

Sur le procédé

MUR 2000+

Famille de produit/Procédé : Mur à coffrage intégré

Titulaire : **Société KERKSTOEL 2000+ NV**

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cet avis annule et remplace l'Avis Technique 3.2/16-850_V1.</p> <p>Les modifications apportées par rapport à la version précédente :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise à jour du dossier technique suivant jurisprudence du GS3.2 et évolutions normatives ; Mise à jour des références chantiers. 	Angel JUNES	Roseline BERNARDIN-EZRAN

Descripteur :

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 17 cm à 50 cm ;
- Epaisseurs nominales des parois intérieures et extérieures : comprises entre 50mm et 80mm ;

Dimensions maximales en plan 10,0 m x 3,50 m.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	5
1.2.3.	Impacts environnementaux	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	5
1.4.	Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé	7
2.	Dossier Technique.....	8
2.1.	Mode de commercialisation.....	8
2.1.1.	Coordonnées	8
2.1.2.	Mise sur le marché	8
2.1.3.	Identification	8
2.2.	Description.....	8
2.2.1.	Principe.....	8
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	8
2.3.	Disposition de conception	10
2.3.1.	Généralités.....	10
2.3.2.	Conception des éléments préfabriqués	10
2.3.3.	Recouvrement des armatures	12
2.3.4.	Armatures d'éclissage	12
2.3.5.	Critères de bétonnage du noyau.....	12
2.3.6.	Eléments sollicités dans leur plan	15
2.3.7.	Eléments sollicités perpendiculairement à leur plan.....	16
2.3.8.	Sécurité au feu	16
2.3.9.	Dispositions parasismiques	16
2.4.	Disposition de mise en œuvre	17
2.4.1.	Transport des panneaux.....	17
2.4.2.	Levage des panneaux	17
2.4.3.	Pose des panneaux.....	17
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	17
2.6.	Traitement en fin de vie	18
2.7.	Assistance technique	18
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	18
2.8.1.	Fabrication	18
2.8.2.	Contrôle interne	19
2.8.3.	Contrôle externe	19
2.9.	Mention des justificatifs	19
2.9.1.	Références chantiers.....	19
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	20

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine, zones sismiques 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 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé « Mur 2000+ » est destiné à la réalisation des murs porteurs ou non porteurs en infrastructure et en superstructure en périphérie des bâtiments et à l'intérieur comme mur de refend. Ce procédé peut intégrer des poutres voiles, des poutres et des poteaux.

Le procédé « MUR 2000+ » est destiné à la réalisation de 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 murs « MUR 2000+ » peuvent être sollicités :

- Par des charges essentiellement dans leur plan, c'est le cas des murs, poteaux, poutres, poutres-voiles et acrotères.
- Par des charges perpendiculaires à leur plan (flexion simple ou composée), c'est le cas des murs de soutènement, murs de silos ou de magasins de stockage et murs enterrés soumis ou non à une pression hydrostatique.

Les murs « MUR 2000+ » peuvent être utilisés dans des ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté de 22 octobre 2010 modifié.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés, dans les limites résultant de l'application des règles de dimensionnement décrites dans le Dossier Technique, 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).

1.2.1.2. Sécurité au feu

Les éléments « MUR 2000+ » peuvent également être utilisées comme murs séparatifs coupe-feu. Dans ce cas d'utilisation les joints entre éléments doivent être traités coupe-feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « MUR 2000+ » 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 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 NF EN 1990/NA.

1.2.1.3. Aptitude au levage

Vis-à-vis de leur aptitude au levage, seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 17 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.

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage non incorporés aux MCI « MUR 2000+ » (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, ...).

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

Le système permet de l'assurer normalement.

1.2.1.5. 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-Bât », en se référant, le cas échéant, à l'Avis Technique visant ce système.

1.2.1.6. 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).

1.2.1.7. 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.

1.2.1.8. 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.

1.2.1.9. 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-Bât.

1.2.1.10. 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.

1.2.1.11. Données environnementales

Le procédé de MCI « MUR 2000+ » 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 de MCI « MUR 2000+ » 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.

1.2.1.12. Aspects sanitaires

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

1.2.2. Durabilité

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.

1.2.3. Impacts environnementaux

Le traitement de fin de vie est assimilé à celui de produits traditionnels.

1.3. 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 Dossier Technique 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.

La certification CSTBat a été remplacée par la certification NF selon le référentiel NF 548.

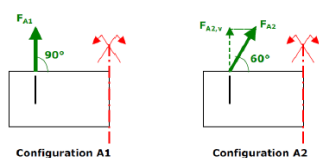
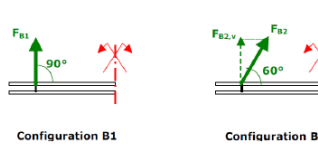
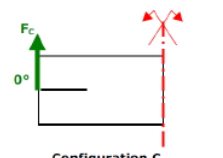
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité du présent Avis ; notamment les **enrobages minimaux des boucles de levage**, côtés faces intérieures **et** faces extérieures, respectivement du premier et du second voile préfabriqués doivent être conformes aux prescriptions de l'Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité exploité par la Société H-Bau.

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.

Tableau 1 - Vérification de la résistance des boucles au levage

Situation de levage	Levage en position verticale ⁽¹⁾	Levage à plat	Retournement
Vérification	$CMU1 \geq \frac{(p A + Q) \gamma_{ed} \gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU2 \geq \frac{(p A + Q) \gamma_{ed} \gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU3 \geq \frac{1}{2} \frac{(p A + Q) \gamma_{ed} \gamma_{pp}}{n_b}$
Schémas cas de levage	 <p>Configuration A1 Configuration A2</p>	 <p>Configuration B1 Configuration B2</p>	 <p>Configuration C</p>

⁽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

Tableau 2 - CMU des boucles au levage

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 $C_{1bc,int}$, $C_{2bc,int}$, $C_{1bc,ext}$, $C_{2bc,ext}$ [mm]	Levage en position verticale CMU₁ [kN]	Levage à plat du MCI CMU₂ [kN]	Retournement du MCI CMU₃ [kN]
KE III	$\phi_1 = 13$	$b \geq 17$ et $b \leq 40$	$b_{pi} \geq 50$	$C_{i bc,int} \geq 10$ $C_{i bc,ext} \geq 15$	21,80	4,25	13,30
KE IV	$\phi_1 = 15,5$	$b \geq 19$ et $b \leq 40$	$b_{pi} \geq 60$	$C_{i bc,int} \geq 15$ $C_{i bc,ext} \geq 20$	45,30	Non visé	20,70

Où :

- ϕ_1 correspond au diamètre de l'acier façonné de l'ancre 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_{1min} et C_{2min} correspondent aux **enrobages minimaux des raidisseurs**, côtés faces intérieures, respectivement du premier et du second voile préfabriqués (tels que définis au §1.1.1.6 du CPT « MCI » Cahier 3690_V2 du CSTB).

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : KERKSTOEL 2000+ NV

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le procédé de mur à coffrage intégré « MUR 2000+ » fait l'objet d'une déclaration des performances (DoP) établie par KERKSTOEL 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.

2.1.3. Identification

Tous les éléments « MUR 2000+ » sont munis d'une étiquette qui comporte, outre les informations requises au titre du marquage CE, les éléments suivants :

- Date de production ;
- Poids de l'élément ;
- Repère de l'élément ;
- Nom du projet ;
- Numéro et code du dossier de commande ;
- N° du plan ;
- Nom de l'usine de production ;
- Matériaux.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré, « MUR 2000+ » est constitué de deux parois en béton armé préfabriquées d'épaisseurs comprises entre 50 mm et 80 mm, maintenues espacées par des raidisseurs métalliques verticaux. Le vide, constituant le noyau central du mur, de largeur nominale minimale égale à 70 mm, est complété par un béton coulé sur chantier, armé conformément au CPT « MCI » complété par les prescriptions du présent dossier technique.

Les « MUR 2000+ » ainsi constitués ont une épaisseur totale comprise entre 17 cm et 50 cm, et des dimensions maximales de 10,0 m x 3,50 m.

Ces éléments, constituent l'enveloppe extérieure ainsi que les murs de refend des bâtiments. Ces éléments sont porteurs ou non porteurs et ils sont posés à l'avancement du chantier.

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. Enfin, ils peuvent également être complétés en œuvre soit par un système d'isolation thermique par l'extérieur soit par un doublage intérieur isolant.

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. 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.

Des « accessoires » tels que les bâtis de menuiseries, les équipements électriques, les inserts, les réservations, etc... peuvent être incorporés lors de la réalisation en usine.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Bétons

2.2.2.1.1. Bétons des voiles préfabriqués

Pour la paroi intérieure et la paroi extérieure, réalisées en usine, le béton est de classe C40/50 et conforme à la norme NF EN 206/CN.

La résistance caractéristique à la compression (sur éprouvette cubique 100x100x100 mm) minimale du béton de la deuxième paroi préfabriquée, avant la première manutention doit être de 20 MPa.

