KE IV de la société H-BAU. Les conditions d'utilisation des valeurs de CMU de ces boucles de levage sont précisées dans l'Annexe « CMU des boucles de levage » de la partie Avis.

Les murs d'épaisseur totale nominale inférieure à 18 cm et les murs d'épaisseur totale nominale supérieure à 45 cm ne sont pas visés dans le présent Avis. Les éléments avec des parois d'épaisseurs nominales inférieures à 50 mm ne sont pas visés dans le présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude au levage

Deux systèmes de levage distincts sont visés dans le présent Avis. En aucun cas ces systèmes de levage distincts ne pourront être mis en œuvre ensemble au sein d'une même production.

Lorsque le système de levage comprenant les boucles de levage de type 2 est mis en œuvre, seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 25 cm et 45 cm et ayant des parois d'épaisseurs nominales minimales de 55 mm sont visés par l'Avis quant à leur aptitude au levage, dans les conditions décrites dans le DTeD.

Lorsque le système de levage comprenant les « Ancres KE III et KE IV » est mis en œuvre, seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 18 cm et 40 cm sont visés par l'Avis, dans les conditions décrites dans l'Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la Société H-Bau.

Le système de levage prévu doit être clairement identifié dans la notice de pose.

2.2.2 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 (§2.3), 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 « PREMUR PREFAXIS » peuvent être justifiées par application des règles de calcul de la norme NF EN 1992-1-2 avec son annexe nationale 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 MCI dont la largeur reste inférieure ou égale à 20mm 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 NF EN 1990/NA.

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 l'extérieur. La vérification est à effectuer selon les « Règles Th-U », 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 de la série NF EN 12354 (-1 à 6).

Étanchéité des murs extérieurs

Moyennant le choix de l'organisation appropriée, par application des critères définis dans le DTeD, 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 façades 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 de MCI « PREFAXIS » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015.

Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé de MCI « PREFAXIS » doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 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.

2.23 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 à 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.

2.24 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 coulé 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.

2.25 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 n° 23.1, entre autres :

- présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- épaisseur du noyau rempli de béton coulé en œuvre sur chantier 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 aux procédés de murs à coffrage intégrés (Cahier du CSTB 3690_V2) et aux prescriptions particulières complémentaires suivantes.

2.31 Conditions de conception

PREFAXIS prête l'assistance technique nécessaire en mettant notamment à disposition des acteurs de la construction une liste de bureau d'études techniques disposant de l'expertise requise pour le dimensionnement des murs à coffrage intégré PREFAXIS en respect des prescriptions techniques du présent Avis.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Le choix du système de levage incorporé aux murs à coffrage intégré doit être fait en fonction des épaisseurs des peaux et du noyau, du poids des éléments et des méthodes de pose utilisées sur chantier.
- Dans les noyaux de faible dimension, le respect des rayons de courbure et des enrobages ne permet pas de réaliser les liaisons verticales couturées avec des chainages telles que représentées dans les figures du dossier technique.
- Le BET Structure détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armature. Le calepinage est effectué par le titulaire. Le BET du titulaire réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme,...) conformément aux prescriptions du CPT 3690_V2.

2.32 Contrôle et certification

Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques certifiées suivantes :

- la résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton des parois préfabriquées, $f_{c,p}$
- l'épaisseur des parois, b_1 et b_2
- les enrobages des armatures et des raidisseurs, en considérant une tolérance sur l'enrobage des armatures et des raidisseurs définie par le fabricant de +3 mm / -1 mm.

- conditions de mise en œuvre à la fabrication (enrobage intérieur effectif de l'insert, longueur d'ancrage de l'insert, ferrailage spécifique de renfort autour des inserts, nombre d'inserts) ;
- identification visuelle des inserts de levage.

Lorsque le système de levage comprenant les « Ancres KE III et KE IV » est mis en œuvre :

- en plus des contrôles mis en place et décrits dans le présent Avis Technique, toute disposition utile concernant l'usage des boucles de levage afin de garantir la conformité de leur utilisation selon l'Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la Société H-Bau.

2.33 Conditions de mise en œuvre

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

- Les plans de coffrage et de ferrailage
- les plans de calepinage et de préconisation de pose ;
- la notice de pose.
- Les plans de pose et la notice de pose doivent comprendre à minima :
 - l'angle limite de levage ;
 - le nombre de points de levage ;
 - l'utilisation d'un système équilibrant si les MCI sont pourvus de plus de 2 inserts de levage ;
 - les charges des équipements de sécurité prévues pour le domaine d'utilisation considéré (type de MCI, poids limite d'utilisation) ;
 - les inserts de levage devront être clairement identifiables lors de contrôles visuels (peinture, etc...).

Ces données devront respecter les valeurs de CMU données dans les tableaux 1 et 2 en annexe du présent Avis.

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 telle que décrite dans le DTed par un organisme extérieur. Cette certification porte sur le contrôle de la hauteur et de la résistance des soudures des raidisseurs.

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

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 (Cahier du CSTB 3690_V2) et non pas comme des dispositions complémentaires, non visées dans le CPT.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°3.2*

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 mai 2019

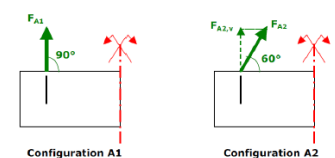
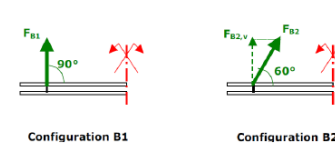
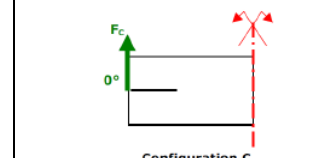
*Pour le Groupe Spécialisé n°3.2
Le Président*

ANNEXE – CMU des BOUCLES de LEVAGE

La présente annexe fait partie de l’Avis Technique : le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité du présent Avis.

Sur la base des essais de qualification fournis, les valeurs de la Charge Maximale d’Utilisation (CMU) par boucle sont données dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs correspondent à des charges équivalentes pour un levage droit. Elles peuvent être considérées pour un levage avec accrochage direct du crochet d’élingue sur la boucle

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

| Vérification de la résistance des boucles au levage | | | |
|---|---|--|--|
| Situation de levage | Levage en position verticale ⁽¹⁾ | Levage à plat | Retournement |
| Vérification | $CMU_1 \geq \frac{(p \cdot A + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{n_b}$ | $CMU_2 \geq \frac{(p \cdot A + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{n_b}$ | $CMU_3 \geq \frac{1}{2} \frac{(p \cdot A + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{n_b}$ |
| Schémas cas de levage |  Configuration A1 Configuration A2 |  Configuration B1 Configuration B2 |  Configuration C |

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

p = poids surfacique du mur de coffrage intégré [kN/m²]

A= surface du mur de coffrage intégré [m²]

Q= poids des équipements de sécurité éventuels [kN]

n_b = nombre de points de levage effectifs : 2 dans le cas courant, 4 dans le cas de levage avec 4 boucles et système équilibrant.

γ_{ed} = coefficient d’effet dynamique dû au levage =1.15

γ_{pp} = coefficient d’incertitude sur poids propre =1.05

1 - Cas du système de levage comprenant les boucles de type 2

| Réf. boucle de levage | Diamètre nominal de la boucle φ _i [mm] | Largeur nominale du MCI b [cm] | Epaisseurs nominales des voiles b _{p1} et b _{p2} [mm] | Enrobages effectifs des boucles de levage C _{1 bc,int} , C _{2 bc,int} [mm] | Levage en position verticale CMU ₁ [kN] | Levage à plat du MCI CMU ₂ [kN] | Retournement du MCI CMU ₃ [kN] |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--|---|---|---|--|
| Type 2 | φ ₂ =16 | b > 25 et b ≤ 45 | b _{pi} ≥ 55 | C _{i bc,int} ≥ 15 | 22,30 | 2,33 | 7,01 |

2 - Cas du système de levage comprenant les « Ancres KE III et KE IV » sous Avis Technique exploité par la société H-BAU

| Réf. boucle de levage | Diamètre nominal de la boucle φ ₁ [mm] | Largeur nominale du MCI b [cm] | Epaisseurs nominales des voiles b _{p1} et b _{p2} [mm] | Enrobages effectifs des boucles de levage C _{1 bc,int} , C _{2 bc,int} , C _{1 bc,ext} , C _{2 bc,ext} [mm] | Levage en position verticale CMU ₁ [kN] | Levage à plat du MCI CMU ₂ [kN] | Retournement du MCI CMU ₃ [kN] |
|-----------------------|--|-----------------------------------|--|--|---|---|--|
| KE III | φ ₁ =13 | b ≥ 18 et b ≤ 40 | b _{pi, min} ≥ 50 | C _{i bc,int} ≥ 10 C _{i bc,ext} ≥ 15 | 21,80 | 4,25 | 13,30 |
| KE IV | φ ₁ =15,5 | b ≥ 20 et b ≤ 40 | b _{pi, min} ≥ 65 | C _{i bc,int} ≥ 15 C _{i bc,ext} ≥ 20 | 45,30 | Non visé | 20,70 |

Où :

- φ₁ correspond au diamètre de l’acier façonné de l’ancrage de transport KE avec les tolérances données dans l’Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la Société H-BAU
- C_{1 bc,int}, C_{1 bc,ext}, C_{2 bc,int} et C_{2 bc,ext} correspondent aux **enrobages effectifs des Ancres KE**, respectivement côtés face intérieure, et face extérieure du premier et du second voile préfabriqués (tels que définis dans l’Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la société H-BAU).

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description du procédé

1.1 Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré (MCI), « PREMUR PREFAXIS » est constitué de deux voiles en béton armé préfabriqués reliés ensemble et espacés au moyen de raidisseurs métalliques de forme triangulaire ou éventuellement carrée. Sur chantier, l'espace vide compris entre les deux voiles coffrant est rempli de béton pour constituer un panneau plein. Les voiles préfabriqués sont communément appelés « peaux » ou « peaux coffrantes ». L'espace entre les voiles préfabriqués, une fois rempli de béton, est appelé « noyau ».

Les peaux coffrantes ont des épaisseurs nominales comprises entre 50 mm et 70 mm (et jusqu'à 90 mm dans certains cas). Les MCI ont une épaisseur nominale comprise entre 18 cm et 45 cm et des dimensions maximales en plan de 10,30 m x 3,40 m.

Les deux peaux incorporent les armatures nécessaires à la fonction structurelle du mur, ainsi que les éventuels renforts permettant au « PREMUR PREFAXIS » de jouer le rôle de poutre, poteau, poutre-voile, console, linteau, acrotère... Les deux peaux ainsi que le noyau constituent un ensemble porteur. En complément des armatures prévues dans les panneaux, des armatures sont mises en œuvre sur chantier avant coulage du béton afin d'assurer les encastresments et les continuités entre panneaux correspondants aux fonctions structurelles prévues.

La finition du parement est de type brut de décoffrage dénomination E (3-3-0) d'après la norme NF P 18-503. Toutes les arêtes des plaques sont chanfreinées. Les parements peuvent recevoir un traitement architectonique, coloré, matricé...

Tous les abouts des MCI exposés aux intempéries (bord supérieur, bords latéraux,...) doivent être habillés de couvertines ou fermé par un système étanche (enduit, capot métallique...).

Des huisseries, menuiseries, gaines, boîtiers, faux-joints ou tout autre équipement peuvent être incorporés aux MCI lors de la fabrication ou rapportés en œuvre.

1.2 Domaine d'emploi

Le procédé de mur à coffrage intégré « PREMUR PREFAXIS » peut être mis en œuvre pour réaliser :

- des murs de locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public, locaux industriels
- des voiles encastrés et/ou enterrés, pour la réalisation de murs principalement sollicités en flexion.
- tout élément de structure essentiellement sollicité par des charges dans son plan (murs, poteaux, poutres, poutres-voiles, acrotères,...).
- tout élément de structure sollicité en flexion simple ou composée par des charges perpendiculaires à son plan (murs de soutènement, bassin, murs de silos ou de magasins de stockage,...)
- des murs coupe-feu (les joints doivent être traités coupe-feu)

Le « PREMUR PREFAXIS » peut être associé à des éléments de structure préfabriqués ou coulés en place, tels que poteaux, poutres, planchers.

Le procédé « PREMUR PREFAXIS » peut être mis en œuvre en zones sismiques 1 à 4 (France métropolitaine).

Les MCI du procédé « PREMUR PREFAXIS » peuvent recevoir une isolation thermique par l'intérieur ou par l'extérieur.

