Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3/16-849**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/09-619 et ses modificatifs 3/09-619*01 Mod et 3/09-619*02 Mod

Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall

Prémur XEBEX

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

Titulaire : Société XEBEX GmbH
12 rue des Hérons – Espace Plein Sud 2
FR-67960 ENTZHEIM

Tél. : 03 88 59 44 50
Fax : 03 88 59 44 59
E-mail : info@xebex.de
Internet : www.xebex.de

Groupe Spécialisé n° 3.2
Murs et accessoires de mur
Publié le 24 août 2016

Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application
(arrêté du 21 mars 2012)

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

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB. Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site internet du CSTB (http://www.cstb.fr)
© CSTB 2016

Le Groupe Spécialisé n° 3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné, le 8 mars 2016, le procédé de mur à coffrage intégré PRÉMUR XEBEX présenté par la Société XEBEX. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après qui annule et remplace l'Avis Technique 3/09-619 et ses modificatifs 3/09-619*01 Mod et 3/09-619*02 Mod. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

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

Des aciers de liaison sont 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 dimensions maximales du Prémur XEBEX sont de 10,00 x 3,00 m pour des épaisseurs comprises entre 18 et 40 cm. L'épaisseur des parois est comprise entre 50 et 70 mm.

Les panneaux sont destinés à la réalisation de murs intérieurs et de murs extérieurs. Lorsque cela est nécessaire, ils sont 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.

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 « Prémur XEBEX » fait l'objet d'une déclaration des performances (DoP) établie par XEBEX 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.4.5 par le tenant du système.

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

2. AVIS

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

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

Possibilité d'emploi en zone sismique 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions du CPT MCI (*Cahier du CSTB 3690_v2*)

L'aptitude au levage du procédé est uniquement visée avec l'utilisation des ancres KE III de la société H-BAU qui couvrent l'ensemble de la gamme revendiquée. Les conditions d'utilisation des valeurs de CMU de ces ancres de levage sont précisées dans l'Annexe « CMU des boucles de levage » de la partie Avis.

L'aptitude au levage du procédé par tout autre organe de levage que les ancres KE III de la société H-BAU n'est pas visée dans le présent Avis Technique.

2.2 Appréciation sur le procédé

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

Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés les murs réalisés selon ce procédé, dans les limites résultant de l'application des Prescriptions Techniques ci-après, 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 « Prémur XEBEX » 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 panneaux 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.

Isolement acoustique

À 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 les normes de la série NF EN 12354 (1 à 6).

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.

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.

Étanchéité des murs extérieurs

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

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

Risques de condensation superficielle

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

Les 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.

Finition – 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

Il existe une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) collective pour cette famille de procédés. Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires

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

2.22 Durabilité – Entretien

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

2.23 Fabrication et contrôle

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

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

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

2.24 Mise en œuvre

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

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

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

2.3 Prescriptions techniques

Les éléments constituant ce procédé doivent être fabriqués, calculés, mis en œuvre et utilisés conformément au Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de murs à coffrage intégrés (CPT MCI, *Cahier du CSTB 3690_v2*) et aux prescriptions particulières complémentaires suivantes.

2.31 Conditions de conception

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

Dans les noyaux de faible dimension, le respect des rayons de courbure et des enrobages ne permet pas de réaliser les liaisons verticales couturées des chainages telles que représentées dans les figures du dossier technique ou du CPT MCI.

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, $f_{c,p}$;
- épaisseur des parois, b_1 et b_2 ;
- enrobages des armatures et des raidisseurs, en considérant une tolérance sur l'enrobage des armatures et des raidisseurs définie par le fabricant de +3/-0 mm ;
- spécifications techniques de l'insert (matériau, dimensions et tolérances), avec catalogue des caractéristiques des inserts tenu à disposition de l'organisme certificateur ;
- conditions de mise en œuvre à la fabrication (enrobage intérieur effectif de l'insert, longueur d'ancrage de l'insert, ferraillage spécifique de renfort autour des inserts, nb d'inserts) ;
- identification visuelle des inserts de levage.

2.33 Conditions de mise en œuvre

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

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

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.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 mars 2020.

Pour le Groupe Spécialisé n° 3.2
Le Président

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

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

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

Concernant le système de levage intégré aux MCI, le Groupe tient à préciser que l'Avis intègre l'utilisation des inserts de levage des murs dans des conditions d'épaisseurs définies dans le Dossier Technique.

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

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 3.2

Annexe – CMU des BOUCLES de LEVAGE

La présente annexe fournit les valeurs de la Charge Maximale d'Utilisation (CMU) par boucle pour les murs à coffrage intégré « Prémur XEBEX » d'épaisseur d'au moins 180 mm et au plus égale à 400 mm et pour lesquels l'épaisseur nominale des parois est au moins égale à 50 mm. Les boucles de levage KE III associées relèvent de l'Avis Technique « Ancres de levage KE III et KE IV » détenu par la société H-BAU. Les boucles sont utilisées dans les conditions de l'Avis Technique qui leur est propre et qui est en cours de validité. Les valeurs de CMU affichées sont valables pour des MCI certifiés.