La nature du ciment et son dosage sont adaptés à la classe d'exposition liée à la situation de l'élément dans l'ouvrage.

Granulométrie courante des agrégats : sable 0/4, graviers 2/10 et 10/14.

2.2.2.1.2. Béton de remplissage du noyau

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 200 mm (portée à 220 mm 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.

2.2.2.2. Acier

2.2.2.2.1. Généralités

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

2.2.2.2.2. Raidisseurs métalliques

Les raidisseurs métalliques utilisés sont certifiés NF AFCAB, du type INTERSIG, BDW ou équivalent et de nuance d'acier B500A (hors exigences sismiques) ou B500B. Ils assurent la liaison entre la paroi intérieure et la paroi extérieure.

L'entraxe maximal des raidisseurs métalliques est fixé à 60 cm.

2.2.2.2.3. 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.

2.2.2.3. Accessoires de levage est stabilité

2.2.2.3.1. Levage

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

- Des organes de levage KE III et KE IV pour la gamme couverte par leur Avis Technique en cours de validité
- Ou à partir d'autres organes de levage pour l'ensemble de la gamme

Un élément « Mur 2000+ » comportera en partie supérieure au minimum 2 inserts de levage.

Pour les éléments de grande hauteur, devant être transportés sur chant, ils seront équipés au minimum de 2 inserts de levage en tête et de 2 inserts de levage sur chant.

Le retournement sur chantier se fera à l'aide d'un basculeur, mis à la disposition par la société KERKSTOEL.

2.2.2.3.2. Stabilité en phase provisoire

Des douilles métalliques, filetées, sont scellées en usine dans le voile intérieur pour assurer la liaison aux étais tire-pousse pendant les phases de montage et de bétonnage du noyau.

2.2.2.3.3. Autres accessoires

- Rails d'ancrage ;
- Coffrages pour réservations spécifiques ;
- Boîtiers et gaines électriques ;
- Cales d'armatures ;
- Boîtiers pour armatures type STABOX ou similaire.

2.2.2.4. Joints d'étanchéité entre panneaux

Un système d'obturation de type cordon de mousse pourra être mis en place comme fond de joint à la pose des murs, tant sur la paroi extérieure que sur la paroi intérieure, pour empêcher les fuites de laitance lors du bétonnage du noyau. Ce cordon peut être ou non retiré après séchage du béton. Le joint sera rempli de mortier ou d'un mastic.

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.

2.2.2.4.1. Paroi extérieure

- La mise en place d'un joint entre panneaux n'est pas nécessaire pour les parois revêtues d'un isolant, d'une vêtture ou d'un bardage ;
- Pour les parois destinées à être peintes, les joints doivent être garnis d'un joint mastic dont la compatibilité doit être vérifiée ;
- Pour les parois enduites, les joints doivent être remplis à l'aide d'un mortier classique et recouvert d'un entoilage avant enduit.

2.2.2.4.2. Paroi intérieure

- Pour les parois revêtues d'un doublage, le traitement des joints n'est pas nécessaire ;
- Dans les autres cas, les joints seront traités à l'aide d'un mortier sans retrait.

2.2.2.4.3. Points singuliers

Au droit des ouvertures, le dispositif de joint d'étanchéité doit permettre une continuité en tous points, notamment entre les tableaux et les pièces d'appui.

Pour les acrotères, le joint sera identique aux joints courants sur tout le contour de l'acrotère avec un traitement particulier pour le relevé d'étanchéité. Pour éviter les infiltrations entre les parois préfabriquées et le noyau coulé sur chantier, la partie supérieure sera protégée par une couverture métallique ou un chaperon en béton.

2.2.2.5. Matériaux d'habillage ou traitement du parement

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.

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Généralités

Le comportement final d'un mur réalisé à partir du procédé de MCI « MUR 2000+ » 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.

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.

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

Dans le cas d'éléments non porteurs, les dimensions et le calepinage des panneaux sont déterminés par le bureau d'études KERKSTOEL en fonction des informations transmises par le BET structure du chantier.

Dans le cas d'éléments porteurs, le BET structure du chantier calcule les efforts transmis aux éléments et détermine les épaisseurs béton et les sections d'armatures nécessaires à leur stabilité. Le calepinage est effectué par le titulaire. Le BET structure du chantier réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, ...) conformément aux prescriptions du CPT 3690_V2.

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 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. 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.

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

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. Enfin, une vérification du non-dépassement de la CMU est effectuée au cas par cas pour chaque boucle de levage.

2.3.2. Conception des éléments préfabriqués**2.3.2.1. 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.

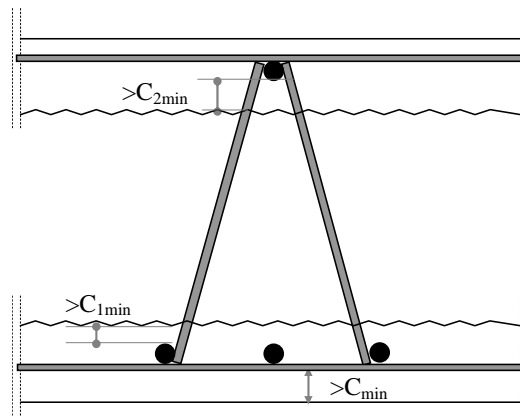
Par exemple, pour une classe d'exposition normale d'un mur extérieur (XC4) en béton de classe C40/50, l'enrobage minimal des armatures de la face exposée sera de 15 mm.

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

2.3.2.2. 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.

Figure 1 – Enrobage des treillis raidisseurs



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

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

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

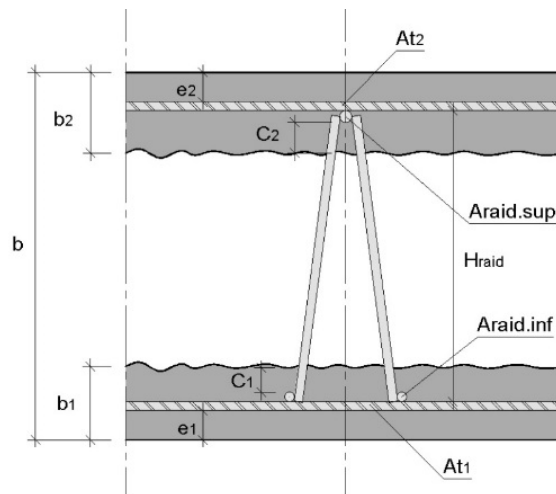
Avec :

- $c_{cout_1min} = 10$ 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.

2.3.2.3. 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.

Figure 2 – Epaisseurs minimales des voiles préfabriqués



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 NF 548 sont les suivantes :

- Tolérance sur la hauteur du treillis raidisseur :

$$\Delta H_{raid} = +1/-3 \text{ mm}$$

- Tolérances sur les enrobages e_1 et e_2 respectivement dans le premier et dans le deuxième voile préfabriqué :

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

- Tolérances sur les épaisseurs b_1 et b_2 respectivement du premier et du deuxième voile préfabriqué : $\Delta b_1 = \Delta b_2 = +3/-3 \text{ mm}$ en valeur moyenne et +6/-6 mm en valeur ponctuelle

- Tolérance sur l'épaisseur b du MCI : $\Delta b = +3/-3 \text{ mm}$ en valeur moyenne et +6/-6 mm en valeur ponctuelle

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 :

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

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

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

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

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

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

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.

2.3.3. 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 12 mm ; dans tous les autres cas, $\eta_1 = 1,0$.

2.3.4. 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).

Figure 3 - Exemple d'éclissage horizontal

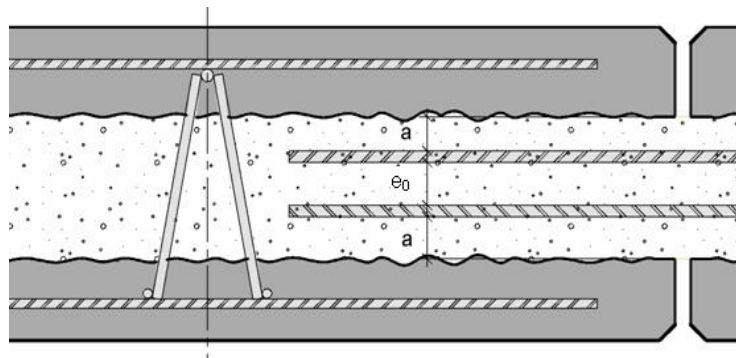
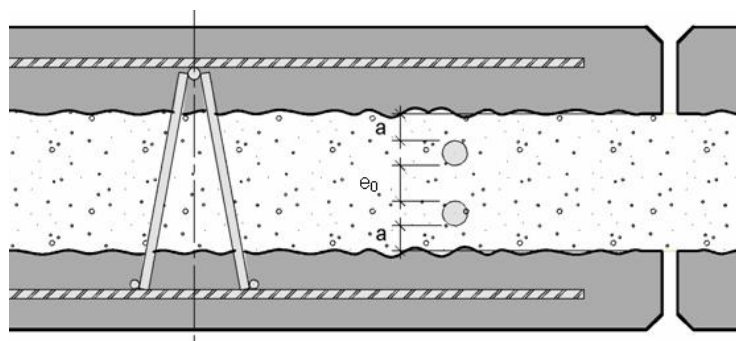


Figure 4 - Exemple d'éclissage vertical



2.3.5. Critères de bétonnage du noyau

2.3.5.1. 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 ferraiillées (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.