1.3 Identification

Les MCI « PREMUR PREFAXIS » sont identifiés par une étiquette qui mentionne le nom du client, le nom du chantier, le numéro (repéré sur le plan de pose) et le poids de l'élément, la classe de résistance du béton et la référence de l'usine de production. Sont aussi mentionnés : le marquage CE, le numéro de certificat de Contrôle de Production en Usine et le numéro de référence de l'avis technique.

2. Matériaux

2.1 Béton

2.1.1 Béton des peaux

La classe de résistance des bétons couramment utilisée pour la fabrication des MCI « PREMUR PREFAXIS » est C40/50. Les valeurs caractéristiques du béton sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 §1.1.1.2. La résistance minimale du béton garantie à la livraison, soit à 48h, est de 30 MPa sur cube 15x15x15cm.

2.1.2 Béton de remplissage du noyau

Le béton utilisé pour le remplissage des MCI « PREMUR PREFAXIS » doit être conforme au cahier du CSTB 3690_V2 §1.1.1.2.

Le béton de remplissage, coulé sur chantier, est un béton du type prêt à l'emploi (BPE) à propriétés spécifiées (BPS), conforme aux prescriptions de l'opération et à la norme NF EN 206/CN, de résistance caractéristique à 28 jours minimale $f_{ck} = 25$ MPa (Classe de résistance C25/30).

Le diamètre maximal des granulats sera choisi en fonction de l'épaisseur du noyau coulé sur chantier ; la dimension nominale supérieure du plus gros granulats D_{max} doit satisfaire les conditions suivantes :

- $D_{max} = 12,5$ mm pour un noyau d'épaisseur nominale $b_n \leq 9$ cm
- $D_{max} = 16$ mm pour un noyau d'épaisseur nominale $b_n > 9$ cm

La classe du béton est S4 ou S5 conformément à la norme NF EN 206/CN ; la valeur recommandée d'affaissement est de 200mm (portée à 220mm dans des conditions de forte densité d'armatures ou de faible épaisseur du noyau béton). Dans le cas des BAP, toutes les classes d'étalement peuvent être utilisées.

2.2 Acier

2.2.1 Généralités

Tous les éléments en acier mis en œuvre lors de la fabrication des MCI « PREMUR PREFAXIS » ou lors du remplissage du noyau (armatures filantes, façonnées, treillis soudés, organes de levage, treillis raidisseurs,...) doivent être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 §1.1.1

Tous les aciers utilisés sont certifiés NF et conformes à la norme européenne EN 10025

2.2.2 Raidisseurs métalliques

Les treillis raidisseurs font l'objet d'une certification par un organisme extérieur de type NF ou équivalent. Les critères de certification sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 §1.1.1.1.

En acier de nuance B500A (hors exigence sismique), ou B500B ces éléments sont généralement de section triangulaire, de type INTERSIG 500 ou SIGFIL 500 ou similaire, constitués :

- d'un filant supérieur de diamètre $\Phi 7$ à $\Phi 16$;
- de diagonales de diamètre $\Phi 5$ à $\Phi 8$;
- de deux filants inférieurs de diamètre $\Phi 5$ à $\Phi 16$.

Les cages d'armatures font l'objet d'un contrôle interne.

Le choix du type de treillis raidisseur dépend des critères suivants :

- Vitesse de bétonnage du noyau ;
- Sollicitations de cisaillement à l'interface ;
- Epaisseur du MCI « PREMUR PREFAXIS » ;
- Enrobages des armatures ;
- Diamètre des armatures.

2.2.3 Armatures complémentaires dans les voiles et armatures mises en œuvre sur chantier

Ces armatures en acier de nuance B500A, B500B peuvent être des barres droites ou façonnées, ou encore des treillis soudés. Les armatures complémentaires de type poteau, linteau, rive, etc... peuvent être incorporées aux murs lors de la réalisation en usine ou rapportées dans le noyau lors de la mise en œuvre sur chantier.

Les boîtes d'attente sont certifiées NF AFCAB.

2.24 Accessoires de levage et stabilité

2.241 Levage

La manutention, tant pour le décoffrage que le stockage, le transport et la pose des éléments est réalisée au moyen :

- Soit du système de levage « Ancres KE III et KE IV » sous Avis Technique en cours de validité exploité par la société H-BAU, pour lequel les boucles de levage, les prescriptions de mise en œuvre des boucles et les conditions d'utilisation sont décrites dans l'Avis Technique cité ci-dessus.
- Soit du système de levage du titulaire, qualifié par des essais conformément au protocole d'essais de levage pour les MCI, défini par le GS 3, se référant à l'annexe A du fascicule de documentation FD CEN/TR 15728. Les boucles de type 2 composant ce système sont constituées d'un crochet en acier doux Fe 235 de diamètre 16 mm, d'épingles de diamètre 16 mm et d'une entretoise en diamètre 25 mm.

Tous les panneaux sont équipés au minimum de 2 boucles de manutention en partie supérieure.

Les boucles de manutention sont repérées par un étiquetage. Les boucles de manutention sont repérées sur les plans de fabrication des MCI « PREMUR PREFAXIS ».

2.242 Stabilité en phase provisoire

Tous les panneaux sont équipés de douilles d'étalement, de diamètre M12, M16, ou M20, avec un minimum de 2 par panneau. Ces douilles sont destinées à recevoir des boulons de diamètre adapté à pas métrique de longueur fileté 40mm. Elles servent à fixer les étais tirant-poussant en phase de mise en œuvre. Ces douilles font l'objet d'une certification pour cet usage. Leur diamètre est dimensionné en fonction des efforts à reprendre.

2.3 Matériaux d'habillage ou traitement du parement

La forte compacité du béton des panneaux doit être prise en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliqué sur le support (lasure, peinture, imprégnation, plot de colle pour fixation des doublages ou plaques de parement ...)

L'état de surface du parement est de type courant selon la Norme NF P18-503, permettant de recevoir tout type de revêtement classique : surface à peindre ou à revêtir de qualité P(2), E(3,3,0), T(0).

Le mur accepte de recevoir tout type d'isolation intérieure et extérieure compatible avec un support en béton.

- Pour les murs de façade, la face extérieure des éléments est de type béton brut de décoffrage ou matricé. Il est également possible de peindre ou d'enduire cette surface.
- Pour les murs intérieurs, le traitement est de type finitions classiques sur béton lisse ou finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

2.4 Joints d'étanchéité entre panneaux

Selon la destination de l'ouvrage, le traitement du joint devra être mis en place selon les règles du cahier du CSTB 3690_V2 §1.5

2.41 Murs courants en superstructure

Le traitement des joints des murs courants en superstructure devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.

Lorsque les parois sont exposées aux intempéries, le traitement des joints devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.1.

Le traitement des joints au niveau des points singuliers (au niveau des ouvrants et des acrotères) devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.3.

2.42 Murs courants en infrastructure

Le traitement des joints des murs courants en infrastructure devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.2.

2.43 Murs avec pression hydrostatique

Le traitement des joints des murs avec pression hydrostatique devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.3.

2.44 Murs coupe-feu

Dans le cas des murs coupe-feu non exposés aux intempéries, aucun traitement particulier des joints n'est requis, si ces derniers ont une épaisseur inférieure à 2 cm (conformément à l'Art 4.6(4) de la norme NF EN 1992-1-2).

2.45 Murs de silos ou magasin de stockage

Le traitement des joints des murs de silos ou de magasins de stockage devra être conforme aux prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.5.

3. Fabrication et Contrôles

La préfabrication des panneaux est réalisée en usine dans des bâtiments fermés. Les opérations de fabrication et de contrôles sont organisées de la manière suivante :

3.1 Fabrication des panneaux

3.11 Les équipements

3.111 Les équipements de fabrication et de transport du béton

Plusieurs ciments sont utilisés sur le site (ex ciment blanc, ciment HSR). Le site ne consomme pas de filler. Les granulats sont stockés dans 6 cases.

La centrale à béton est équipée d'un malaxeur conique KNIELE de capacité 1,5 m³ et d'un système de dosage pondéral des constituants de la gâchée. La composition réelle de chaque gâchée est éditée par l'automate de gestion. Le transport du béton frais est effectué depuis la centrale jusqu'au poste de bétonnage par une cuve suspendue.

3.112 Les équipements d'étuvage

Les tables sont stockées dans des étuves maintenues à une température de 30°C à 40°C et une HR de 75% par pulsion d'air chaud

3.12 Le cycle de fabrication

3.121 Le nettoyage / graissage / traçage et coffrage

La fabrication s'effectue sur des tables métalliques. Le nettoyage est réalisé par raclage et brossage mécanique. Huilage par vaporisation manuelle. L'opérateur pose les règles de coffrage aimantées. Les distanceurs barrettes sont posés manuellement. Les armatures de répartition sont posées sur les distanceurs. Dans certains cas en fonction de la densité d'armature, les raidisseurs sont posés sur les distanceurs.

3.122 La mise en place des armatures et des raidisseurs

Les armatures sont produites par une cadreuse redresseuse automatisée et sont posées manuellement sur la table au poste de l'armement. Les raidisseurs sont coupés à longueur par une cisaille automatisée et sont posés manuellement par l'opérateur au poste d'armement. Les armatures sont ligaturées en périphérie du mur. Les armatures spéciales sont produites en dehors du carrousel et posés manuellement avec les raidisseurs sur le même poste d'armement.

3.123 Positionnement des armatures, raidisseurs et crochet de levage.

Après la pose manuelle, le positionnement des armatures est contrôlé par un opérateur qui ligature les armatures transversales et longitudinales en périphérie du mur.

3.124 La mise en place des réservations

Les boitiers, coffrages et réservations sont positionnés par laser et collé sur les tables avec une colle chaude.

3.125 Le coulage

La répartition du béton est pilotée manuellement par l'opérateur.

La répartition du béton est réalisée avec une trémie sur pesée négative et effectuée de façon manuelle. La trémie réparti la quantité de béton spécifié dans la fiche de fabrication. Le compactage est assuré sur une station de secouage pour la paroi 1 ou par vibration haute fréquence pour la paroi 2.

3.126 Préparation de la deuxième paroi

Idem paroi 1

3.127 Mise en place des parois

La paroi 1 qui sort de l'étuve est retournée avec la table par un dispositif de retournement aérien de façon à ce que les raidisseurs se retrouvent tête vers le bas.

3.128 Coulage paroi 2

Idem paroi 1

3.129 Etuvage

Le séchage de l'ensemble se fait pendant une durée de plus de 10 heures avant de quitter l'étuve.

3.1210 L'évacuation des produits

Les murs à coffrage intégré sont évacués par lorries et stockées sur parc ou chargées sur camions/palettes.

3.2 Contrôles

Les MCI « PREMUR PREFAXIS » font l'objet d'une certification CSTBat/QB.

3.2.1 Contrôles des matières premières

3.2.1.1 Contrôle des aciers et des raidisseurs

- Contrôle en production par le coordinateur qualité.
- Contrôle annuel par laboratoire agréé (Magnelle/BAS)

3.2.1.2 Contrôle des granulats

Les granulats sont contrôlés en interne avec une fréquence hebdomadaire portant sur la granulométrie, par le coordinateur de qualité.

3.2.1.3 Contrôle du ciment

Le fournisseur donne chaque mois les résultats de ses autocontrôles sur lesquels on trouve notamment les analyses physico-chimiques et les résistances mécaniques.

3.2.1.4 Eau de gâchage

Eau potable contrôlée 1 fois par ans par Servaco sa.

3.2.2 Contrôle des bétons frais et durcis

Le contrôle de la teneur en eau du béton frais est effectué une fois par jour par le coordinateur qualité dans le laboratoire interne. Pour chaque table fabriquée, le document édité par la centrale à béton permet de contrôler les quantités réelles de composants par rapport à la formule théorique. Une fois par jour, on réalise 1 cube de 15 x 15 x 15 par type de béton pour contrôle en compression à 28 jours.

3.2.3 Contrôles en cours de fabrication

Les contrôles en cours de fabrication sont réalisés conformément aux prescriptions du référentiel de certification CSTBat/QB RT 02.05/08.

3.2.3.1 Contrôle de l'étuvage

L'étuvage est contrôlée quotidiennement (température et humidité relative).

3.2.3.2 Contrôle des produits finis

Après retournement de la paroi 1 sur la 2 un opérateur contrôle la superposition des parois et l'épaisseur totale du MCI.