Cette annexe fait partie intégrante du Document Technique d'Application : le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

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

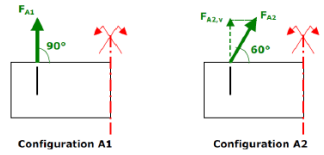
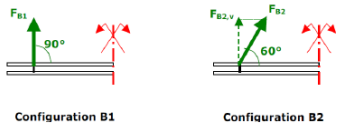
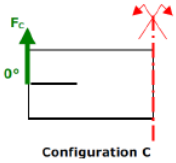
Tableau 1 – CMU des boucles

Réf. boucle	Diamètre boucle	Epaisseur nominale du mur	Epaisseur nominale paroi	Enrobage interne effectif de la boucle	Enrobage extérieur effectif de la boucle	Levage en position verticale	Levage à plat du MCI	Retournement du MCI
	ϕ_1	b	h_1, h_2	$c_{1bc,int}$, $c_{2bc,int}$	$c_{1bc,ext}$, $c_{2bc,ext}$	CMU1	CMU2	CMU3
KE III	13 mm	18 à 40 cm	≥ 50 mm	≥ 10 mm	≥ 15 mm	21,80 kN	4,25 kN	13,30 kN

Où ϕ_1 correspond au diamètre de l'acier façonné de l'ancre de transport KE

Nota : La détermination de l'épaisseur des parois des MCI/MC2I est définie dans le § 1.1.1.6 du CPT 3690_V2.

Tableau 2 – 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			

(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

Dossier Technique
établi par le demandeur

A. Description

1. Destination et principe

1.1 Principe

Le Prémur XEBEX est constitué de deux parois lisses préfabriquées en béton armé maintenues espacées par un ensemble de raidisseurs métalliques. Les parois, d'une épaisseur variant de 5 à 7 cm, servent de coffrage pour la partie de béton coulée en place sur le chantier ; elles participent à la résistance du mur.

Les dimensions maximales du Prémur XEBEX sont de 10,00 x 3,00 m pour des épaisseurs comprises entre 18 et 40 cm.

1.2 Domaine d'emploi

Le procédé de mur à coffrage intégré, Prémur XEBEX est destiné à la réalisation des murs, porteurs ou non porteurs, situés en infrastructure ou superstructure, de murs intérieurs de refends, de murs de façade, de poutres, de poutres-voiles et de poteaux.

Le Prémur XEBEX peut être utilisé pour la réalisation d'ouvrages plus spécifiques tels que murs de soutènement, silos à grains ou à engrais, murs coupe-feu, bassins ou piscines, ouvrages soumis à une pression hydrostatique extérieure, murs enterrés soumis ou non à une pression hydrostatique destinés par exemple à la réalisation de carneaux, garages souterrains, galeries de liaison, sous-sols sur un ou plusieurs niveaux.

Ces murs peuvent être associés à des éléments structuraux complémentaires tels que poteaux et poutres, préfabriqués ou coulés en place, prédalles, dalles alvéolées. Les armatures de jonction et des compléments d'armatures éventuels sont rapportés en œuvre avec le béton de remplissage, en particulier dans les constructions en zone sismique ; de même les huisseries, menuiseries, gaines, boîtiers et réservations de toute nature peuvent être incorporés.

Ces murs peuvent aussi bien être encastrés en pied dans une semelle de fondations ou dans un radier, qu'encastrés entre eux ou avec d'autres éléments de structures. L'encastrement dans une fondation est réalisé par des armatures en attente dans la fondation ou par des armatures intégrées au Prémur XEBEX. L'encastrement entre eux ou avec d'autres éléments béton est réalisé par des armatures intégrées au Prémur XEBEX ou disposées dans le béton coulé en place.

L'étanchéité des murs est assurée soit par une étanchéité rapportée, soit par un traitement de surface ou soit par le mur lui-même moyennant des dispositions constructives décrites dans le dossier technique en fonction du type d'ouvrage.

Le Prémur XEBEX peut être mis en œuvre en zone sismique moyennant les dispositions définies dans le présent dossier.

Les murs de façade sont associés à une isolation thermique constituée soit par un système d'isolation par l'extérieur (avec un type d'enduit mince collé au support), soit par un système d'isolation par l'intérieur.

La finition du Prémur XEBEX est une finition brute de décoffrage. Les parois étant coulées sur des tables métalliques, le parement est glacé, prêt à recevoir, après traitement préalable, un revêtement fin. La teinte des parements peut varier et ne peut faire l'objet d'une garantie. Par ailleurs, le procédé permet un parement architectonique sur une face aux conditions de satisfaire à un enrobage minimum.

1.3 Identification

Chaque Prémur est identifié par une étiquette qui comporte les références du mur, le nom du chantier, la classe de résistance du béton, la date de fabrication, les références de l'usine, le marquage CE et le marquage CSTBat.

2. Matériaux utilisés

Les matériaux mis en œuvre sont :

- le béton des parois préfabriquées
- le béton de remplissage (mis en œuvre sur chantier)
- les aciers pour armatures
- les matériaux de jointement
- les douilles
- les boucles de levage

2.1 Béton

2.11 Béton des parois préfabriquées

Les bétons réalisés en usine sont conformes à la norme NF EN 206/CN et NF EN 13369 concernant les classes d'environnement.

Granulométrie : 0/2, 2/8, 8/16.

La résistance caractéristique des bétons à 28 jours des Prémur XEBEX, varie de 25 à 40 MPa.