Le bureau d'études KERKSTOEL vérifiera que la pression maximale du béton est inférieure à 30 kN/m². Au-delà de cette valeur, le bureau d'études calculera le nombre de raidisseurs complémentaire à mettre en place.

2.3.5.2. 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 $H_{max} = 3$ m.

2.3.5.3. 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 ($c_{imin} = 15 \text{ mm}$ ou 17 mm). 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 .

Figure 5 - Vitesse de bétonnage pour les BPS en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{imin} = 15 \text{ mm}$)

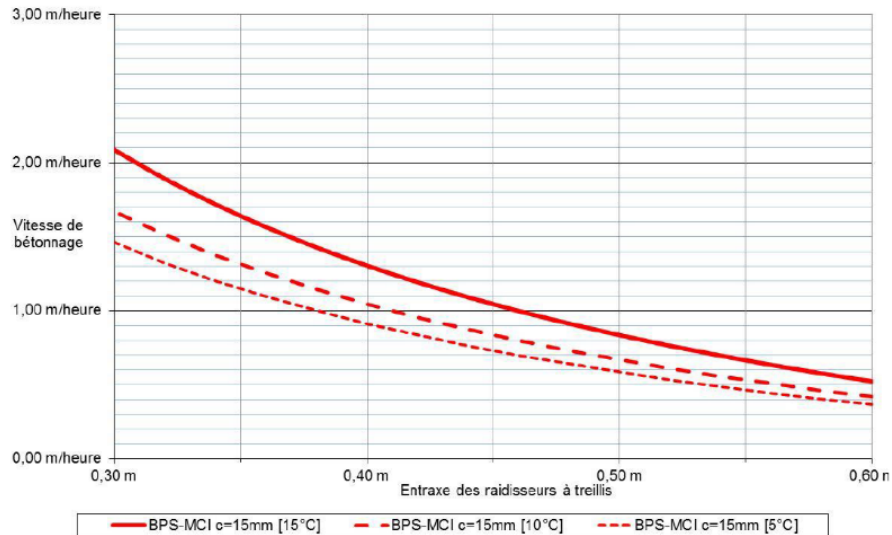
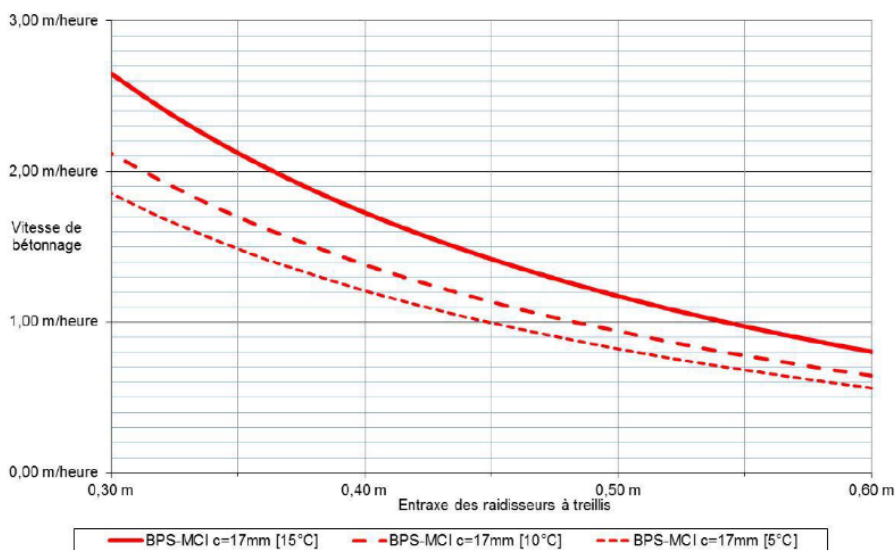


Figure 6 - Vitesse de bétonnage pour les BPS en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{imin} = 17 \text{ mm}$)



2.3.5.4. Contrôle du remplissage

Des orifices dans les éléments préfabriqués « MUR 2000+ » (diamètre de 50 mm) 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 sonore peut également être envisagée.
Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

2.3.5.5. Prescriptions particulières pour le levage par boucles KE III et KE IV

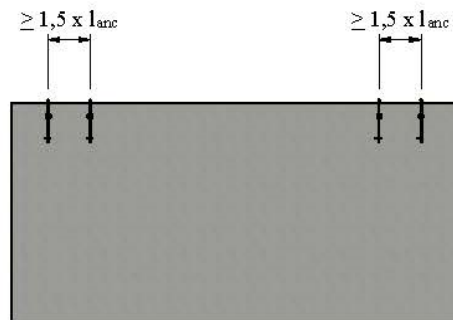
Les prescriptions complémentaires lorsque le procédé « MUR 2000+ » inclus le système de levage « Ancres KE III et KE IV » faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité sont les suivantes :

- Le choix et l'implantation des ancres de levage KE, insérées lors de la préfabrication du MCI « MUR 2000+ » 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 « l_g » retenue prenne en compte la distance intérieure entre nappes de ferrailage tout en veillant à assurer les enrobages internes « $c_{1bc,int}$ » et « $c_{2bc,int}$ » exigés par le modèle mis en œuvre.

Note : La taille « l_g » 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 10 mm dès la mise en place dans la première paroi).

- L'ancre ne doit pas être en œuvre en débordement par rapport à l'arase supérieure la plus basse. Un acier filant HA10 minimum doit toujours être intégré en rive supérieure de chaque paroi, sur toute la longueur, avec un enrobage minimal de 20 mm aux 3 bords.

Figure 7 – Position des ancres de levage



- Les ancres de transport KE dans le plan du MCI respecteront une distance d'entraxe minimale de $1,5 \times l_{anc}$, soit une valeur supérieure ou égale à 550 mm pour les ancres KE III et respectivement à 900mm pour celles KE IV. De plus, on fera en sorte d'implanter les ancres de transport KE symétriquement autour du centre de gravité du « MUR 2000+ ».
- 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 $1,41 \text{ cm}^2/\text{m}$ dans les deux sens et pour chaque paroi préfabriquée.
- A la première manutention**, le béton de la deuxième paroi préfabriquée doit avoir une résistance à la compression **d'au minimum 20 MPa** (sur éprouvette cubique $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$).
- Lorsque le nombre de points de levage des « MUR 2000+ » est supérieur à 2, un système équilibrant est nécessaire ; l'angle de levage maximal « β » entre brins opposés d'élingage est de 60° .

2.3.5.6. 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 200 mm sous l'arase. Cette distance doit être compatible avec la longueur de recouvrement des armatures.

Figure 8 - Reprise de bétonnage dans le cas d'une dalle

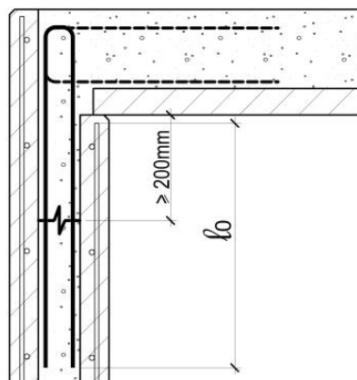
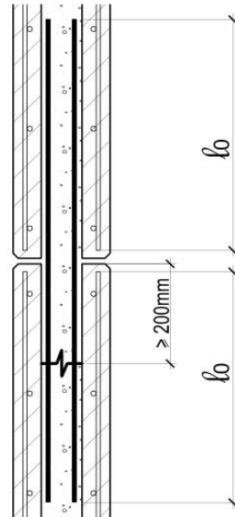


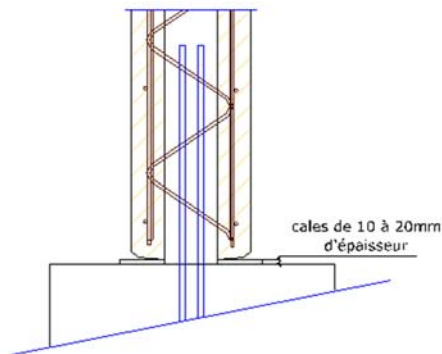
Figure 9 - Reprise de bétonnage dans le cas de MCI superposés

2.3.6. Eléments sollicités dans leur plan

2.3.6.1. 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 ».

Figure 10 – Joints en pied du mur

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.

2.3.6.2. 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).

2.3.6.3. 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).

2.3.6.4. 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 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2).

2.3.6.5. 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).

2.3.7. 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).

2.3.7.1. 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).

2.3.7.2. 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).

2.3.7.3. 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.

2.3.7.4. 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.

2.3.7.5. 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).

2.3.7.6. Boîtes d'attentes et prédalles

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

2.3.8. 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'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 de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA).