Au moins un produit complet est contrôlé par jour :

- Les dimensions : longueur, largeur, équerrage
- La rectitude des bords non coffrés et coffrés
- Les épaisseurs des parois,
- Le positionnement des ouvertures et des réservations,
- L'équerrage,
- Le décalage des parois dans la longueur et largeur.
- L'enrobage des armatures

Un contrôle visuel et dimensionnel est réalisé sur les produits avant l'évacuation.

4. Conception et Dimensionnement

4.1 Généralités

Le comportement final d'un mur réalisé à partir du procédé de MCI « PREMUR PREFAXIS » n'est pas différent de celui du même mur en béton banché, et son dimensionnement est similaire à celui d'un mur traditionnel ; il est toutefois nécessaire d'effectuer des vérifications spécifiques pour tenir compte de la présence des joints.

La conception est réalisée conformément au CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2) complété par le présent dossier technique.

Le dimensionnement est réalisé selon les règles applicables aux éléments de structure en béton armé : NF EN 1992-1-1, DTU 23-1 (NF P 18-210), Fascicule 74 du CCTG pour les réservoirs ou ouvrages analogues.

Le bureau d'études structure du chantier calcule les efforts transmis aux éléments et détermine les épaisseurs béton et les sections d'armatures nécessaires à leur stabilité.

En fonction de ces informations, le bureau d'étude PREFAXIS dessine les plans d'exécution des murs après avoir défini les épaisseurs des parois compatibles avec les sections d'armatures demandées.

Le bureau d'étude PREFAXIS vérifie les liaisons entre éléments et le monolithisme du système, il dessine également les plans de calepinage des éléments.

Les boucles de levage sont représentées sur les calepins de fabrication.

Une vérification du non dépassement de la CMU est effectuée au cas par cas pour chaque boucle de levage.

Les plans de pose et/ou la notice de pose doivent comprendre à minima :

- L'angle limite de levage
- Le nombre de points de levage
- L'identification des boucles de levage

4.2 Conception des éléments préfabriqués

4.2.1 Enrobage des armatures

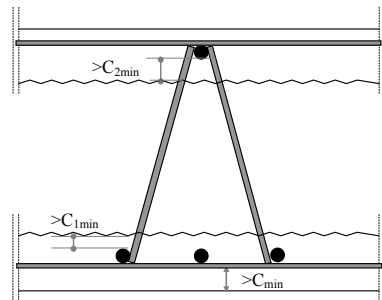
Les enrobages des armatures des voiles préfabriqués doivent respecter les prescriptions définies dans la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA.

Par exemple, pour une classe d'exposition normale d'un mur extérieur (XC4) en béton de classe C40/50, l'enrobage minimal des armatures de la face exposée sera de 15mm.

Pour les parois situées dans des locaux couverts, clos et non exposés aux condensations, l'enrobage minimal est de 10mm.

4.2.2 Enrobage des treillis raidisseurs, côté face intérieure

Conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2), l'enrobage minimal 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.



Soient avec les notations adoptées dans le CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2) :

$$C_{1min} = \text{Max} (C_{bét_1min} ; C_{cout_1min})$$

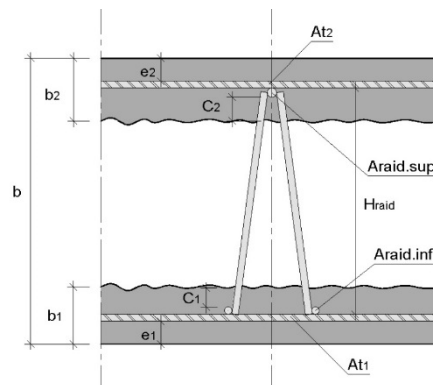
$$C_{2min} = \text{Max} (C_{bét_2min} ; C_{cout_2min})$$

Avec :

- $C_{cout_1min} = 10$ mm pour les armatures soudées à une nappe de treillis ;
- $C_{cout_2min} = 15$ mm pour les armatures soudées à deux nappes de treillis.
- $C_{bét_1min} = C_{bét_2min} = 15$ mm ou 17 mm

4.2.3 Epaisseurs minimales des voiles préfabriqués

Conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2), l'épaisseur minimale des voiles préfabriqués résulte des exigences d'enrobage, des tolérances d'exécution sur cette dimension et sur le positionnement des armatures.



Les dimensions nominales sont définies comme des dimensions minimales plus une marge de calcul pour tolérances d'exécution. Les tolérances d'exécution déclarées et suivies dans le cadre de la certification CSTBat/QB sont celles figurant dans le référentiel de certification CSTBat/QB RT 02.05/08.

Les tolérances déclarées sur les enrobages e_1 et e_2 respectivement dans le premier et dans le deuxième voile préfabriqué sont :

$$\Delta e_1 = \Delta e_2 = +3/-1 \text{ mm}$$

Les épaisseurs nominales minimales des voiles préfabriqués sont définies au chapitre 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2) ; à savoir :

$$b_1 \geq c_{1,\min} + e_1 + \varnothing_{p1} + \varnothing_{\text{raid,inf}} + \Delta_1$$

$$\text{Avec : } \Delta_1 = \sqrt{(\Delta e_1^+)^2 + (\Delta b_1^-)^2}$$

$$b_2 \geq c_{2,\min} + (b_{\text{nom}} - e_1 - \varnothing_{p1} - H_{\text{raid}}) + \varnothing_{\text{raid,sup}} + \Delta_2$$

$$\text{Avec : } \Delta_2 = \sqrt{(\Delta e_1^-)^2 + (\Delta b_2^-)^2 + (\Delta b^+)^2 + (\Delta H_{\text{raid}}^-)^2}$$

L'épaisseur nominale minimale du noyau en béton coulé en place est fixée à $b_n=70\text{mm}$. Cette épaisseur nominale minimale correspond à une épaisseur minimale « toutes tolérances épuisées » $b_{n,\min}=65\text{mm}$ conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).

$$\text{Avec : } b_{n,\min} = b_n - \sqrt{(\Delta b_{p1}^+)^2 + (\Delta b_{p2}^+)^2 + (\Delta b^-)^2}$$

4.3 Principes constructifs

Les liaisons entre éléments sont de type :

- articulé : les armatures de liaison sont ajoutées uniquement dans le noyau coulé en place
- couturée : liaison articulée à laquelle est ajoutée une armature de couture intégrée à la paroi structurelle en bord de panneau
- encastré

4.3.1 Articulation entre panneaux

Ces articulations sont décrites dans l'annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2.

Ce type de liaison est utilisé dans les cas suivants :

- Liaisons articulées en pied des MCI « PREMUR PREFAXIS »
- Liaisons articulées verticales droites entre deux MCI « PREMUR PREFAXIS »
- Liaisons articulées horizontales entre deux MCI « PREMUR PREFAXIS » Liaisons articulées d'angle
- Liaisons articulées en T
- Liaisons articulées entre MCI « PREMUR PREFAXIS » et plancher
- Liaison articulée biaise

4.3.2 Liaisons encastrées

Ce type de liaison est préconisé pour les ouvrages qui doivent être étanches par le béton seul ou qui doivent assurer la continuité du moment et la transmission de l'effort tranchant entre MCI « PREMUR PREFAXIS »

La section des armatures est calculée en appliquant les règles de la norme NF EN 1992-1-1 avec son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA et suivant les efforts résistants des plans de rupture possibles déterminés selon l'annexe II du cahier du CSTB 3690_V2.

Si les armatures de reprise ne permettent pas le ripage du MCI « PREMUR PREFAXIS », il faut prévoir soit des lumières réparties sur la largeur de liaison (2,50m maxi entre lumières) soit l'ouverture d'une peau, pour permettre la bonne mise en place de la cage d'armatures (voir détails Annexe 3 du DTed).

La continuité du moment et du cisaillement entre 2 panneaux le long d'un joint est assurée par la mise en œuvre soit d'une clé mécanique réalisée par le croisement des cages d'armatures, soit d'un recouvrement total des armatures.

Ces liaisons sont décrites dans l'annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2. On utilise les cas suivants :

- Liaisons encastrées en pied des MCI « PREMUR PREFAXIS » avec ou sans reprise de bétonnage
- Liaisons encastrées verticales droites entre deux MCI « PREMUR PREFAXIS »
- Liaisons encastrées horizontales entre deux MCI « PREMUR PREFAXIS » superposés
- Liaisons encastrées d'angle
- Liaisons encastrées en T
- Liaisons encastrées entre MCI « PREMUR PREFAXIS » et plancher

Les liaisons encastrées sont le plus souvent utilisées pour les murs de soutènement, les murs des bassins ou des piscines.

4.3.3 Joint vertical biais :

Le principe constructif est fonction de l'angle entre les deux murs :

- Pour un angle supérieur à 165° , le ferrailage de l'angle peut être intégré dans le MCI « PREMUR PREFAXIS » selon la même méthode que la solution pour les joints droits (détail 17.2 de l'Annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2)

- Pour les angles inférieurs à 165° , l'armature sera rapportée dans la partie coulée en place

4.3.4 Calepinage

Les joints de calepinage horizontaux et verticaux sont positionnés de façon à ne pas réduire la raideur du mur dans son sens porteur privilégié :

- Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan vertical, les joints horizontaux sont disposés à proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées,...), sauf dispositions particulières. Les joints verticaux sont sans incidence.
- Pour les murs dont la flexion se fait dans un plan horizontal, les joints verticaux sont disposés à proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets), sauf dispositions particulières. Les joints horizontaux sont sans incidence.

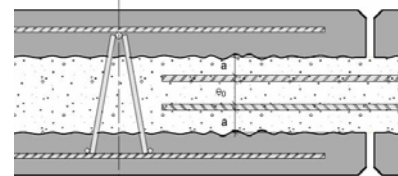
4.3.5 Recouvrement des armatures

Conformément aux prescriptions du paragraphe 1.1.1.11 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2), le recouvrement des armatures du noyau avec celles intégrées dans les voiles préfabriqués des MCI doivent être conforme à l'article 8.7 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

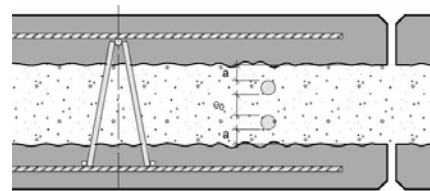
Pour le calcul de la contrainte d'adhérence ultime f_{bd} selon l'article 8.4.2 de la NF EN 1992-1-1, le coefficient d'adhérence des armatures dans le béton non vibré est pris égal à $\eta_1 = 0,7$ pour les armatures horizontales de diamètre supérieur à 12mm ; dans tous les autres cas, $\eta_1 = 1,0$.

4.3.6 Armatures d'éclissage

Ces armatures sont soit intégrées dans les murs à coffrage intégré, soit mises en œuvre dans la partie coulée en place. Les dispositions constructives pour la mise en œuvre de ces armatures doivent respecter les prescriptions du paragraphe 1.1.1.12 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).



Exemple d'éclissage horizontal



Exemple d'éclissage vertical

4.4 Critères de bétonnage du noyau

4.4.1 Généralités

Le béton doit pouvoir être mis en place sans vibration, sous la responsabilité de l'entreprise de gros œuvre. Il est recommandé de vibrer le béton dans les zones très ferrillées (armatures horizontales de diamètre supérieur ou égal à 12mm).

Dans les zones le nécessitant (accès difficile, grande hauteur,...) des trappes de bétonnage doivent être prévues lors de la conception du produit préfabriqué.

4.4.2 Hauteur de chute du béton

Concernant la hauteur de chute du béton, les dispositions de bétonnage doivent respecter les prescriptions de l'article 1.1.1.13 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).

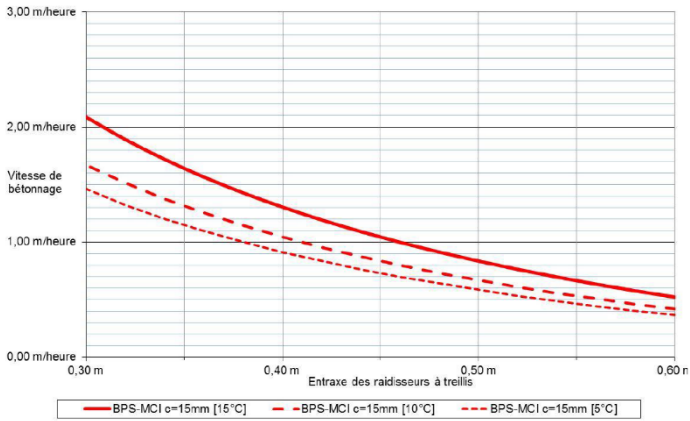
Dans tous les cas, la hauteur de chute de béton ne devra pas excéder $H_{\max}=3\text{m}$.