2.12 Béton de remplissage

Le béton de remplissage, coulé sur chantier, est un béton du type prêt à l'emploi (BPE), conforme aux prescriptions de l'opération et à la norme NF EN 206/CN, de résistance caractéristique minimale à 28 jours de 25 MPa (classe de résistance C25/30).

Le diamètre maximal des granulats sera choisi en fonction de l'épaisseur du noyau coulé sur chantier :

- $D_{max} \leq 12,5$ mm pour un noyau d'épaisseur inférieure ou égale à 9 cm ;
- $D_{max} = 16$ mm pour un noyau d'épaisseur supérieure à 9 cm.

La classe d'affaissement du béton est S4 ou S5 au sens du tableau 3 de la norme NF EN 206/CN. La valeur cible d'affaissement au cône d'Abrams est de 200 mm. Elle est portée à 220 mm dans des conditions de bétonnage difficiles (fort ferraillage, faible épaisseur de l'élément).

2.2 Aciers

Nuance B500 (A, B ou C) pour les barres filantes intégrées au Prémur XEBEX conforme à la norme NF A 35-080-1

Nuance B500 (A ou B) pour les panneaux de treillis soudés intégrés au Prémur XEBEX conforme à la norme NF A 35-080-2.

La classe de ductilité de l'acier (A, B ou C) sera adaptée en fonction de la zone de sismicité et de la destination de l'ouvrage.

Nuance B235C pour les boucles et organes de levage et de manutention en acier lisse conforme à NF A 35-015.

L'enrobage des armatures de peaux est conforme au CPT MCI (*cahier CSTB 3690*_v2) §1.1.1.5 et à la norme NF EN 13369 - annexe A. L'enrobage des raidisseurs/écarteurs est conforme au *cahier CSTB 3690_v2* §1.1.1.6.

2.21 Armatures de peaux

Conformément au §1.1.1.3 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690*_v2), les sections d'armatures minimales mises en œuvre dans chaque paroi sont 1,20 cm²/ml dans le sens horizontal et 1,20 cm²/ml dans le sens vertical. L'espacement des barres dans les deux sens est au maximum de 33 cm.

Dans la direction parallèle aux raidisseurs, la section d'armatures des raidisseurs peut être prise en compte dans cette section minimale.

Dans le cas d'utilisation d'ancre de levage KE III, sous Avis Technique exploité par la société H-Bau, le ferraillage de peau minimal à mettre en œuvre est de 1,41 cm²/ml dans les deux sens.

Dans le cas de murs devant assurer une étanchéité et conformément au Fascicule 74, la paroi en contact avec l'eau comprend une section d'aciers dans les deux sens égale à 0,125 % de la section de béton. Cette paroi est armée avec des barres de diamètre supérieure ou égale à 8mm espacées au plus de 20 cm soit un minimum de 2,51 cm²/ml dans les deux directions.

2.22 Raidisseurs/Écarteurs

Ils sont espacées au plus de 60 cm. Les raidisseurs sont de section triangulaire avec un treillis sinusoïdal et ou des cages d'armatures de section rectangulaire avec des armatures de contreventement.

Ces raidisseurs peuvent être :

- de type KAISER OMNIA KT 800 ou équivalent (filant sup. Φ8, diagonales Φ5 ou 6, filants inf. Φ5, 6 ou 7) (Figure 1)
- de section carrée ou triangulaire, réalisés à façon par les ateliers XEBEX (Figure 2)

Ils doivent être certifiés par un organisme extérieur.

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

- sollicitations de cisaillement à l'interface entre peaux et noyau
- épaisseur du Prémur XEBEX

2.3 Ancres de levage

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

- à partir des organes de levage KE III pour la gamme couverte par leur Avis Technique en cours de validité
- ou à partir d'autres organes de levage

2.4 Douilles d'étaiement

Des douilles sont incorporées dans les parois des panneaux. Elles assurent la liaison du Prémur XEBEX avec les étais tirant-poussant, nécessaires à la stabilisation en phase provisoire des panneaux. Leur dimensionnement et leur mise en œuvre sont conformes au §4.2 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*).

Les douilles sont de type :

- douilles métalliques (type PFEIFFER ou équivalent) (Figure 3)

Les douilles métalliques sont à usage unique et sont utilisées avec des boulons M12, M16 ou M20.

2.5 Habillage des parements

L'état de surface courant correspond à une surface brute de décoffrage contre moule : E (2-2-0) d'après la NF P 18-503.

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

Il peut également être prévu :

- enduits bitumineux ou enduits RPE
- lasure béton ou peinture
- étanchéité par résine, par liner ou par imperméabilisation par cristallisation, carrelage pour parement

La préparation du support est conforme au §1.6.2 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*).

3. Conception

3.1 Généralités

Les Prémurs XEBEX sont dimensionnés selon les règles usuelles de la résistance des matériaux et du béton armé en flexion simple, en compression et en compression avec flexion avec le cas échéant la vérification de stabilité de forme. Il est nécessaire de reconstituer la continuité mécanique entre :

- la fondation et le Prémur XEBEX
- entre deux Prémurs
- le Prémur XEBEX et les ouvrages avoisinants

Le dimensionnement des murs courants se fait conformément aux recommandations du CPT MCI (*Cahier CSTB 3690_V2*) et sur la base des règles usuelles du béton armé : NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, DTU 14.1 et du Fascicule 74 du CCTG lorsqu'il s'agit d'ouvrages de type réservoir en béton. Le calcul des structures est réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'opération en tenant compte des spécificités du procédé. Le calepinage est effectué par XEBEX et approuvé par le B.E.T.