2.3.9. Dispositions parasismiques

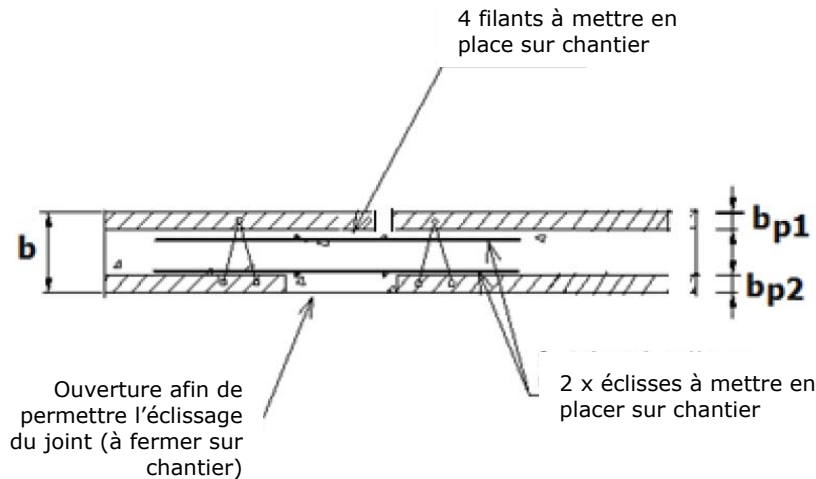
Conformément au paragraphe 1.1.1.13 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2), La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un panneau de mur à coffrage intégré est réalisée sur l'hypothèse d'une section homogène équivalente au mur banché substitué.

Liaisons entre murs à coffrage intégré en zone courante

A défaut de calcul spécifique des liaisons :

- Les liaisons horizontales sont proscrites ;
- Pour les liaisons verticales, il y a lieu de réaliser des poteaux au droit des joints selon la figure ci-dessous :

Figure 11 – Liaisons verticales entre murs



Dans le cas de justifications des liaisons par le calcul, l'effort tranchant sollicitant doit être comparé aux efforts tranchants résistants mobilisables en fonction du type de liaison (horizontale ou verticale) et du cas de charge étudié.

Ces dispositions ne concernent que les murs considérés comme éléments sismiques primaires. Pour les autres voiles considérés comme éléments sismiques secondaires, les liaisons sont conformes aux liaisons préconisées en dehors des zones sismiques.

Le choix du principe de fonctionnement devra être fait lors de la conception de l'ouvrage par le BET Structure du chantier en collaboration avec KERKSTOEL.

Liaisons entre murs à coffrage intégré et planchers

L'utilisation des boîtes d'attente pour la liaison murs à coffrage intégrés / planchers est strictement proscrite en cas d'exigence sismique.

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Transport des panneaux

Les éléments sont transportés à l'aide de remorques classiques ou surbaissées.

Pour les conditions de transport standard, les dimensions maximums des MCI « MUR 2000+ » sont de 10 m x 3,5 m.

Une dimension supérieure à 10 m est possible, moyennant un mode de transport adapté.

Afin que le déchargement d'un élément ne compromette pas la stabilité du reste du chargement, les panneaux sont arrivés au support indépendamment les uns des autres. Les liaisons individuelles sont supprimées lorsque le panneau est repris par la grue conformément à la notice de manutention jointe au bordereau de livraison.

2.4.2. Levage des panneaux

Les éléments de mur équipés de quatre boucles sont manutentionnés à l'aide d'un système équilibrant.

La manutention peut être réalisée en accrochant directement le crochet de l'élingue à la boucle.

2.4.3. Pose des panneaux

L'entreprise KERKSTOEL n'assure pas la pose des éléments. Un cahier des charges, transmis par KERKSTOEL décrit toutes les étapes du montage.

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 de la partie Avis (§1.4).

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Conformément au présent Dossier Technique, la société KERKSTOEL assure la fabrication et le transport des MURS 2000+ et la mise en œuvre est réalisée par l'entreprise titulaire du marché.

L'exploitation et l'entretien doit être assuré par le gestionnaire de l'immeuble. La durabilité d'ensemble des murs de façade de ce procédé peut être considérée comme équivalente à celle des murs traditionnels en béton.

En ce qui concerne les joints entre mur, s'ils sont constitués d'un mastic élastomère, alors les travaux d'entretien normaux sont à prévoir, tel que le prévoit le cahier des charges des joints.

2.6. Traitement en fin de vie

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

2.7. Assistance technique

Le BET structure de l'opération détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armature. Le calepinage est réalisé par KERKSTOEL en tenant compte des spécificités du procédé conformément aux prescriptions du CPT 3690_V2 et du présent Dossier Technique.

KERKSTOEL assure la fabrication des produits conformément au §2.8 et le transport conformément au §2.4 du présent Dossier Technique.

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.

Conformément au §2.4 du Dossier Technique, la mise en œuvre du « MUR 2000+ » est réalisée par l'entreprise titulaire du marché selon les préconisations d'exécution fournies par KERKSTOEL.

S'il s'agit d'une première utilisation du procédé, KERKSTOEL peut, à la demande de l'entreprise, lui apporter son assistance technique.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

Elle s'effectue dans l'usine KERKSTOEL à GROBBENDONK en Belgique, sur des tables de préfabrication horizontales, métalliques, intégrées dans un process de production type carrousel.

Les faces vues des deux parois sont coulées en fond de moule.

Le cycle de production se déroule en 3 phases dans l'ordre suivant :

- A. Bétonnage de la paroi intérieure **H**.
- B. Bétonnage de la paroi extérieure **H+ 8 Heures (au minimum)**.
- C. Décoffrage du mur **H+ 16 Heures (au minimum)**.

Phase A :

1. Après nettoyage des équipements, mise en place des différentes joues de coffrage métalliques, définissant la géométrie du voile, à l'aide d'un robot de coffrage. La fixation des joues se fait par l'intermédiaire d'aimants.
2. Mise en place de l'agent de démoulage.
3. Mise en place des encadrements de baies ou portes et accessoires si nécessaire.
4. Mise en place de l'armature du voile, calée par l'intermédiaire de cales plastiques adaptées.
5. Mise en place des treillis raidisseurs.
6. positionnement, mise en place et maintien des boucles de levage sur le lit de ferrailage de la première paroi, entre 2 raidisseurs.

A noter : dans certains cas (exemple des parois minces dont les lits d'armatures sont inversés), les armatures des 2 parois sont intégrées à cette étape.

7. Mise en œuvre du béton et vibrage de la table.
8. Contrôle de l'enrobage intérieur $C_{1bc,int}$ de la boucle de levage, le détrompeur rouge doit être entièrement recouvert de béton.
9. Stockage de la table (sur laquelle repose le premier voile en béton armé avec les treillis raidisseurs dont les lits inférieurs sont pris dans le béton) dans une étuve à température et hygrométrie contrôlées pendant 8 heures.

Phase B :

10. Renouvellement des points 1 à 5 pour la paroi extérieure. Mise en œuvre du béton et vibrage de la table.
11. Retournement de la paroi intérieure sur la paroi extérieure à l'aide d'un équipement de retournement et vibrage de la table. La résistance minimale à la compression du béton de la première paroi avant retournement est de 12 MPa (sur cube).
12. Contrôle de l'enrobage intérieur $C_{2bc,int}$ de la boucle de levage, le détrompeur rouge doit être entièrement recouvert de béton.
13. Stockage de la table dans une étuve à température et hygrométrie contrôlées pendant 8 heures.

Phase C :

14. Décoffrage à l'aide de ponts roulants et table de relevage.
15. Traitement éventuel de la face extérieure du mur.
16. Mise sur parc directement dans un rack de livraison.

Dans le cas de dissymétrie entre les deux parois, la paroi la moins haute sera coulée en 1^{ère} phase.

Après maturation du béton, relevage de la table et manutention des éléments à l'aide de ponts roulants.

Après traitement éventuel du voile extérieur stockage des éléments en sortie d'usine, verticalement, dans des racks de livraison.

2.8.2. Contrôle interne

Durant le processus de production la qualité est assurée par le personnel de production suivant la procédure qualité décrite dans le manuel qualité.

L'entreprise est certifiée ISO 9001.

En plus des contrôles mis en place par le titulaire, le procédé doit mettre en œuvre toute disposition utile sur les 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.

2.8.3. Contrôle externe

La production des « MUR 2000+ » fait l'objet d'un marquage CE selon les normes EN 14992 et EN 15258 dont le suivi est effectué par l'organisme de certification PROBETON.

Les MCI « MUR 2000+ » font l'objet d'une certification NF selon le référentiel NF 548 dont le suivi est effectué par le C.S.T.B.

Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques certifiées suivantes :

- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton des parois préfabriquées, $f_{ck,p}$;
- 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 définis par le fabricant de +/-3 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, nb d'inserts) ;
- Identification visuelle des inserts de levage.