4.4.3 Vitesse de bétonnage

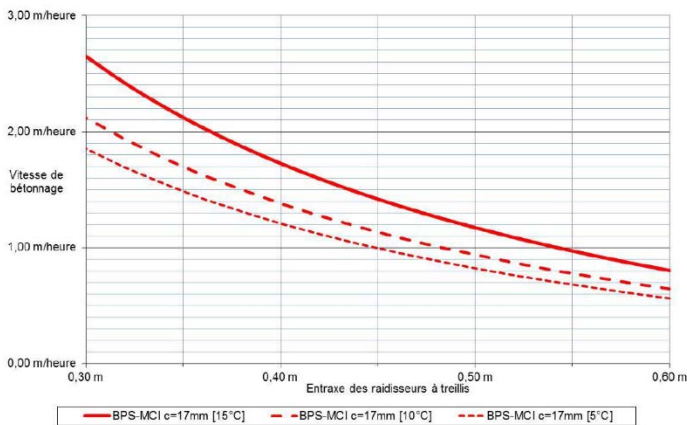
La vitesse de bétonnage est déterminée conformément aux prescriptions de l'annexe B de la NF EN 14992+A1 en fonction de l'entraxe des treillis raidisseurs et de l'enrobage des armatures longitudinales des treillis raidisseurs (cimin = 15mm ou 17mm).

Une attention particulière doit être portée lors des bétonnages par temps froid ; la vitesse de bétonnage doit être diminuée de :

- 20% pour des températures de paroi inférieures à 10°C
- 30% pour des températures de paroi inférieures à 5°C



température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{\min} = 15\text{mm}$)



Vitesse de bétonnage pour les BPS en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{\min} = 17\text{mm}$)

4.44 Contrôle du remplissage

Des orifices dans les éléments préfabriqués « PREMUR PREFAXIS » (diamètre de 50mm) sont prévus lors de la conception pour permettre le contrôle visuel du remplissage :

- Un orifice (au minimum) en partie basse de chaque élément
- Un orifice supplémentaire dans chaque zone fortement armée

L'orifice peut être utilisé pour injecter un coulis de remplissage si nécessaire.

Le nombre et la localisation des orifices nécessaires au contrôle dépendent des caractéristiques du MCI :

- dans le cas général, l'orifice de contrôle doit être situé partie basse de chaque MCI;
- dans les cas de MCI présentant des zones fortement armées, des orifices supplémentaires doivent être prévus.

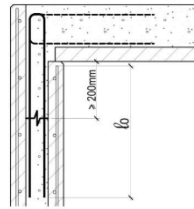
Un contrôle par vérification du volume de béton coulé en œuvre et inspection de la non ségrégation au décoffrage des réservations peut être envisagé.

L'auscultation sonique peut également être envisagée.

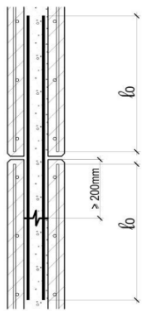
Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

4.45 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.



Reprise de bétonnage dans le cas d'une dalle



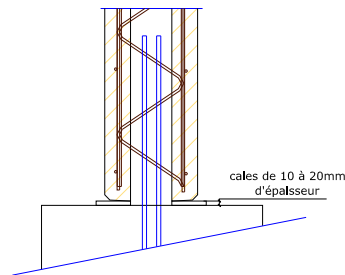
Reprise de bétonnage dans le cas de MCI superposés

4.5 Éléments sollicités dans leur plan

4.51 Prescriptions particulières aux murs courants

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

4.52 Prescriptions particulières aux 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 du CSTB 3690_V2).

Les dispositions constructives devront être conformes aux prescriptions de l'Annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2

4.53 Prescriptions particulières aux 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).

Les dispositions constructives devront être conformes aux prescriptions de l'Annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2

4.54 Prescriptions particulières aux poutres cloisons

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 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2).

Les dispositions constructives devront être conformes aux prescriptions de l'Annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2

4.6 Prescriptions particulières aux acrotères

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

4.7 Prescriptions particulières aux éléments inclinés

Le dimensionnement doit être réalisé en suivant les prescriptions du paragraphe 1.1.3 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2).

4.8 Eléments essentiellement 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).

4.81 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).

4.82 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).

4.83 Murs de silos ou de magasin 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) s'appliquent.

4.84 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.

4.85 Murs de galeries 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).

4.86 Boîtes d'attentes et prédalles

Les règles professionnelles de 2009 pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes devront être respectées à la conception et à la mise en œuvre des liaisons.

4.9 Dispositions parasismiques

La conception et la vérification des joints sous sollicitations sismiques devront être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 §1.1.1.14.

Les dispositions constructives doivent permettre d'assurer la continuité des chaînages par des liaisons non fragiles. Pour les voiles de contreventement constitués par l'assemblage de panneaux verticaux, le mode de fonctionnement peut être considéré de deux manières :

- Fonctionnement en consoles indépendantes pour chacun des panneaux verticaux, avec chaînages incorporés à proximité des bords de chacun des panneaux. Une armature de couture entre les deux panneaux est posée sur site. Cette solution permet d'éviter le coffrage du joint (voir Annexe 3) ;
- Fonctionnement monolithique avec un chaînage à chaque joint incorporé à l'un des panneaux et une armature de couture associant le deuxième panneau. Dans ce cas, l'une des faces du joint est coffrée pour permettre le ripage des armatures de couture et les contrôles du ferrailage et du bétonnage (voir Annexe 3).

4.10 Sécurité au feu

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'articles 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 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) ;
- méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) 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 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2)

4.11 Isolation thermique

La performance thermique est déterminée suivant les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 §1.3.

4.12 Isolation acoustique

La performance acoustique est déterminée suivant les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 §1.4.

5. Conditions de stockage et transport

5.1 Généralités

La manutention des MCI « PREMUR PREFAXIS » s'effectue uniquement par les boucles de levage incorporées dans les deux voiles de l'élément, prévues à cet effet et repérées par une marque de couleur. En aucun cas, la manutention ne peut s'effectuer par d'autres armatures. Lorsque la forme des panneaux le nécessite, des tirants ou entretoises de rigidité doivent être mis en place afin de garantir la manutention des éléments sans déformation sensible.

Les longueurs des élingues de levage seront à adapter de façon à ce que l'angle formé entre ces élingues n'excède pas 60°.

Lorsque le nombre de boucles est supérieur à deux, les dispositions doivent être prises pour équilibrer les efforts dans les boucles (utilisation d'un palonnier à poulies par exemple).

Les murs de hauteur supérieure à 3,4 m peuvent être livrés sur chant et devront être relevés à l'aide d'un retourneur spécifique. Un guide d'utilisation est fourni avec chaque retourneur.

Les prescriptions relatives à la manutention des panneaux sont décrites dans la publication « Murs à Coffrage Intégré (MCI). Prescriptions minimales à intégrer à la conception du procédé constructif MCI pour une mise en œuvre en sécurité » de l'Assurance maladie, de l'OPPBT et de l'INRS.

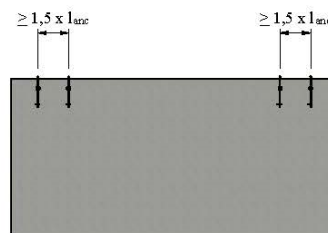
5.2 Prescriptions particulières pour le levage par boucles KE III et KE IV

Les prescriptions complémentaires lorsque le procédé « PREMUR PREFAXIS » inclus le système de levage « Ancres KE III et KE IV » faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité sont les suivantes :

- Le choix et l'implantation des ancres de levage KE, insérées lors de la préfabrication du MCI « PREMUR PREFAXIS » doivent faire l'objet d'une justification par le calcul. En outre, le choix et le contrôle des ancres de transport doit se faire de façon à ce que la largeur d'accrochage « lg » retenue prenne en compte la distance intérieure entre nappes de ferrailage tout en veillant à assurer les enrobages internes « C1_{bc,int} » et « C2_{bc,int} » exigés par le modèle mis en œuvre.

Note : La taille « lg » des ancres de transport correspond exactement à la hauteur des raidisseurs ou à la taille standard directement supérieure (cette option engendre alors une implantation légèrement inclinée du fait du pas de gamme de 10mm dès la mise en place dans la première paroi).

- L'ancre ne doit pas être mise en œuvre en débordement par rapport à l'arase supérieure la plus basse. **Un acier filant HA10 minimum doit toujours être intégré en rive supérieur de chaque paroi, sur toute la longueur, avec un enrobage minimal de 20mm aux 3 bords.**
- Les ancres de transport KE dans le plan du MCI respecteront une distance d'entraxe minimale de $1,5 \cdot l_{anc}$, soit une valeur supérieure ou égale à 550mm pour les ancres KE III et respectivement à 900mm pour celles KE IV. De plus, les ancres de transport KE devront être implantées symétriquement autour du centre de gravité du « PREMUR PREFAXIS ».



- Les ancres seront toujours disposées entre des armatures de couture (raidisseurs de section triangulaire ou carrée, armatures de poteaux ou U).

- Le ferrailage minimal requis est de **1,41 cm²/m** dans les deux sens et pour chaque paroi préfabriquée.

6. Mise en œuvre

6.1 Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre doit être conforme aux prescriptions du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) §4

Les prescriptions relatives à la mise en œuvre des panneaux MCI sont décrites dans la publication « Murs à Coffrage Intégré (MCI), Prescriptions minimales à intégrer à la conception du procédé constructif MCI pour une mise en œuvre en sécurité », de l'Assurance maladie, de l'OPPBT et de l'INRS.

6.2 Travaux préliminaires

L'entreprise doit disposer de plans de ferrailage et de coffrage établis par le bureau d'études en charge du chantier, incluant les armatures complémentaires conformes au plan de préconisation de pose fourni par PREFAXIS.

Après traçage de l'implantation des MCI « PREMUR PREFAXIS » sur les ouvrages de fondation, il est recommandé de fixer une règle côté extérieur ou intérieur pour faciliter le guidage lors de la pose des panneaux.

Préalablement à la pose, il faut vérifier le nivellement des ouvrages et prévoir les calages nécessaires.

Les armatures complémentaires, les dispositifs d'étaie ainsi que les cales nécessaires aux réglages en altimétrie et écartement sont approvisionnés.

6.3 Dispositions de protections collectives

Des inserts relatifs aux dispositions de protection collectives peuvent être intégrés lors de la fabrication des MCI « PREMUR PREFAXIS », uniquement sur demande et fourniture des spécifications.

7. Conditions d'exploitation du procédé

7.1 Fabrication et commercialisation

La fabrication des MCI « PREMUR PREFAXIS » est réalisée exclusivement dans les sites de productions du groupe PREFAXIS.

De même, la commercialisation est assurée par la seule Société PREFAXIS.

7.2 Livraison et pose des éléments sur site

La prestation du détenteur du présent Avis Technique s'arrête à la livraison des éléments sur le chantier. Le déchargement, la pose et la mise en œuvre sont de la responsabilité de l'entreprise de gros œuvre. Celle-ci doit réaliser ces opérations en suivant les prescriptions du présent Dossier Technique, les éléments qui lui sont diffusés par PREFAXIS lors de sa commande et les prescriptions de l'équipe de Maîtrise d'œuvre du chantier.