3.2 Bases de calcul et de conception

Le dimensionnement de la structure est réalisé tenant compte de la spécificité du procédé de MCI et s'appuie sur le CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*).

De même, l'enrobage des armatures et l'épaisseur des parois vérifieront les conditions du CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*).

3.3 Recouvrement des armatures

Conformément au §1.1.1.11 du CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*), les règles de recouvrements des armatures du noyau avec celles intégrées dans les parois préfabriquées des murs à coffrage intégré, doivent être conformes à la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale française.

Pour le calcul, sauf dans le cas où la vibration est aisée, le dimensionnement est réalisé pour les armatures dans le noyau en considérant un coefficient d'adhérence η1 égal à 0,7 pour des armatures horizontales de diamètre supérieur à 12 mm. Dans tous les autres cas, le coefficient d'adhérence η1 est égal à 1.

3.4 Ancres de levage

Dans le cas des ancres de levage KE III, le choix de l'ancre sera fait en fonction de la CMU des ancres et du panneau à manutentionner (poids du panneau, épaisseur des parois, nombre de points de levage, géométrie du panneau…). L'utilisation des ancres de levage KE III produites par la société H-BAU sera faite dans les conditions de l'Avis Technique en cours de validité dont elles relèvent.

Les figures 7 à 11 représentent l'intégration des ancres KE III dans le Prémur XEBEX.

3.5 Stabilité au feu des structures

Conformément au §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
- méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 et annexe B de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA)
- méthode de calcul avancée, section 4.3

3.6 Types de liaisons

Les liaisons assurent la continuité mécanique au droit des joints :

- entre la fondation et le Prémur XEBEX
- entre deux Prémurs XEBEX
- entre le Prémur XEBEX et le plancher supérieur
- entre les Prémurs XEBEX et les ouvrages avoisinants

Les liaisons peuvent être de type articulées ou encastrées.

Elles sont mises en œuvre conformément au §1.1.1 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) ainsi qu'à son Annexe IX.

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

Pour les murs en flexion dans un plan vertical, les joints horizontaux sont disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées,…), sauf dispositions particulières. Les joints verticaux sont sans incidence.

Pour les murs en flexion dans un plan horizontal, les joints verticaux sont disposés en proximité immédiate des appuis (refends, poteaux,…), sauf dispositions particulières. Les joints horizontaux sont sans incidence.

3.61 Liaisons articulées

3.611 Articulation en pied de panneau

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

Pour pallier les éventuelles irrégularités de support, un jeu de pose de 1 cm est prévu entre les Prémurs XEBEX et la fondation (ou la dalle). Dans la partie centrale du Prémur XEBEX viennent se loger les armatures disposées en attente.

3.612 Articulation entre panneaux

Moyennant un jeu de pose de 1 cm, les Prémurs XEBEX sont posés côte à côte. Des aciers de liaison sont incorporés dans le noyau et entre les raidisseurs.

Ces armatures de liaison se trouvant dans le noyau permettent la transmission des efforts tranchants d'un mur à l'autre. La section de ces aciers horizontaux est égale à la section des armatures horizontales réparties dans le Prémur XEBEX.

3.62 Liaisons encastrées

3.621 Encastrement en pied de panneau

Encastrement avec continuité de bétonnage aux jonctions murs / fondations

Ces solutions permettent de conserver le moment d'encastrement résistant maximum. La hauteur utile et le bras de levier mécanique ne sont pas réduits.

Pour assurer la continuité du moment à l'encastrement, des armatures en attente sont intégrées aux murs. Après la pose du Prémur XEBEX, des armatures complémentaires sont incorporées au radier.

Encastrement sans continuité de bétonnage aux jonctions murs / fondations

Figure 8.1 de l'Annexe IX du CPT : les murs sont posés sur un lit de mortier de résistance à la compression de 25 MPa minimum.

Figure 8.2 de l'Annexe IX du CPT : afin de concevoir le remplissage du joint au bétonnage et la transmission des efforts de compression de la zone comprimée du Prémur XEBEX vers la fondation, les murs sont posés sur des cales d'un minimum d'épaisseur de 2 à 3 cm.

Le remplissage des joints de calage en pied de Prémur XEBEX devra faire l'objet d'un soin particulier. Un système empêchant les fuites de laitance (bastaings, …) devra être mis en œuvre ; ceci dans le but d'assurer le bon fonctionnement de l'encastrement. Après remplissage des murs, tous les joints devront faire l'objet d'un contrôle systématique. Les joints non remplis au bétonnage devront être bourrés au mortier sans retrait de résistance à la compression 25 MPa.

Figure 8.3 de l'Annexe IX du CPT : cette configuration permet d'augmenter la hauteur utile. La face coffrée est la face tendue. Les dispositions du joint en pied sont identiques aux deux cas précédents.

3.622 Encastrement entre Prémurs XEBEX

Sachant que certaines solutions fonctionnent par emboîtement des Prémurs XEBEX, opération uniquement réalisable avec des encastrements en pied sans reprise de bétonnage, les solutions d'assemblages doivent être compatibles avec celles retenues en pied de Prémur XEBEX.