Les contrôles des boucles de levage sont réalisés par le fournisseur conformément à l'Avis Technique « Ancres KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la société H-BAU.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Références chantiers

Année	Projet	Commune		Quantité [m ²]
2020	Logements	59118	WAMBRECHIES	322
2020	Logements	59140	MALO-LES-BAINS	2836
2020	Bureaux	59000	LILLE	1197
2020	Bureaux	59000	LILLE	2146

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

Figure 12 - Principes généraux MUR 2000+

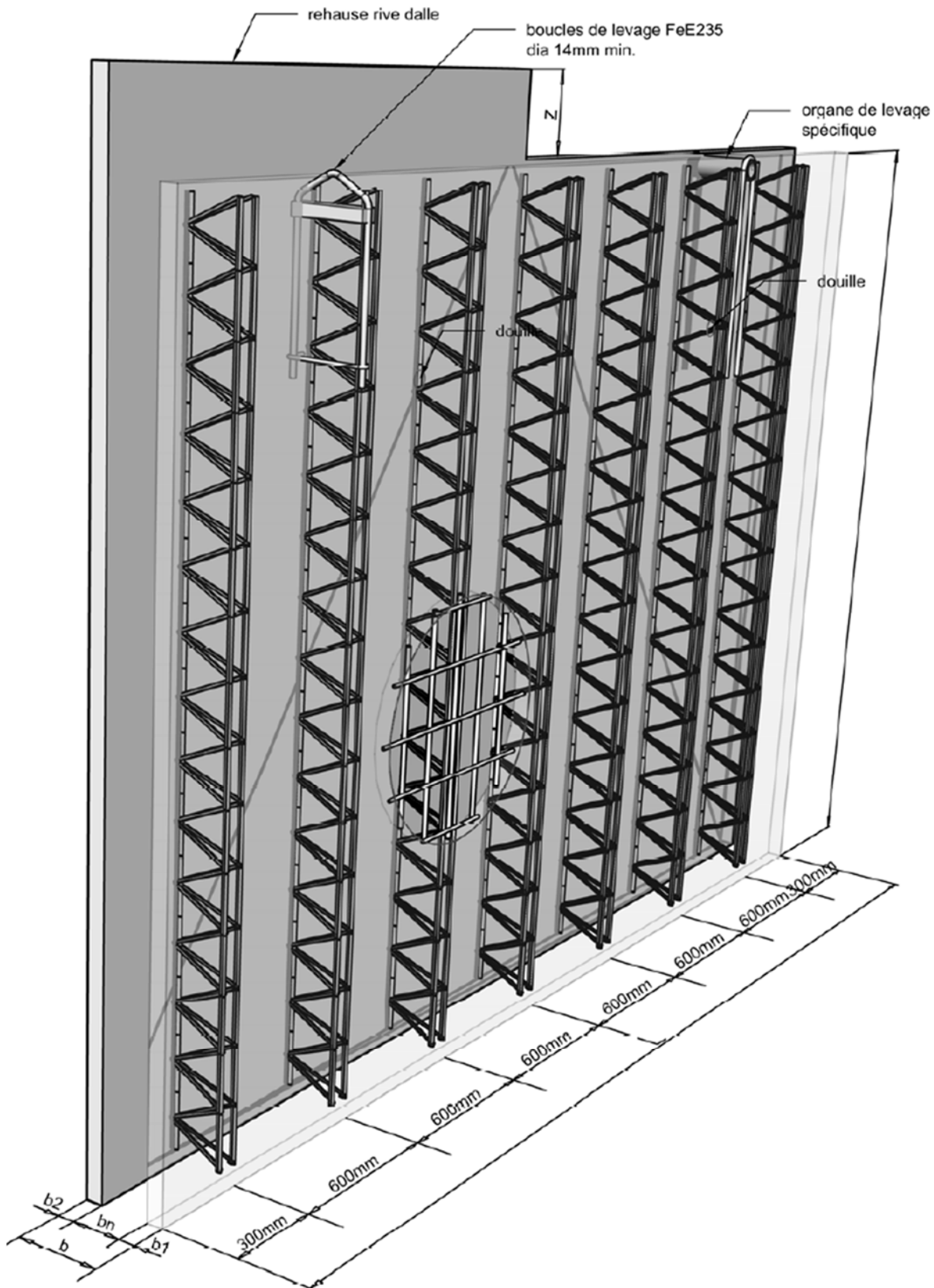
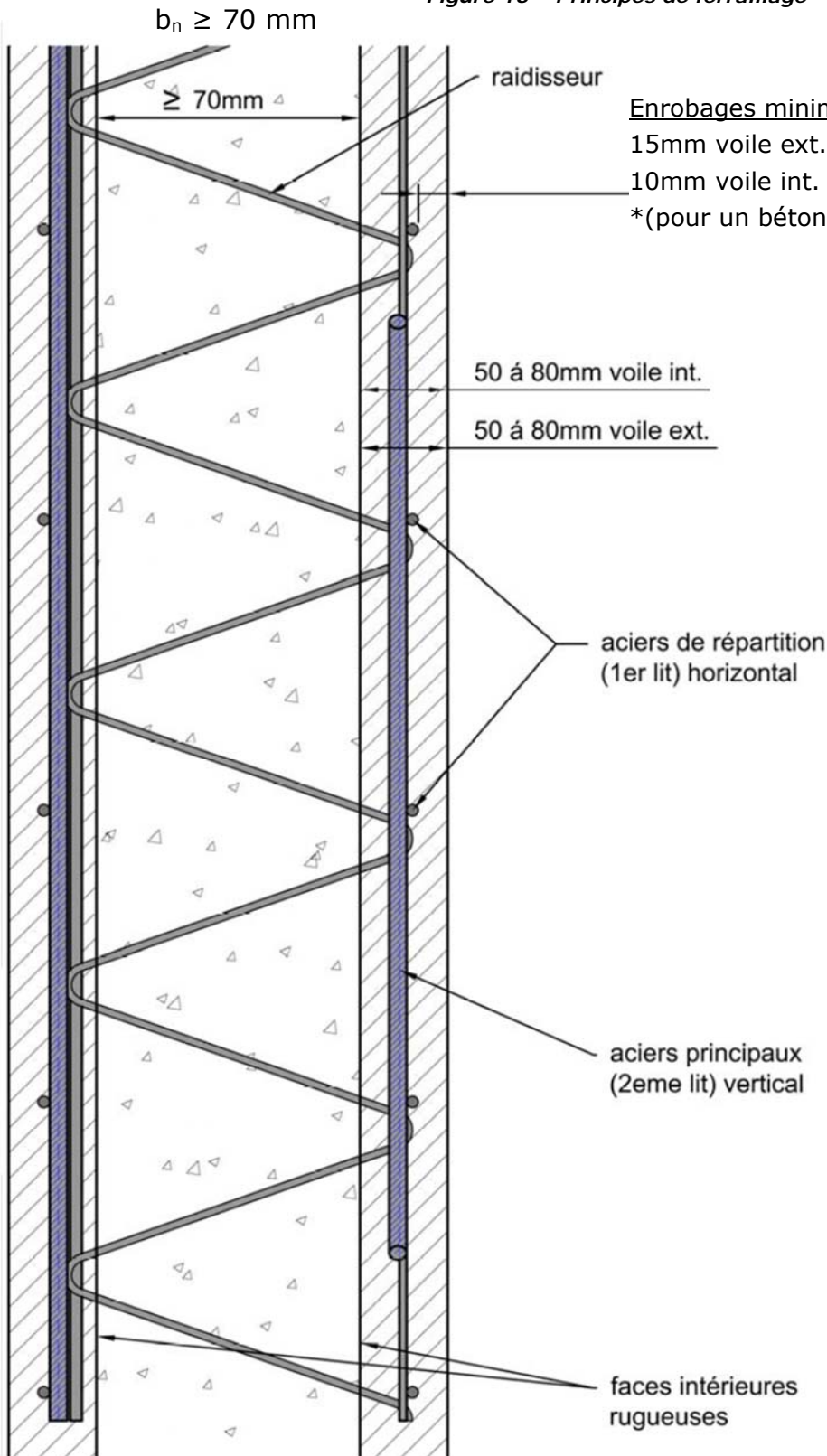


Figure 13 – Principes de ferrailage



Enrobages minimaux selon NF EN 1992-1-1 :