8. Sites de production

- PREFAXIS
Kasteelstraat 9
B-8980 Zonnebeke
Belgique

B. Résultats expérimentaux

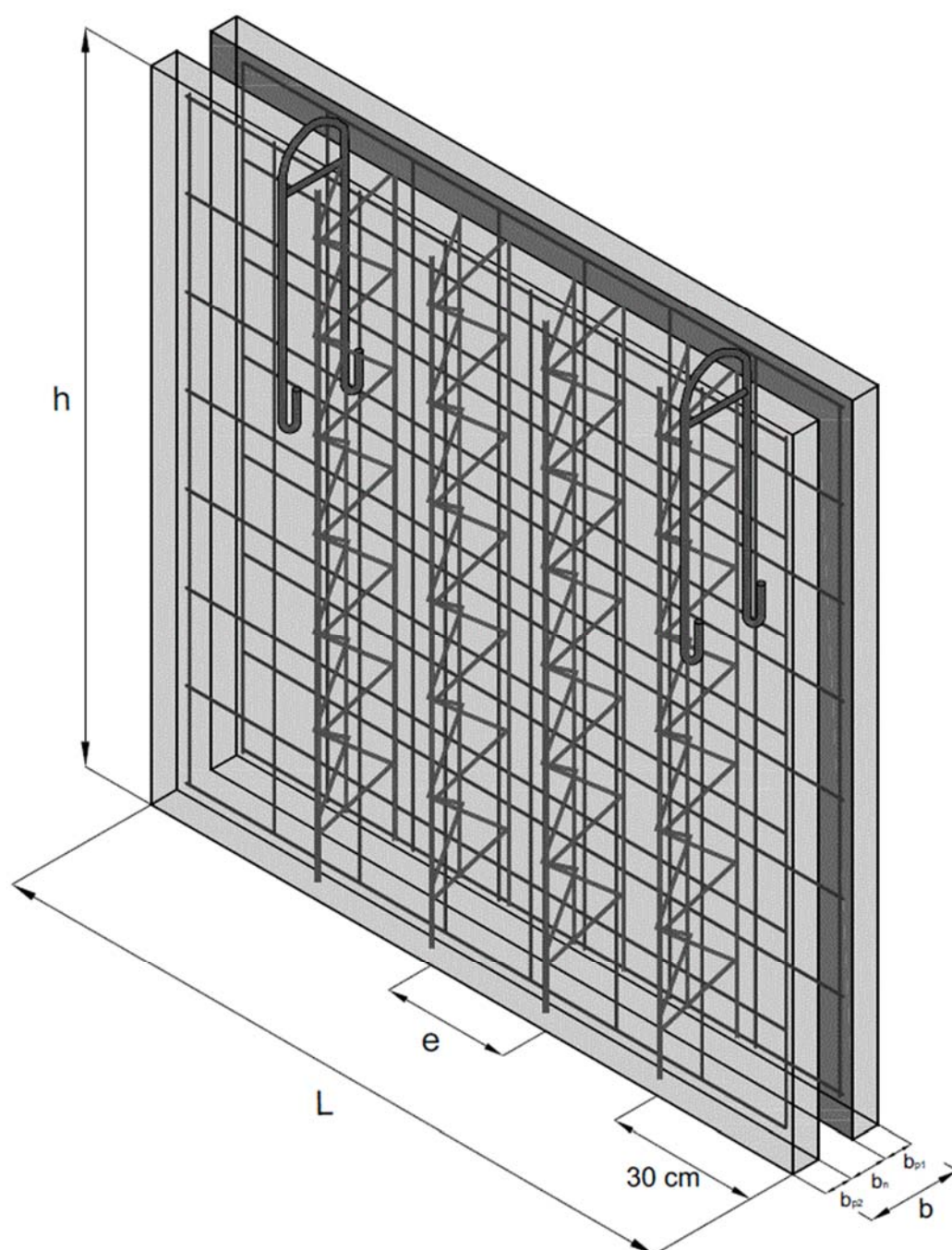
Essai de levage selon protocole établi par le GS 3, se référant à l'annexe A du fascicule de documentation FD CEN/TR 15728 : Rapport Essai 2016 CSTC DE 611XB544 – SC 1527

C. Références

| Année | Références chantier | Quantité [m ²] |
|-------|---|----------------------------|
| 2015 | Bureaux, bassins d'eaux et halles de stockage Warneton (Belgique) | 8 000 |
| 2015 | Ecole, (façade avec fenêtre, cages d'escalier, soubassement) Courtrai (Belgique) | 1 600 |

Annexes

Annexe 1 - perspective d'un PREMUR PREFAXIS

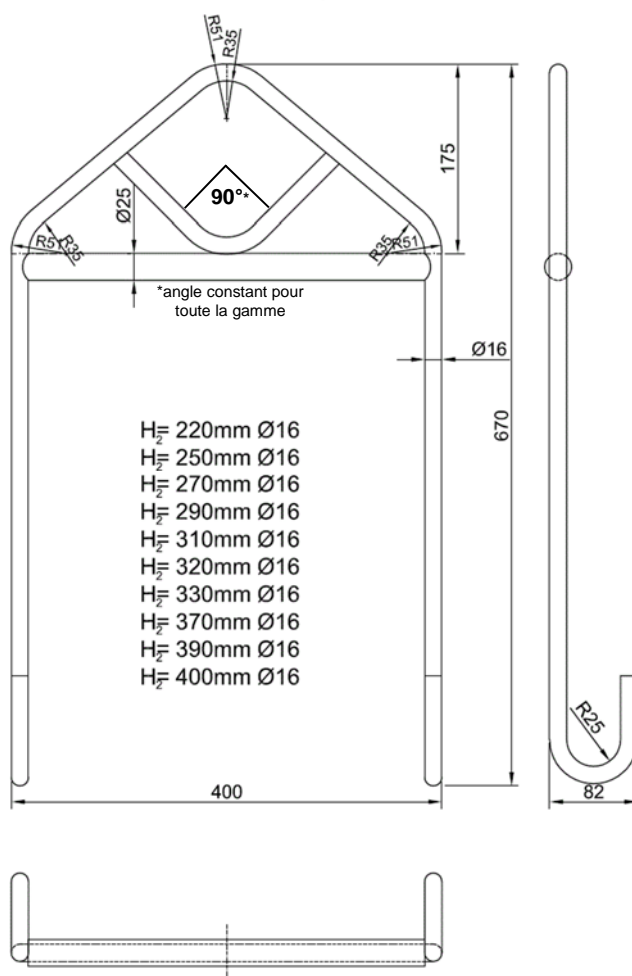


Symboles

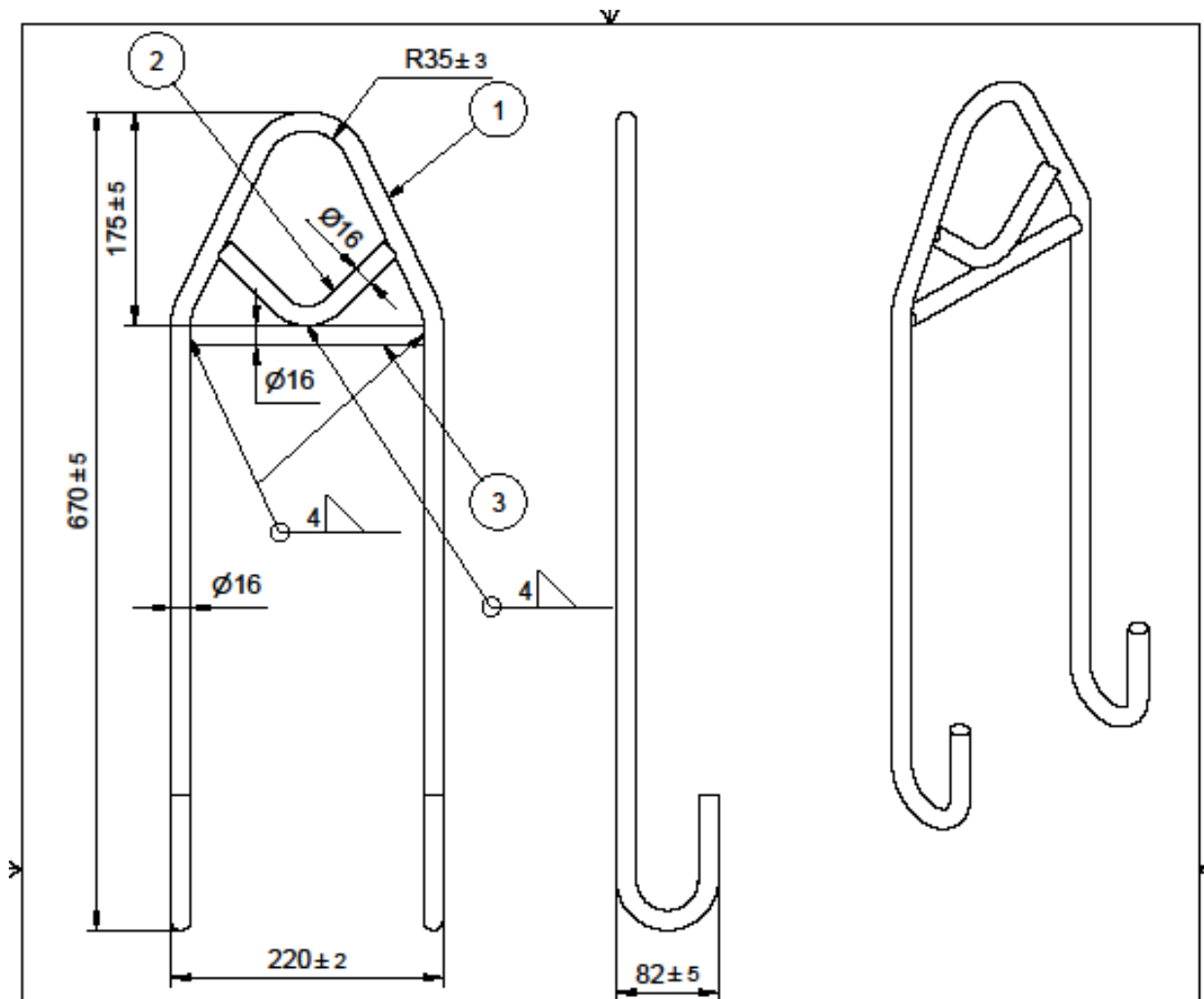
| | |
|-----------------------|--|
| b | Epaisseur du mur à coffrage intégré |
| b_{p1} | Epaisseur nominale du premier voile préfabriqué |
| b_{p2} | Epaisseur nominale du second voile préfabriqué |
| b_n | Epaisseur nominale du noyau coulé en place |
| e | Espacement des treillis raidisseur |
| h | Hauteur du mur |
| L | Longueur du panneau constitué de murs à coffrage intégré |


Annexe 2 - plan de façonnage d'une ancre de manutention

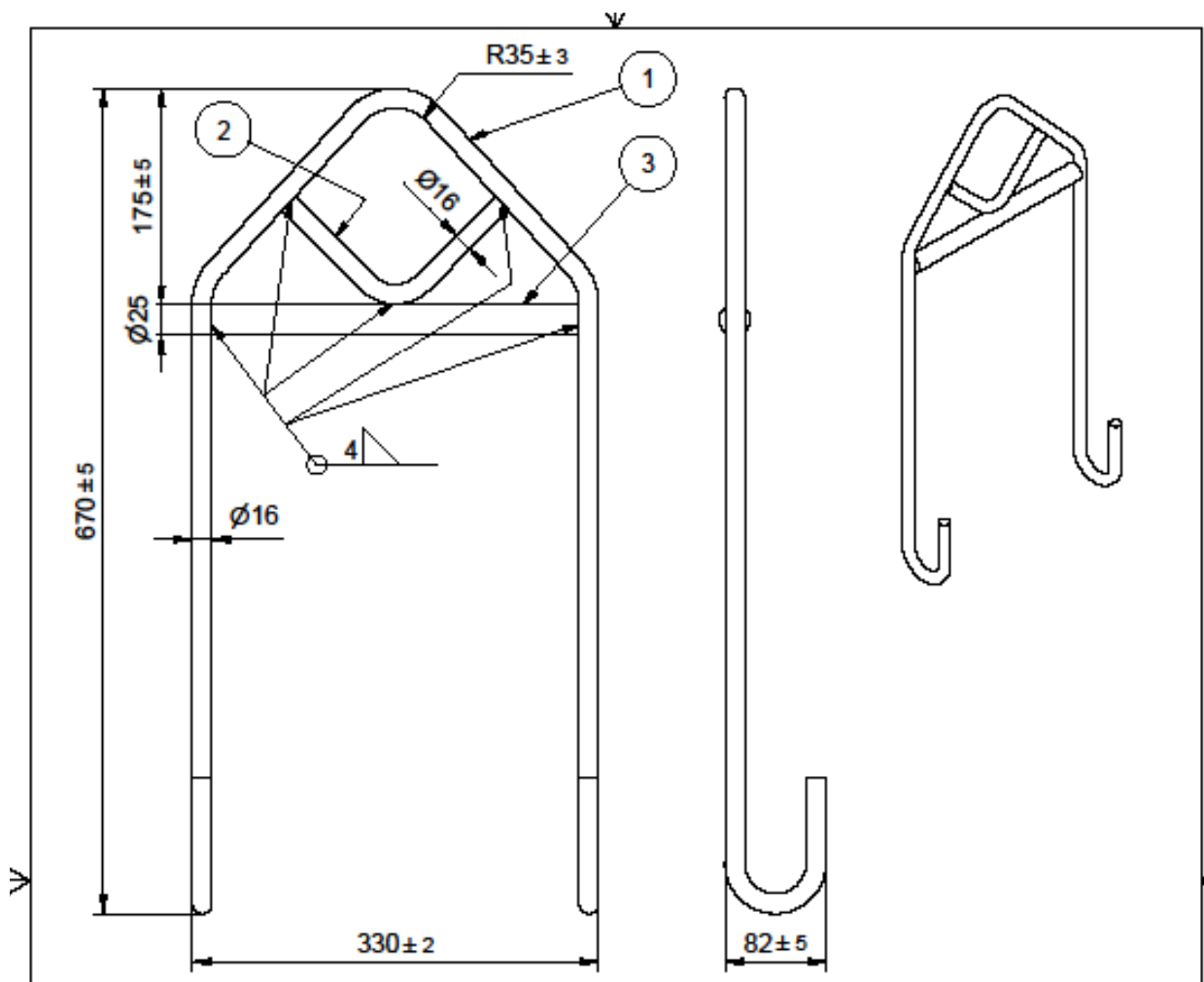
Boucle de levage 2




| Réf. Boucle | Diamètre boucle | Epaisseur nominale de peau | Epaisseur du mur |
|-------------|-----------------|----------------------------|--|
| Type 2 | 16 mm | ≥ 55 mm | $250 \text{ mm} < b \leq 450 \text{ mm}$ |