Joint vertical ou horizontal

Une clé mécanique, réalisée par le croisement des paniers d'armatures, sert à assurer la continuité du moment et du cisaillement entre deux panneaux le long d'un joint vertical. Suivant les sollicitations à reprendre et la solution d'encastrement en pied de Prémur XEBEX, le choix sera fait entre les différentes solutions.

Joint vertical d'angle droit

Le principe constructif est similaire à la solution précédente.

Joint vertical d'assemblage en T

Le principe constructif est similaire aux solutions précédentes.

Joint vertical encastré biais (Figure 4)

Pour un angle > à 160 °, le ferraillage de l'angle peut être intégré dans le prémur selon la même méthode que la solution pour le joint droit.

Pour les angles < à 160 °, l'armature sera rapportée dans la partie coulée en place et une face sera coffrée sur chantier.

3.623 Liaison voile / dalle

Pour assurer l'encastrement entre la dalle et le Prémur XEBEX, et par conséquent pour permettre la mobilisation d'un moment d'encastrement, des aciers sont intégrés en tête de mur.

3.7 Renforcement par treillis raidisseurs

Les dispositions prévues sont celles du §1.1.1.10 du CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*).

Les renforcements des bords libres verticaux usuellement prévus dans les voiles selon les dispositions du §4.2.2.5 du DTU 23.1 pourront être réalisés dans les Prémurs XEBEX à l'aide des raidisseurs. Les barres de chaînages périphériques sont intégrées dans les parois des Prémurs XEBEX. Les U de fermeture constructifs sont remplacés par des treillis raidisseurs.

Les ferraillages constructifs constitués de cadres, d'épingles ou d'étriers, pourront également être réalisés dans les Prémurs XEBEX à l'aide de treillis raidisseurs.

Les filants sont soit intégrés en renforts dans les parois des Prémurs XEBEX, soit remplacés par les filants des treillis raidisseurs si la section est équivalente.

Les U, cadres, épingles et étriers constructifs sont remplacés par des treillis raidisseurs.

La section d'armature équivalente $_{As,eq}$ par mètre linéaire est calculée à partir de l'effort résistant F_s au niveau du plan de cisaillement oblique par la formule du §1.1.1.10 du CPT MCI.

3.8 Traitement des joints

Les prescriptions du §1.5 et l'Annexe VI du CPT MCI (cahier CSTB 3690_v2) s'appliquent.

Le respect des prescriptions de pose et utilisation des fournisseurs est indispensable afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

3.9 Familles de Prémurs XEBEX

Conformément au CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*), le procédé Prémur XEBEX permet la réalisation de :

- murs verticaux ou inclinés
- poteaux
- poutres
- poutres voiles
- acrotères
- murs enterrés
- murs de soutènement
- murs de silo ou de magasin de stockage
- murs de bassins ou de piscines
- murs de galeries souterraines

Il convient de se conformer au CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*) pour la conception d'ouvrages construits avec le procédé Prémur XEBEX en tenant compte des spécificités suivantes.

3.91 Murs exposés aux intempéries

Les Prémurs destinés à la réalisation de murs extérieurs sont composés d'une paroi extérieure exposée et d'une paroi intérieure non exposée. L'épaisseur de la paroi exposée aux intempéries présente une épaisseur minimale (effective) de 6,5 cm.

Les Prémurs XEBEX étant certifiés, la paroi située à l'intérieur a une épaisseur minimale (effective) de 5 cm.

L'épaisseur nominale du Prémur est ≥ 20 cm, l'épaisseur minimale (effective) du béton coulé en place est de 6,5 cm.

Le ferraillage des parois et du remplissage est fonction des sollicitations et des conditions aux limites. Il dépend de manière générale de l'étude de structure.

L'enrobage des armatures est conforme au CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*).

Les ouvertures et baies sont obtenues au moyen de mannequins fixés sur les tables coffrantes. Elles sont renforcées par des armatures périphériques intégrées aux parois.

3.92 Murs non exposés aux intempéries

Pour les murs non exposés aux intempéries, il est possible de mettre en œuvre des Prémurs d'épaisseur 18 cm avec une épaisseur minimale (effective) de paroi 5 cm (les Prémurs étant certifiés).

3.93 Poutres cloisons

Les prescriptions du §1.1.2.4 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) s'appliquent.

Lorsque le tirant d'une poutre-cloison est intégré dans un Prémur XEBEX et qu'un joint vertical vient l'interrompre, deux configurations peuvent se présenter :

- Cas où les diamètres des armatures d'éclissage sont vérifiés conformément au §1.1.1.12 du CPT MCI, le tirant est intégré dans les deux parois du Prémur XEBEX (voir figure 23.2 de l'Annexe IX du CPT).
- Cas où les diamètres des armatures d'éclissage ne sont pas vérifiés conformément au §1.1.1.12 du CPT MCI, l'une des deux parois est raccourcie et la moitié des armatures du tirant est mise en œuvre sur chantier (voir figure 23.3 de l'Annexe IX du CPT).

Dans tous les cas, les dispositions d'armatures doivent assurer, toutes tolérances épuisées un espace de 2,5 cm entre les armatures d'éclissage et les peaux préfabriquées.