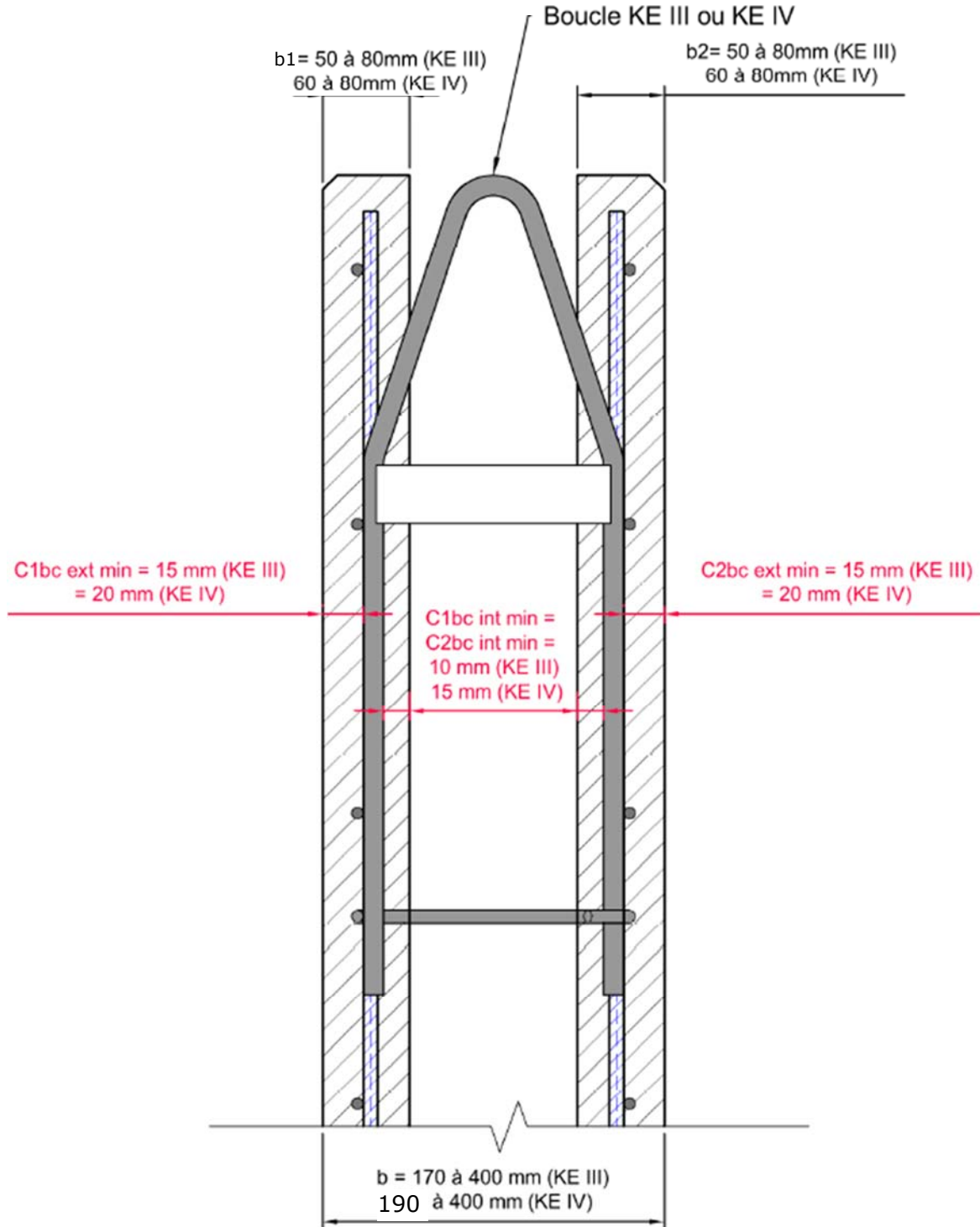
15mm voile ext.*

10mm voile int.

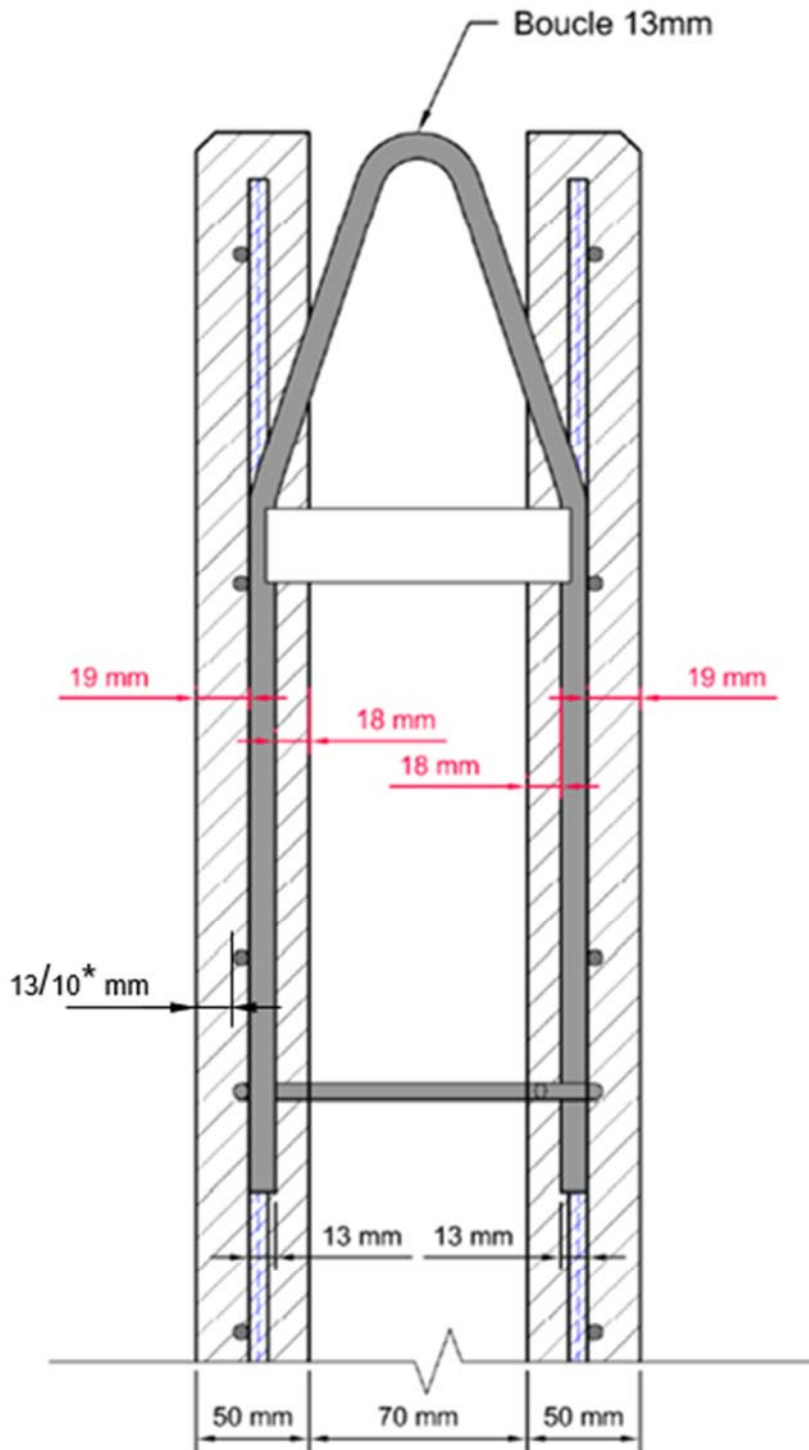
*(pour un béton C40/50 et XC4)

Positionnement des boucles de levage KEIII ou KEIV
 (sous Avis Technique en cours de validité)