| 3 | Pręt fi 16 L=188 | | 1 | S235 | | | |
|--|---|------------------------|--------------------|--|-----------------------|-----------------|-----------|
| 2 | Pręt fi 16 L=179 | | 1 | S235 | | | |
| 1 | Pręt fi 16 L=1664 | | 1 | S235 | | | |
| Lp. | Nazwa | Nr rysunku Nr normy | Ilość szt. | Material | Masa jedn. calk. | | Uwagi |
| Zmiany | | | | | Podpis | Data | |
| Nazwa Firmy | | | | | | | |
| Zastępuje rysunek | | | |  | | | Format |
| Zastąpiony przez rysunek | | | | | | | A4 |
| Konstruował | Nawiasko P. Wiechoczek | Podpis | Data 30.06.2016 | Nr rys. HA2-220-16 | | Zespół | |
| Kreślił | | | | | | Masa 3,21 kg | |
| Sprawdził | | | | | | | |
| Podziałka 1:5 | Nazwa Hefanker 2 typ220 Prefaxis 30.06.2016 | | | Typ | | | |
| | | | | Plik : | | | |
| Niniejszy dokument jest własnością PPH ALRUNO. Kopiowanie lub wykorzystywanie w całości lub części bez zezwolenia właściciela jest zabronione. | | | | | | | |



| 3 | Pręt \varnothing 25 L=298 | | 1 | S235 | | | |
|--|------------------------------|------------------------|--------------------|--|---------------------|---------|-------|
| 2 | Pręt \varnothing 16 L=232 | | 1 | S235 | | | |
| 1 | Pręt \varnothing 16 L=1744 | | 1 | S235 | | | |
| Lp. | Nazwa | Nr rysunku Nr normy | Ilość szt. | Material | Masa jedn. calk. | | Uwagi |
| Zmiany | | | | | | | |
| Nazwa Firmy | | | | | | | |
| Zastępuje rysunek | | | |  | | Format | |
| Zastąpiony przez rysunek | | | | | | A4 | |
| Konstruował | Nazwisko P. Wiechoczek | Podpis | Data 30.06.2016 | Nr rys. HA2-330 | | Zespół | |
| Kreślił | | | | | | Masa | |
| Sprawdził | | | | | | 4,25 kg | |
| Podziałka | Nazwa | | | | Typ | | |
| 1:5 | Hefanker 2 typ 330 | | | | Plik : | | |
| Niniejszy dokument jest własnością PPH ALRUNO. Kopiowanie lub wykorzystywanie w całości lub części bez zezwolenia właściciela jest zabronione. | | | | | | | |

Compatibilité ancre de levage type 2 (Φ16) – XC1

Treillis inversé : OUI

MCI :

b (nom./min.) = 250 / 247 mm

bp1 = bp2 (nom./min.) = 55 / 52 mm

Armatures des peaux :

φt1 = φt2 = 6 mm

e1 (nom./min.) = 29 / 28

e2 (nom./min.) = 33 / 32

Treillis raidisseurs :

h raid = 200 +/-3mm

e1 ext. (nom./min.) = 24 / 23 mm

e2 ext. (nom./min.) = 26 / 25 mm

c1 (nom./min.) = 26 / 21,8 mm

c2 (nom./min.) = 22 / 16,7 mm

Boucles de levage type 2 :

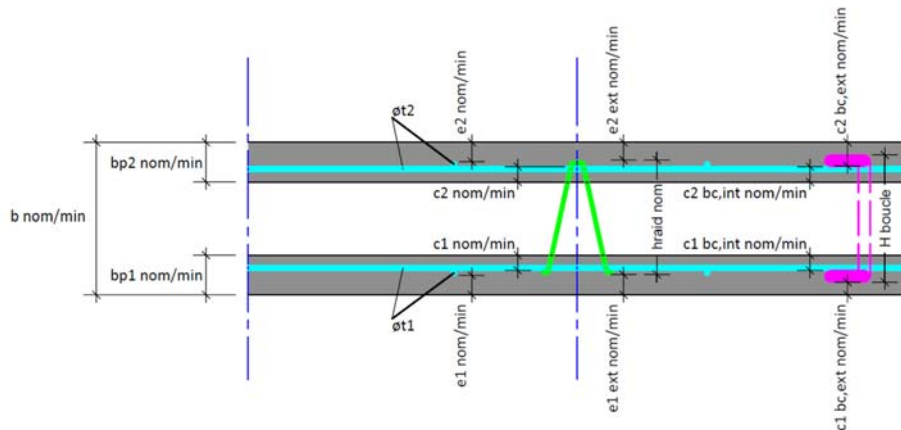
H boucle (nom./min.) = 220 +/-2 mm

c1 bc,ext (nom./min.) = 13 / 12 mm

c2 bc,ext (nom./min.) = 17 / 12 mm

c1 bc,int (nom./min.) = 26 / 21,8 mm

c2 bc,int (nom./min.) = 22 / 17,2 mm



Compatibilité ancre de levage KE III- XC1

Treillis inversé : NON

MCI :

b (nom./min.) = 180 / 177 mm

bp1 = bp2 (nom./min.) = 50 / 47 mm

Armatures des peaux :

$\phi t1 = \phi t2 = 6$ mm

e1 (nom./min.) = 12 / 11 mm

e2 (nom./min.) = 11 / 10 mm

Treillis raidisseurs :

h raid = 140 +/-3mm

e1 ext. (nom./min.) = 18 / 17 mm

e2 ext. (nom./min.) = 22 / 16 mm

c1 (nom./min.) = 27 / 22,8 mm

c2 (nom./min.) = 21 / 15,7 mm

Boucles de levage KE III :

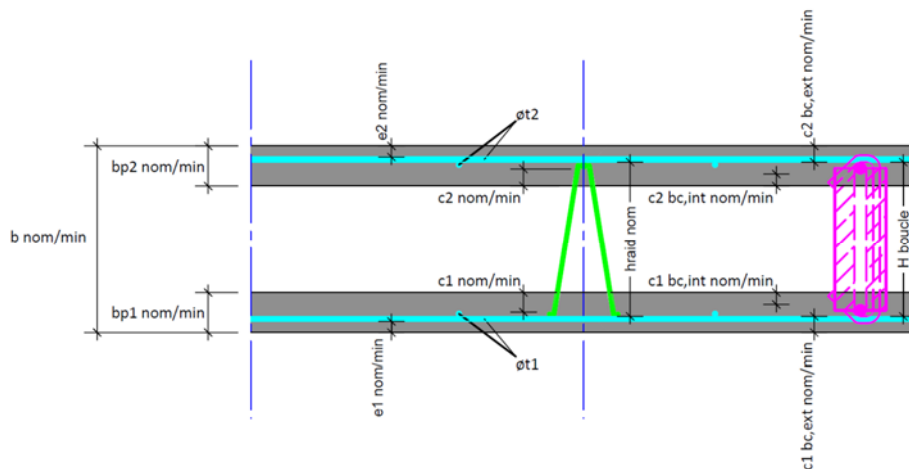
H boucle (nom./min.) = 140 +/-2 mm

c1 bc,ext (nom./min.) = 19 / 13,2 mm

c2 bc,ext (nom./min.) = 15 / 10,2 mm

c1 bc,int (nom./min.) = 18 / 17 mm

c2 bc,int (nom./min.) = 22 / 17 mm



Compatibilité ancre de levage KE IV- XC4

Treillis inversé : NON

MCI :

b (nom./min.) = 200 / 197 mm

bp1 = bp2 (nom./min.) = 65 / 62 mm

Armatures des peaux :

$\phi t1 = \phi t2 = 6$ mm

e1 (nom./min.) = 17 / 16 mm

e2 (nom./min.) = 16 / 15 mm

Treillis raidisseurs :

h raid = 150 +/-3mm

e1 ext. (nom./min.) = 23 / 22 mm

e2 ext. (nom./min.) = 27 / 21 mm

c1 (nom./min.) = 37 / 32,8 mm

c2 (nom./min.) = 31 / 25,7 mm

Boucles de levage KE IV :

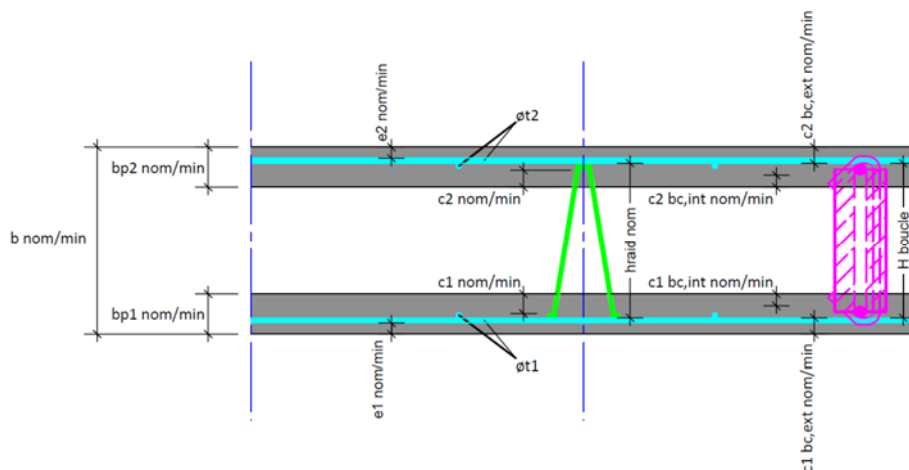
H boucle (nom./min.) = 150 +/-2 mm

c1 bc,ext (nom./min.) = 23 / 22 mm

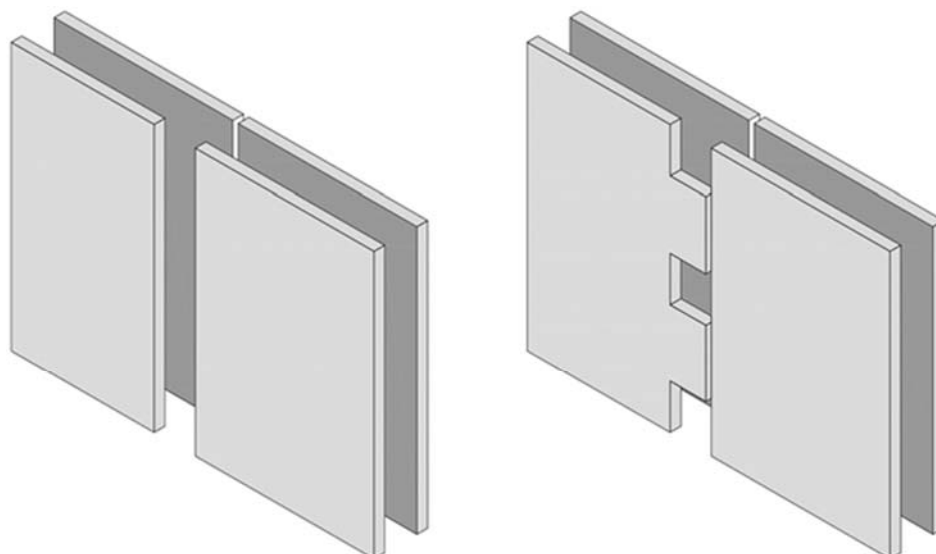
c2 bc,ext (nom./min.) = 27 / 22 mm

c1 bc,int (nom./min.) = 26,5 / 22,3 mm

c2 bc,int (nom./min.) = 22,5 / 17,7 mm

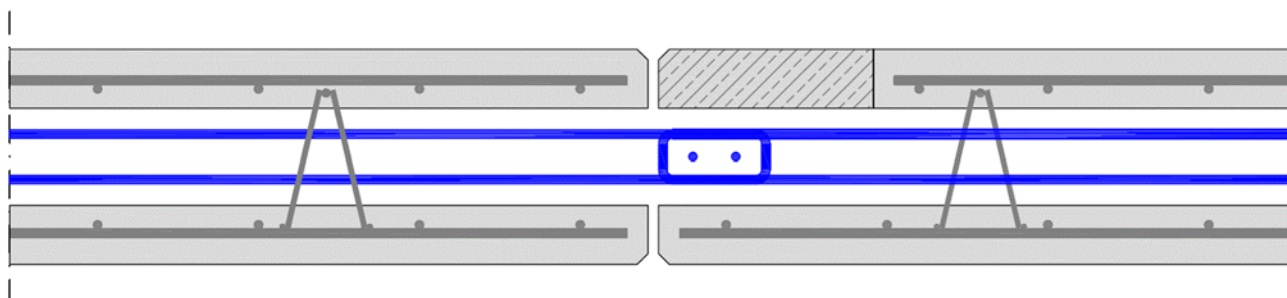


Annexe 3 – Répartition des lumières ou ouvertures pour réaliser des liaisons verticales