3.94 Acrotères

Les acrotères bas et hauts au sens du DTU 20.12 peuvent être réalisés dans le respect des prescriptions du §1.1.2.5 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) complétées par les indications suivantes.

Protection de l'étanchéité

Les joints d'acrotères sont traités à l'identique des joints courants de façade et en continuité de ceux-ci. Ce traitement sera mis en œuvre sur tout le contour de l'acrotère, en dehors de la partie protégée par la remontée d'étanchéité.

Protection du faîtage

Afin d'éviter toute infiltration entre les parois et le noyau coulé sur chantier, le faîtage de l'acrotère est équipé, soit :

- par un chaperon béton
- par une couvertine métallique
- par un produit d'étanchéité type SIKAFILL ou équivalent utilisé dans le respect des prescriptions de pose du fabricant.

3.95 Murs soumis à pression hydrostatique

Les prescriptions des §1.1.4.1 et 1.5.3 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) s'appliquent.

La finition des joints et l'enrobage des aciers sont choisis en fonction de la destination de l'ouvrage et conformément à l'Annexe VI du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*).

3.951 Etanchéité en pied de mur

Pour assurer une étanchéité par le béton d'un mur à coffrage intégré soumis à une pression hydrostatique, les liaisons entre le mur et la fondation ou le radier doivent être encastrées.

Prémur XEBEX posé avant coulage du radier (Figure 5)

L'étanchéité est assurée par le coulage en continu du radier et du Prémur XEBEX (5 heures maximum). Les joints physiques sont systématiquement couturés.

Aucun produit de traitement n'est à rapporter.

Prémur XEBEX posé plus bas que le radier

La section est couturée par les aciers en attente dans les Prémurs XEBEX et ceux mis en œuvre dans le radier. Un joint hydrogonflant est disposé sur le Prémur XEBEX entre les 2 lits d'aciers en attente.

Les aciers en attente sont en HA8 minimum avec un espacement de 20 cm maximum.

Prémur XEBEX posé après coulage du radier (Figure 6)

La section est couturée par des aciers mis en œuvre dans les Prémurs XEBEX. Un joint hydrogonflant est disposé sur le radier, dans l'axe du Prémur XEBEX avant pose.

3.952 Etanchéité des joints verticaux

Les liaisons verticales ou horizontales entre deux panneaux doivent être de type couturé ou encastrées afin de bloquer la fissuration provoquée par le retrait du béton.

Lorsque les Prémurs XEBEX sont posés avant radier, les joints verticaux sont décalés et les armatures de liaison intégrées au Prémur XEBEX (HA8 mini espacement 20 cm maxi) sont assemblées par glissement horizontal du panneau. Des filants verticaux sont intégrés dans le cadre ainsi formé. Cas des détails 14.1 et 22.3 de l'Annexe IX du CPT MCI.

Lorsque les Prémurs XEBEX sont posés sur le radier, les encastrements sont réalisés par des armatures intégrées aux Prémurs XEBEX complétées par des cadres mis en œuvre sur chantier (HA8 mini espacement 20 cm maxi). Cas des détails 14.2 et 22.4 de l'Annexe IX du CPT MCI.

3.953 Ferraillage minimal

Le ferraillage minimal à mettre en œuvre est celui décrit au §2.21 du Dossier Technique.

3.96 Murs coupe-feu

Les prescriptions du §1.5.4 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) s'appliquent.

Le mur coupe-feu réalisé à l'aide de Prémur XEBEX peut être réalisé suivant plusieurs principes statiques :

- mur en console encastré en pied complètement indépendant des structures avoisinantes
- mur de remplissage entre poteaux béton porteurs
- mur rotulé en pied et en tête fixé à la charpente avoisinante

3.10 Dispositions parasismiques

Les prescriptions du §1.1.1.14 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*) s'appliquent.

Le bureau d'études structures définit les pans de contreventement pris en compte dans la stabilité sismique.

4. Fabrication des Prémurs XEBEX

4.1 Production

La chaine de production des Prémurs XEBEX est une installation largement automatisée et basée sur un système de tables rotatives favorisant une production de qualité supérieure des Prémurs.

Lors de cette production, le voile coffrant passe par une série de « stations » numérotées de U2 à U11.

U2 La chaîne de fabrication débute dans un local d'étuvage station U2, d'où sort la 1ère paroi du voile coffrant. D'ici, cet élément est automatiquement transféré de la station d'étuvage à la station U3.

U3 Sur cette station U3, la paroi ou les voiles coffrants sont décoffrés.

a) pour la 1ère paroi, un système à ventouse permet de retourner cet élément et le mettre en place sur la station R1

b) pour les voiles coffrants terminés, un système de levage avec 6 crochets spéciaux permet de mettre l'élément à la verticale ou à l'horizontale sur la rampe de stockage.

U4 Cette station U4 permet un nettoyage automatique de la table métallique, puis de tracer les contours du prochain élément à fabriquer.

U5 Les coffrages et les pièces incorporées sont mis en place par aimant et par collage.

U6–U7 Un robot applique automatiquement l'huile de décoffrage par un arrosage et met en place les aciers de répartition.

U8 Un deuxième robot permet de positionner automatiquement les raidisseurs et les aciers porteurs.