Cas Général



Cas Particulier 1 (Uniquement pour murs intérieurs)
 mur d'épaisseur 170 mm



*cotes nominales/minimales

Cas Particulier 2

mur d' épaisseur 190 mm

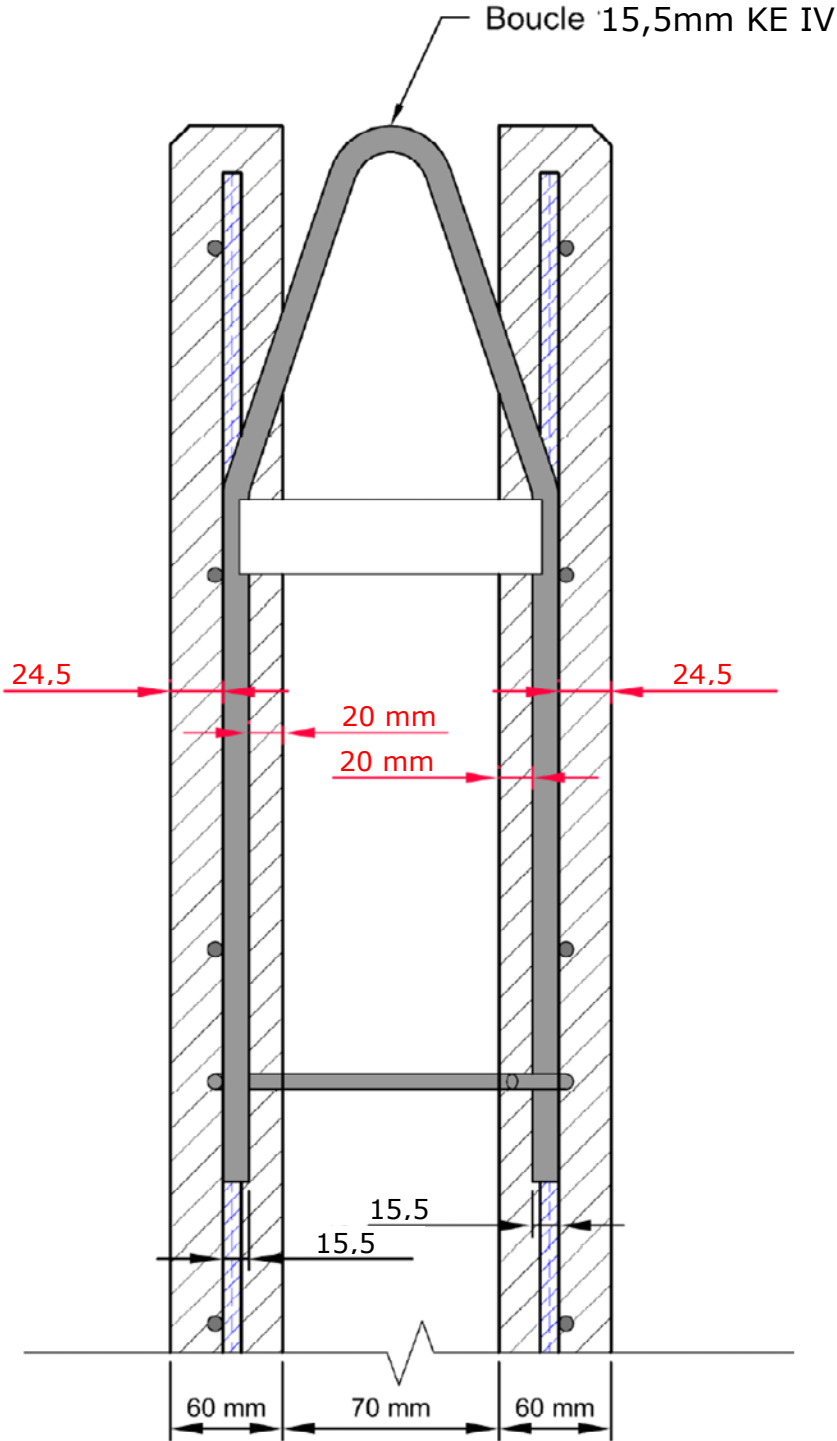


Figure 14 - Douilles de fixations intégrées aux MURS 2000+

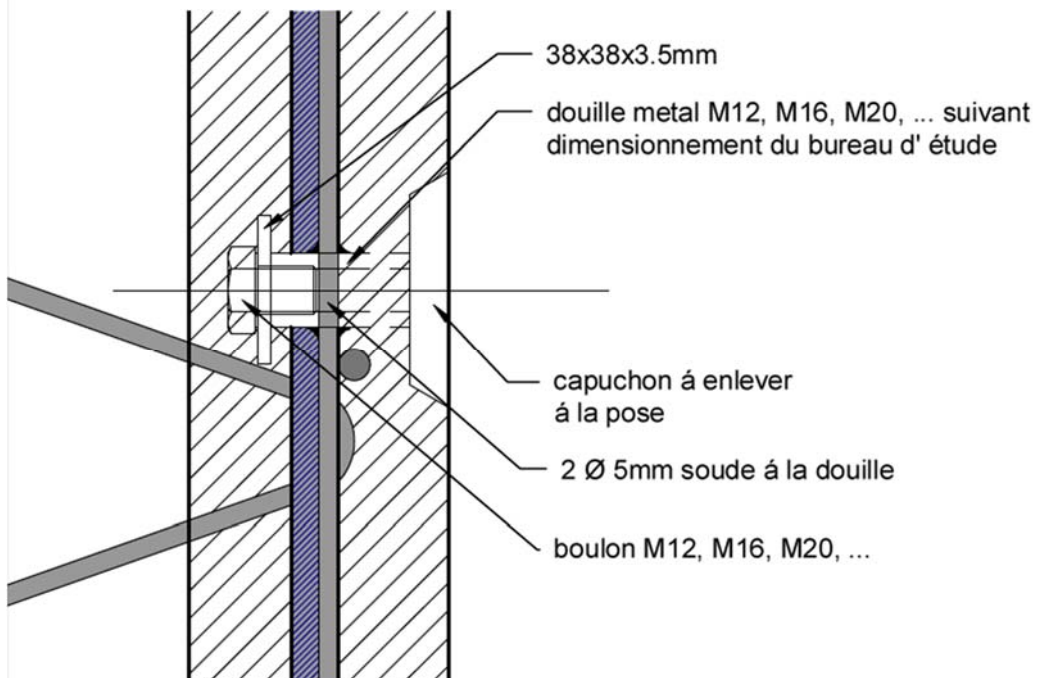
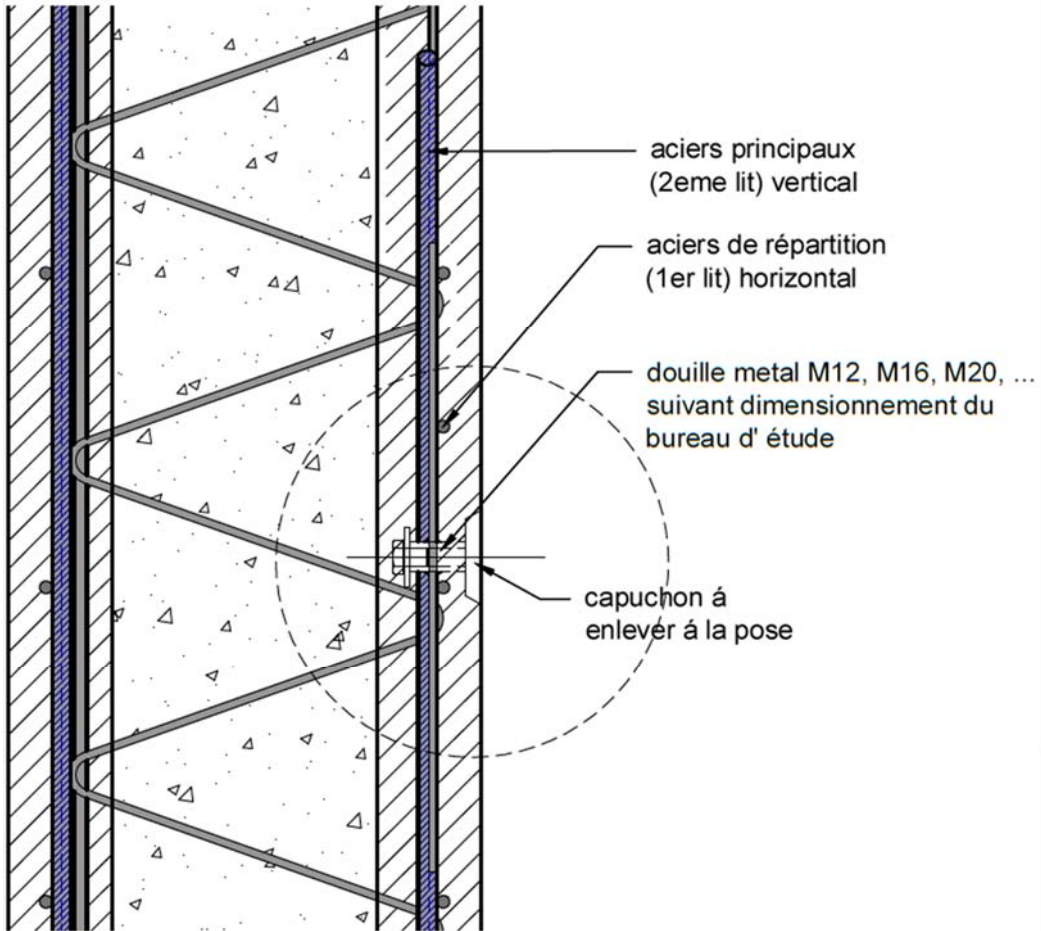