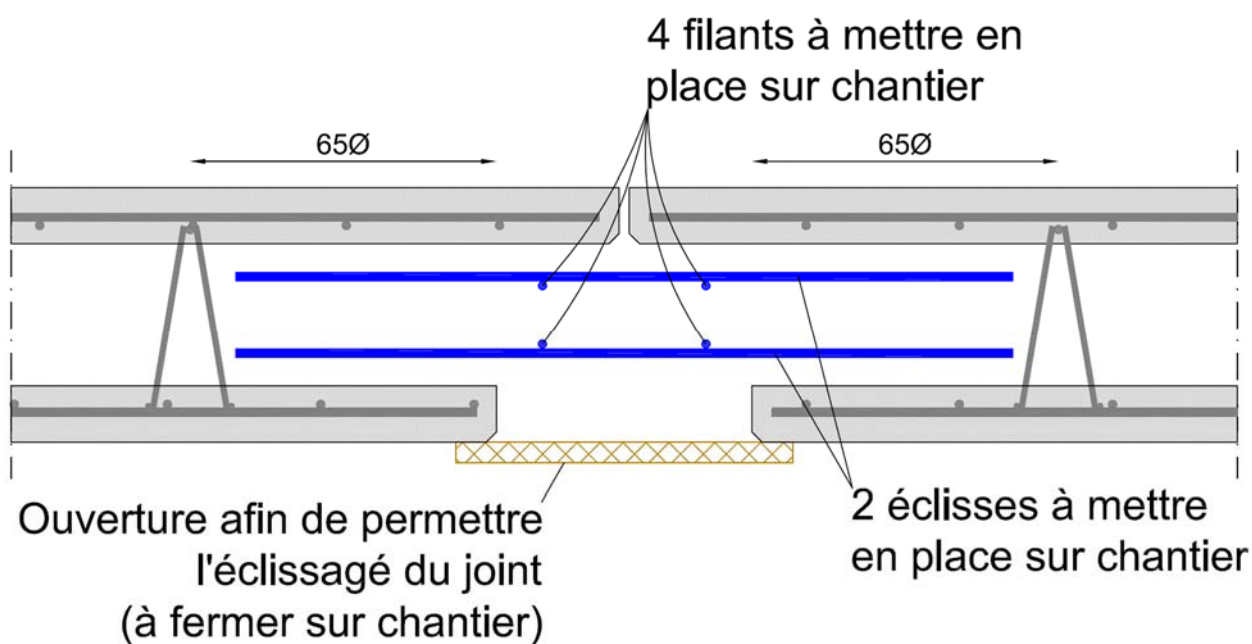


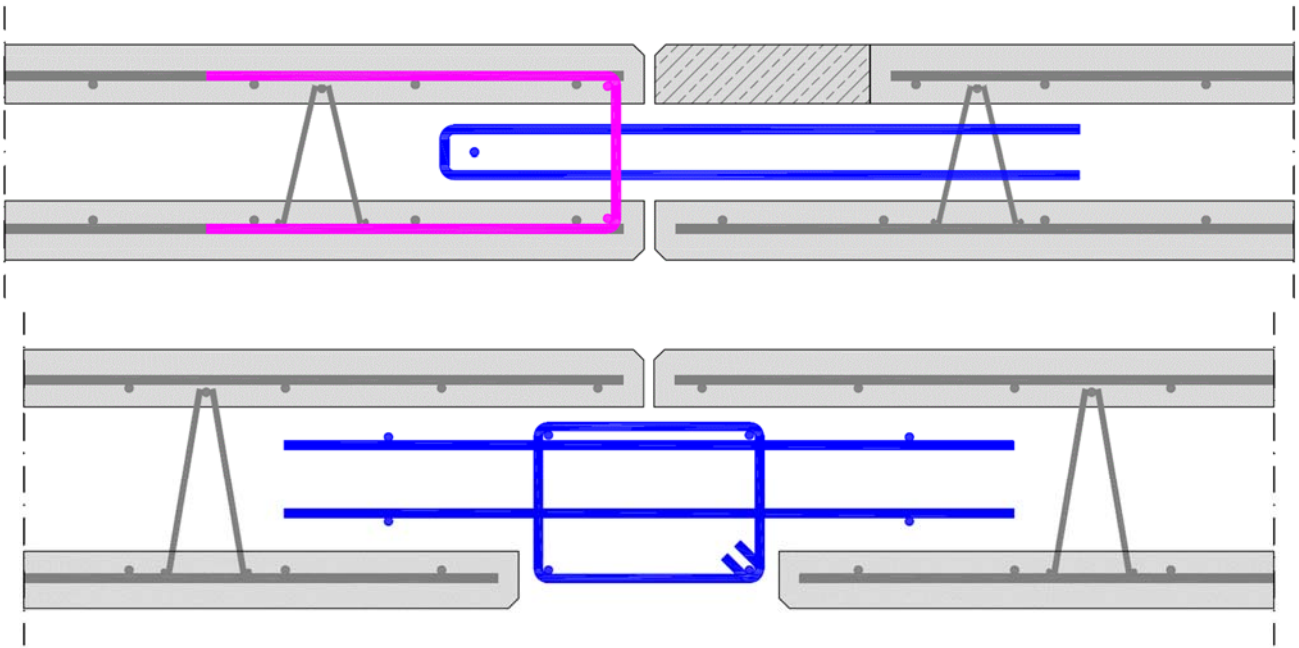
Lumières (espacées de 2,5m maximum) ou ouverture de lame toute hauteur pour le ripage de la cage d'armature

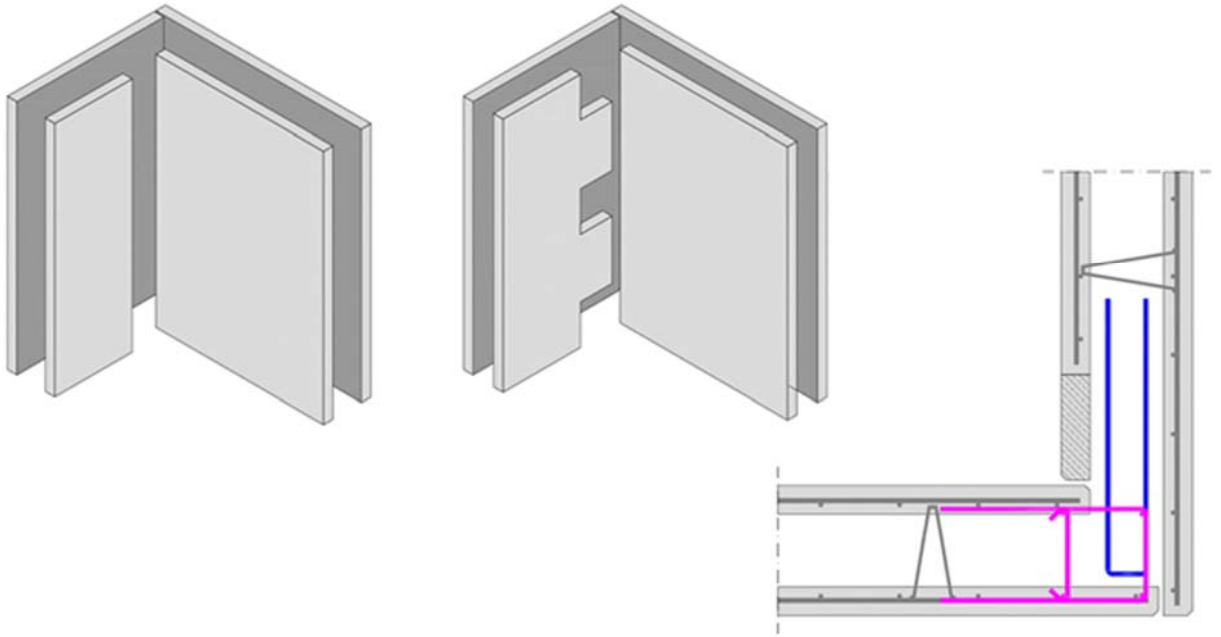
Liaisons verticales droites



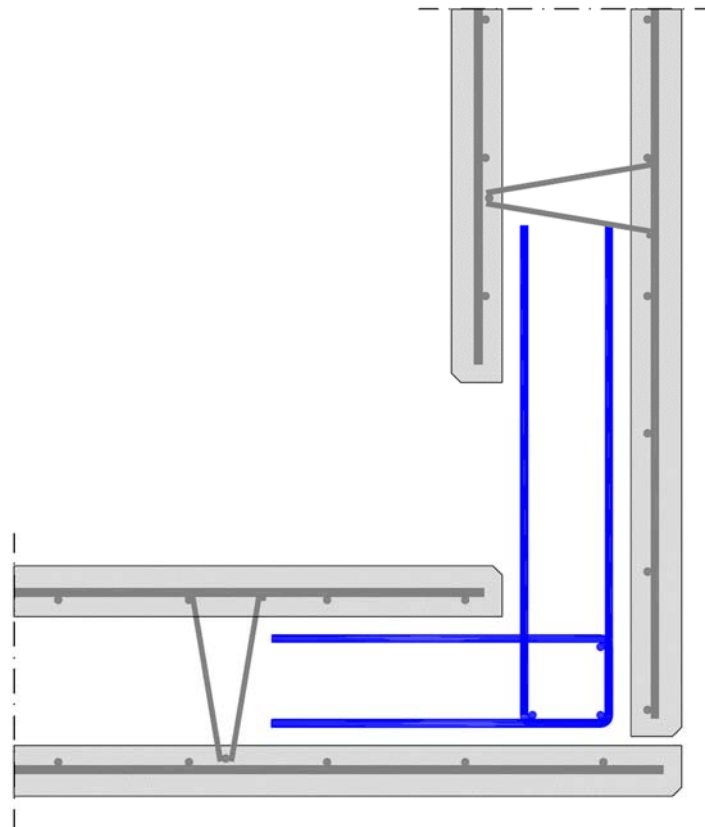
Détail valable uniquement pour les bâtiments relevant des règles PS MI 89 révisées 92 de janvier 2011