U9–U10 La station U9 permet la mise en place d'aciers complémentaires éventuels et le contrôle des écartements, des assemblages et fixations. Les pièces incorporées (cadre de fenêtre, installation sanitaire ou électrique, coffrage de porte et de fenêtres, …) sont aussi mises en place.

Les dimensions de la paroi, la position de tous les raidisseurs et de toutes les pièces incorporées sont contrôlées par un laser fixé au-dessus de la station U9.

U11 Station de bétonnage

Le bétonnage est réalisé avec un distributeur équipé de façon à pouvoir contrôler la masse et le poids du béton à mettre en place. Cette opération est réalisée manuellement par un ouvrier spécialisé.

a) après bétonnage et vibration, la 1ère paroi est transportée automatiquement à la station d'étuvage pour 8 heures d'étuvage.

b) après bétonnage et vibration, la 2ème paroi est transportée automatiquement à la station R1 (station de retournement par ventouse) pour l'assembler avec la première paroi qui vient de sortir de la station d'étuvage.

Une fois les 2 parois assemblées, le voile coffrant terminé revient pendant 8 heures à la station d'étuvage.

4.2 Manutention et transport

Les panneaux sont manutentionnés par portiques roulants soit horizontalement par palettisation pour les éléments de hauteur limitée, soit verticalement dans des gabarits métalliques.

Selon les dimensions des Prémurs, ils sont livrés dans des éléments de transport et stockage (ETS) posés sur camions à remorque en position verticale sur chant.

A première manutention par les ancres KE III, la résistance à la compression du béton sera d'au moins 20 MPa sur cube de 10x10x10 cm^3.

Les prescriptions du §3 du CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*) s'appliquent.

4.3 Contrôle de fabrication

Les contrôles de fabrication se situent à différents niveaux :

- à la mise en cycle de production des données informatiques
- avant le retournement des parois en station U3
- au moment de la production par laser (station U9 – U10)
- avant stockage à l'aide des fiches individuelles par un ouvrier spécialisé
- au bétonnage avec contrôle extérieur périodique
- contrôle journalier et prise de mesures (d'après référentiel de certification CSTBat) par notre service qualité

Pour la conception du Prémur XEBEX, la tolérance d'enrobage (Δe^- et Δe^+) des armatures est de : -0/+3 mm.

Les contrôles de fabrication sont réalisés suivant le référentiel CSTBat et surveillés par un organisme extérieur (CSTB ou CERIB).

4.4 Contrôle qualité

Plusieurs fois par jour, notre laboratoire effectue des contrôles de la composition du béton.

De plus, un institut de contrôle certifié surveille ponctuellement et de manière très soutenue la qualité du béton à différents stades.

Enfin, quelques organismes de certification prélèvent à tour de rôle des échantillonnages afin d'établir la certification de nos matières premières.

4.5 Marquage

Tous les éléments sont identifiés à l'aide d'une étiquette apposée sur chaque élément et contenant les données suivantes, outre les informations requises au titre du marquage CE :

- date de production
- poids de l'élément
- repère de l'élément
- nom du client ou du chantier
- numéro et code du dossier de commande
- nom de l'usine de production

5. Mise en œuvre

5.1 Manutention et mise en œuvre sur chantier

Toutes les spécificités et mesures nécessaires et préliminaires à la pose des Prémurs XEBEX sont regroupés dans le document fascicule « instructions de pose » systématiquement transmis à chaque chantier.

Plusieurs consignes sont impérativement à respecter pour la pose des Prémurs XEBEX afin de garantir leur qualité.

En amont de la livraison, il est nécessaire de préparer l'accès au chantier et de déterminer l'aire de déchargement selon l'emplacement de la grue.

Les Prémurs XEBEX livrés en position verticale peuvent être déchargés avec une grue à l'aide d'élingues placées dans toutes les ancres de

levage systématiquement prévues dans chaque élément. Ils sont posés directement dans l'ouvrage.

Pour les Prémurs XEBEX livrés à plat, il convient en plus de sécuriser l'élément avant de le lever à la verticale avec des élingues adaptées.

Enfin, pour les Prémurs XEBEX de grande hauteur, il est possible d'utiliser un retourneur.

Les Prémurs sont à poser selon les numéros indiqués par un triangle sur le plan de pose. Chaque Prémur est maintenu par 2 étais tirant-poussant fixés à l'aide de vis et rondelles dans les chevilles incorporées lors de la fabrication dans une des parois. Il faut tenir compte du joint vertical de 1cm environ entre les Prémurs en utilisant éventuellement des cales.

Par mesure de sécurité, les crochets de la grue ne peuvent être décrochés qu'après la fixation, le contrôle et la sécurisation des étais tirant-poussant.

La verticalité du Prémur est obtenue en réglant simultanément les deux étais.

Sont ensuite mis en place les aciers de liaison. Si des réservations empêchent la mise en place de ces aciers par le haut, il faut enfiler l'armature par le côté avant la pose du prochain Prémur.

6. Bétonnage

Il convient de tenir compte du §1.1.1.13 du CPT MCI (*cahier du CSTB 3690_v2*) et des prescriptions suivantes.

6.1 Opérations préalables au bétonnage

Tout d'abord, il convient de fermer les joints horizontaux et verticaux.

A partir d'une hauteur de 1cm, les joints horizontaux doivent être coffrés et sécurisés contre la pression du béton.