Figure 15 - Poteau en renfort

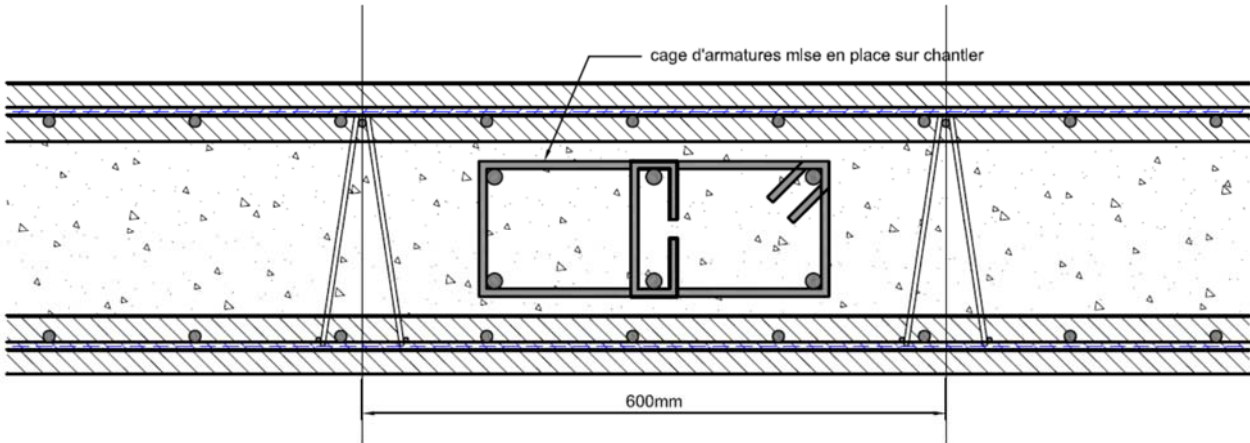


Figure 16 - Linteaux réalisés avec MUR 2000+

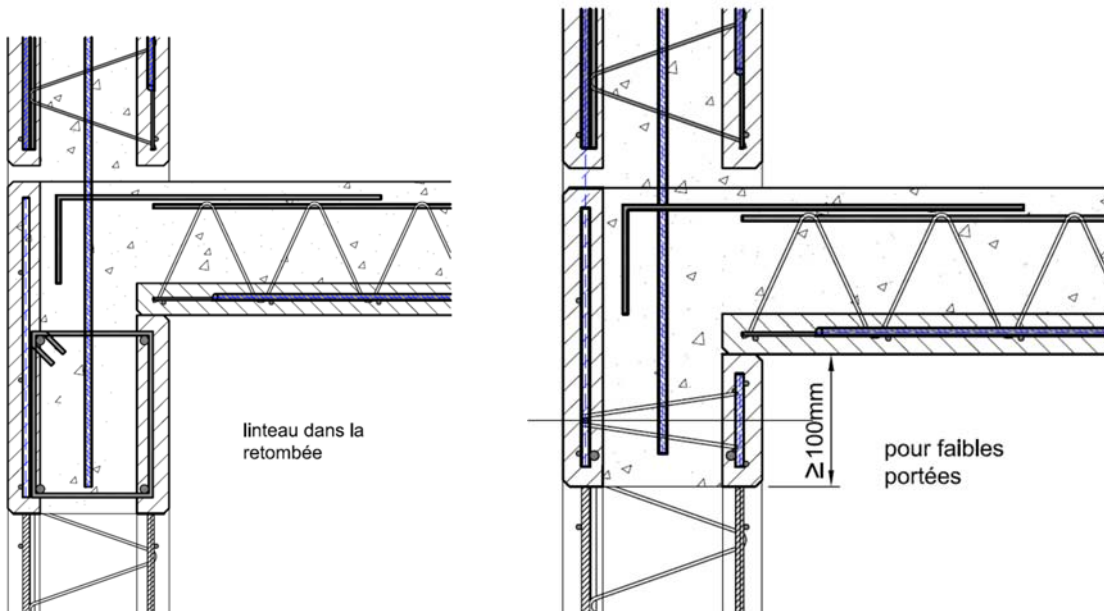


Figure 17 - Raidisseurs

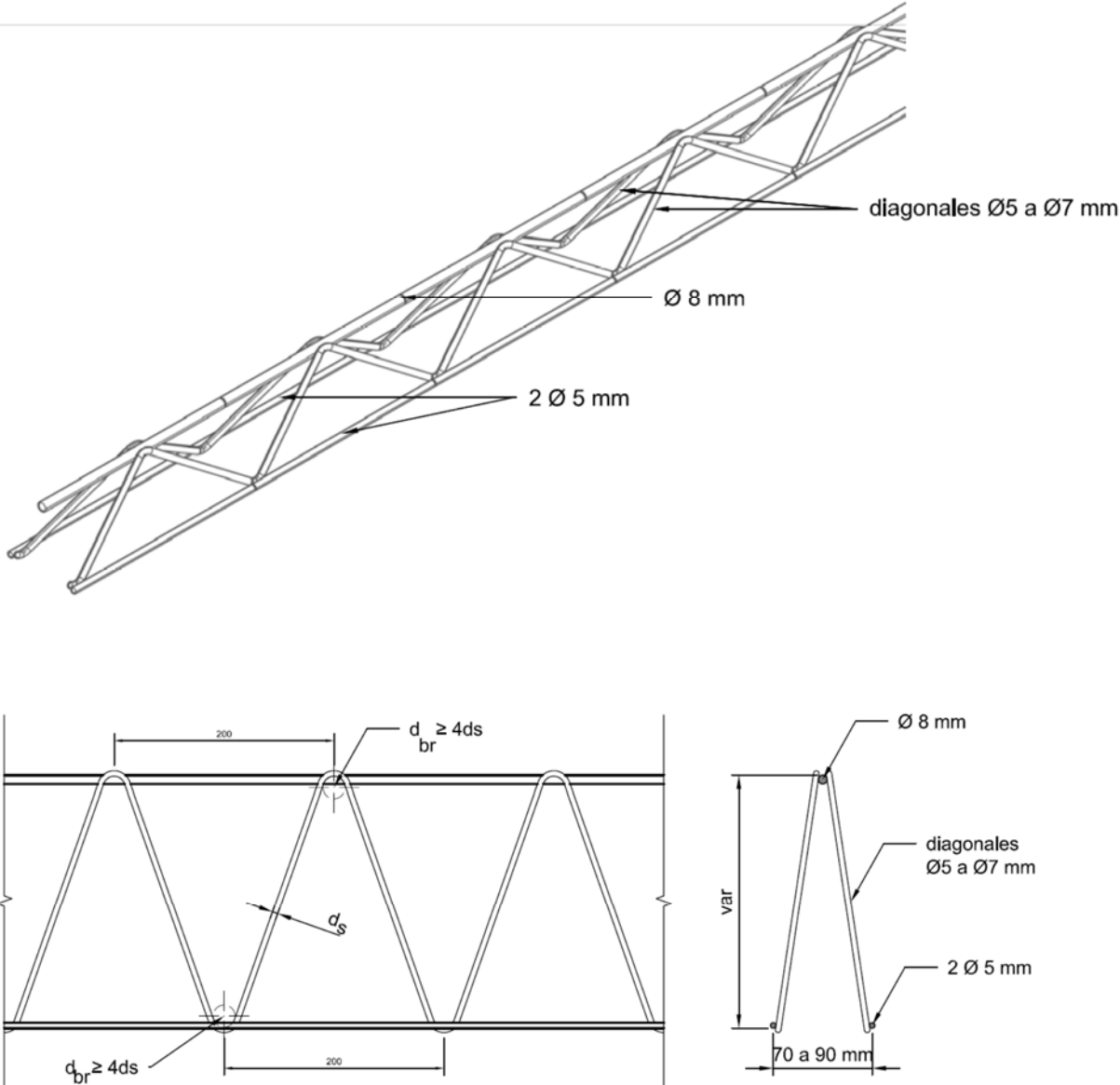
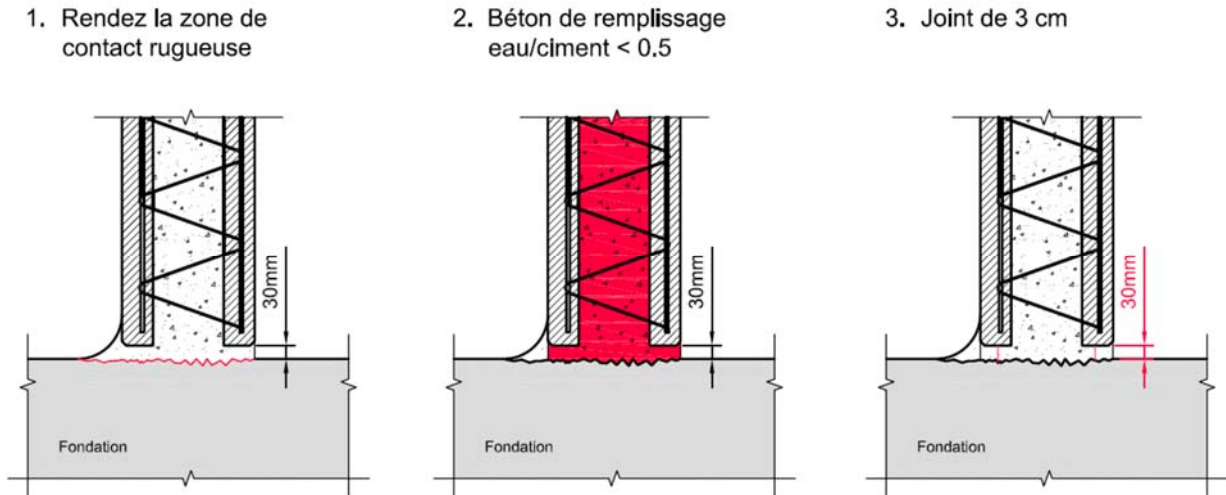


Figure 18 – Détails d'étanchéité – liaison en pied de mur



1. Rendez la zone de contact rugueuse.
Le fluage du béton par rapport à la fondation est ainsi limité.
2. Utilisez toujours le ciment approprié.
La proportion eau/ciment doit toujours être inférieure à 0,5.
3. Le mur doit être placé +/- 3cm au-dessus de la fondation.
Ce système permet d'augmenter la surface de contact.

Figure 19 - Dispositifs d'étanchéités spécifiques

A. Dispositif 'Waterstop'
en tôle ou PVC

B. Profil de jointoiment
Hydro-gonflant