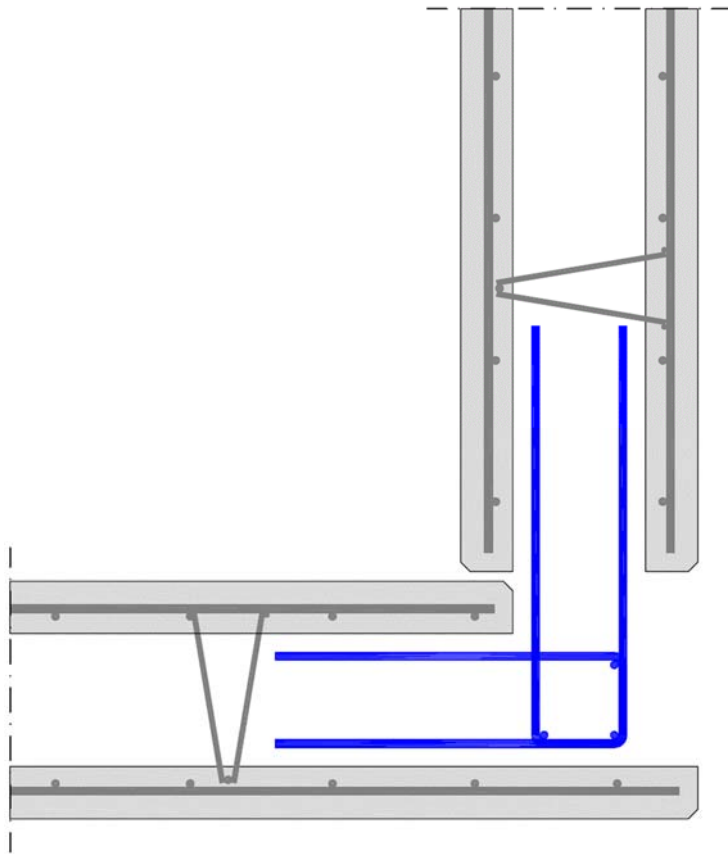




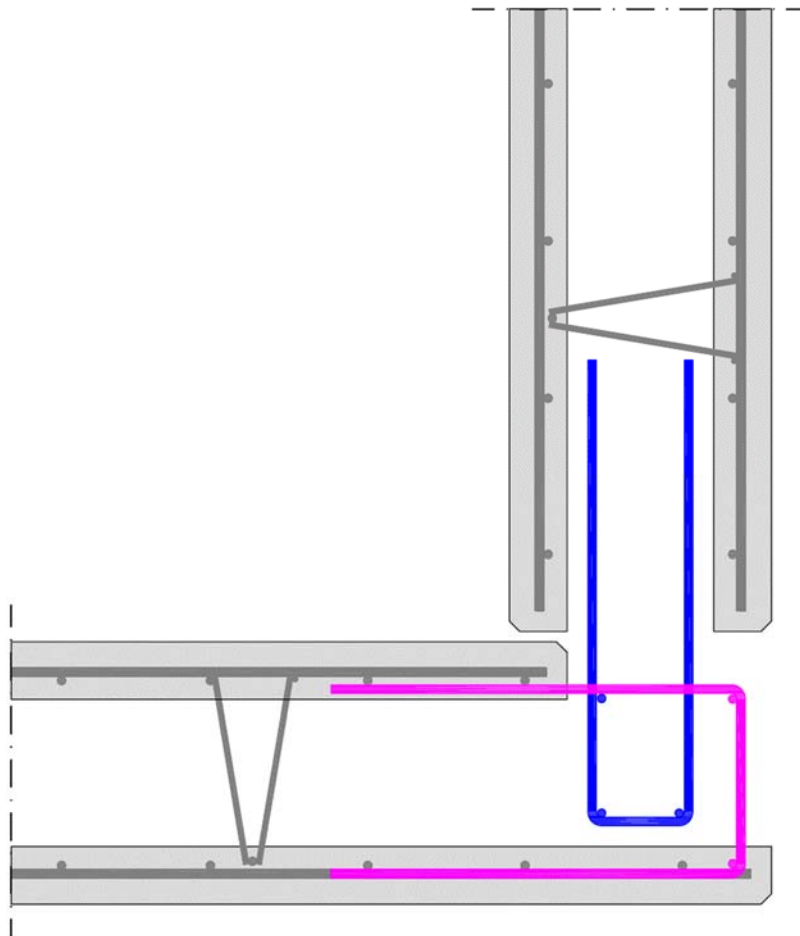


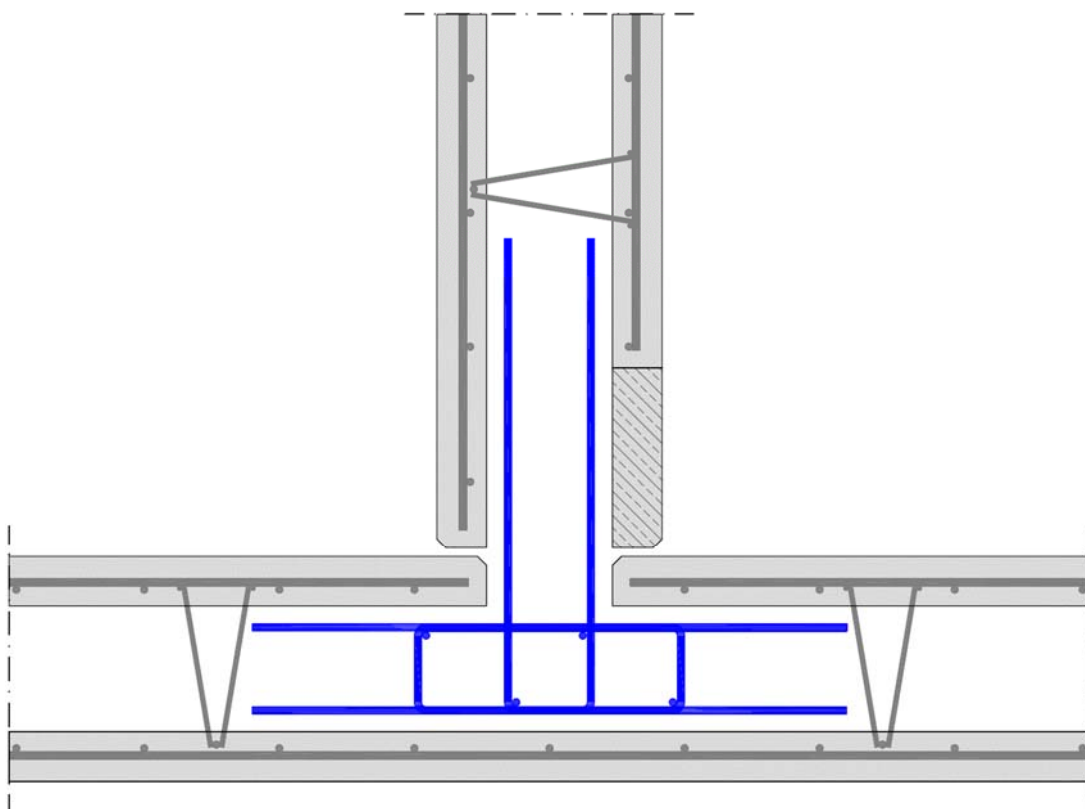
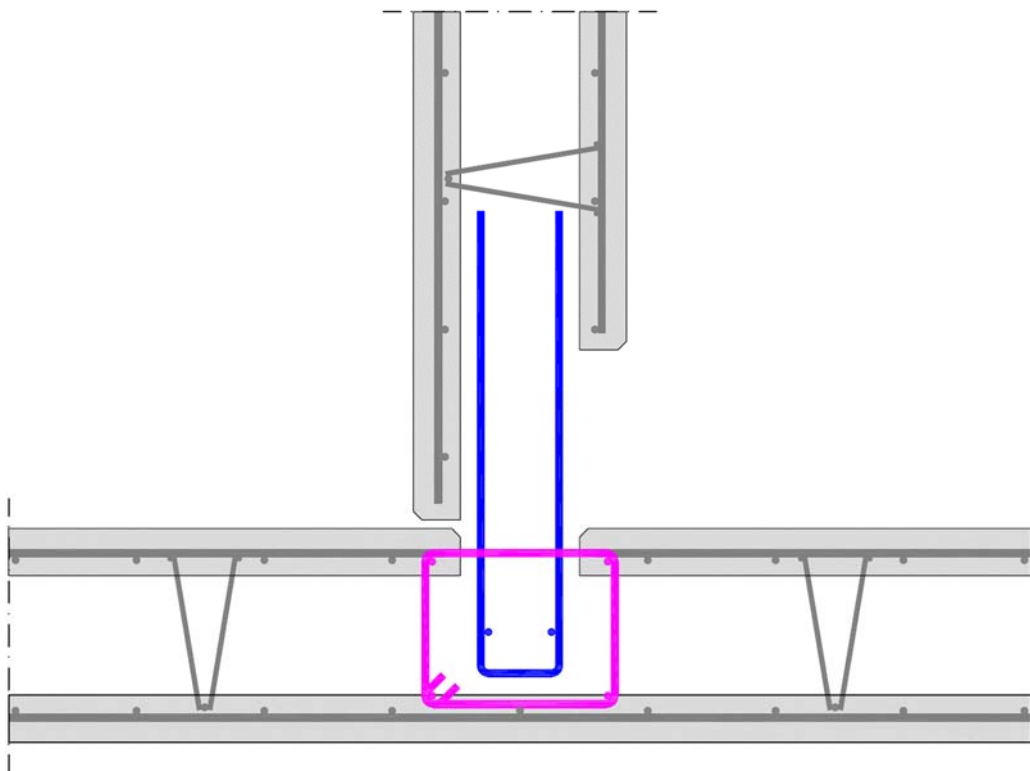
Liaison d'angle avec lumières (espacement maximum 2.5 m) ou ouverture d'une lame toute hauteur pour permettre la mise en place de l'armature de liaison

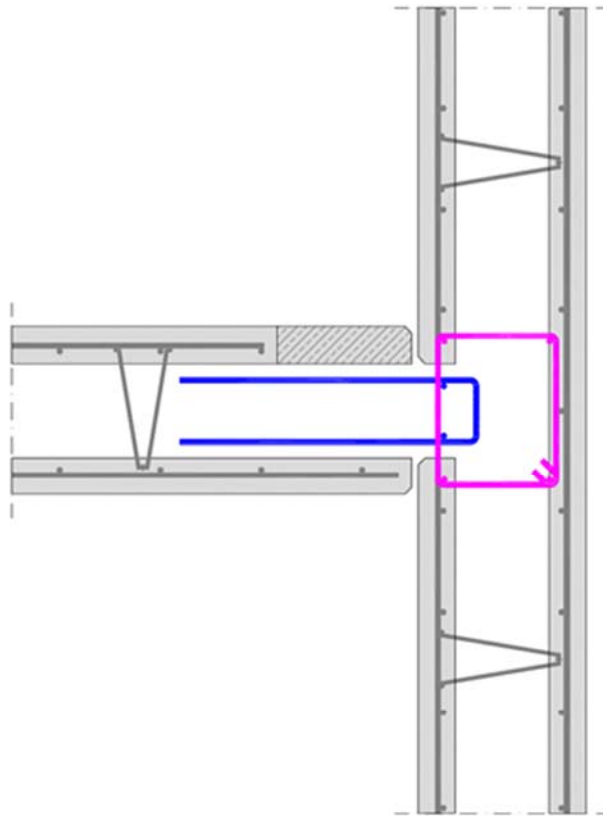




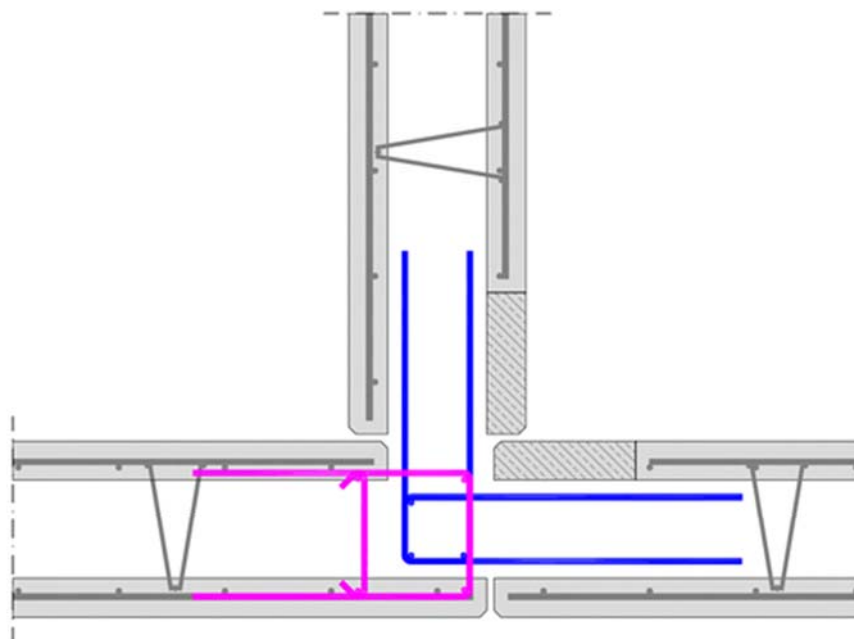
Détails valables uniquement pour les bâtiments relevant des règles PS MI 89 révisées 92 de janvier 2011







Liaison de refend couturée avec lumières (espacement maximum 2.5 m) ou ouverture d'une lame toute hauteur pour permettre la mise en place de l'armature de liaison



Liaison en T couturée avec lumières (espacement maximum 2.5 m) ou ouverture d'une lame toute hauteur pour permettre la mise en place de l'armature de liaison