Les joints verticaux peuvent être coffrés ou remplis de mousse de montage, cette dernière ne devant pas pénétrer dans la partie coulée sur place.

Avant bétonnage, les Prémurs doivent être humidifiés ; les coffrages bois incorporés en usine doivent être sécurisés contre la pression du béton.

6.2 Hauteur de chute du béton

Conformément au §1.1.1.13 du CPT MCI (*cahier CSTB 3690_v2*), et en référence à la norme NF P 18-504, la hauteur maximale H_{Maxi} de chute du béton n'excèdera pas 3 m quel que soit l'épaisseur du noyau. Dans le cas contraire, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple entre les voiles (lorsque l'épaisseur du noyau le permet) ou par une trémie latérale respectant cette même hauteur limite.

6.3 Vitesse de bétonnage

En l'absence de justifications particulières, les vitesses de coulage des couches de béton frais en fonction du type de béton (BPS-MCI ou BCP-MCI) et de la distance entre les raidisseurs sont données dans les figures dans l'Annexe 1 du dossier technique. Elles sont déduites des courbes données dans la norme NF EN 14992 (annexe B).

Une attention particulière doit être portée lors de bétonnages par temps froid. De plus, la vitesse de bétonnage doit être diminuée de 20% pour des températures de paroi inférieures à 10° et de 30% pour des températures de paroi inférieures à 5°C. L'impact d'un béton chaud en l'absence de préchauffage de l'espace interne du MCI sur la vitesse de bétonnage est limité compte tenu de l'inertie thermique des parois du mur à coffrage intégré.

7. Divers

7.1 Conditions d'exploitation du procédé

Les prestations de la société XEBEX GmbH sont les suivantes :

- Avant mise en fabrication

Elaboration de la note de calcul par le Bureau d'Etudes Techniques de l'opération en tenant compte du calepinage et de l'élaboration des plans d'exécution des voiles coffrants effectués par XEBEX GmbH. Les plans d'exécutions et le dimensionnement des points spécifiques au procédé sont réalisés par XEBEX GmbH ou par un BET sous la responsabilité de XEBEX GmbH.

- Fabrication des pièces

Les panneaux sont fabriqués à partir de plans et détails approuvés : plans de calepinage, détails d'assemblage, plans de ferraillage. La fabrication et la livraison s'effectuent suivant les procédures décrites ci-avant.

- Livraison et pose des pièces sur site

La prestation de XEBEX GmbH s'arrête au déchargement des panneaux sur chantier. La pose est effectuée sous la responsabilité de l'entreprise de travaux suivant les prescriptions du Maître d'œuvre, du Bureau d'études et du dossier technique diffusé à la commande par le titulaire de l'Avis.

7.2 Aide à la mise en œuvre

A l'ouverture du chantier pour les Prémurs XEBEX, le client se voit remettre une documentation complète sur les spécificités du produit.

Une équipe technique se tient également à disposition pour assister la pose pas à pas en cas de besoin. Cette prestation est réalisée soit à distance, soit directement au moment de la pose et du coulage des premiers éléments.

Enfin, notre Service Qualité dispose de nombreuses informations complémentaires pouvant être mises à disposition du client.

B. Résultats expérimentaux

Sans objet.

C. Références

C1. Données environnementales

Il existe une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) collective pour cette famille de procédés (249.E-CERIB).

C2. Autres références

Opération	Loc.	Contrôleur	Surface (m²)	Année
Clinique Sainte Elisabeth	Yutz 57	APAVE	10500	2015
EHPAD	Joeuf 54	SOCOTEC	1500	2015
Logements Nexity	St Julien 57	DEKRA	1800	2014
SCI Marguerite	Maizières 54	SOCOTEC	1500	2014
Logement et supermarché Patio	Entzheim 67	QUALICONSULT	2300	2013
SCI Les Lyss	Thionville 57	DEKRA	2200	2013

Tableaux et figures du Dossier Technique

Raidisseur/Écarteurs

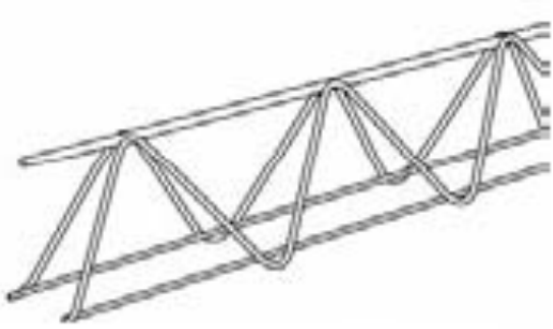


Figure 1 – Exemple de raidisseur

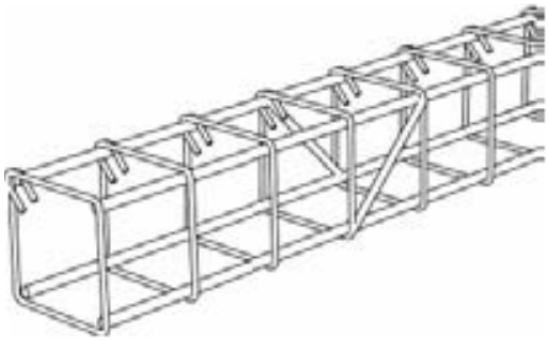


Figure 2 – Cage d'armatures

Douilles

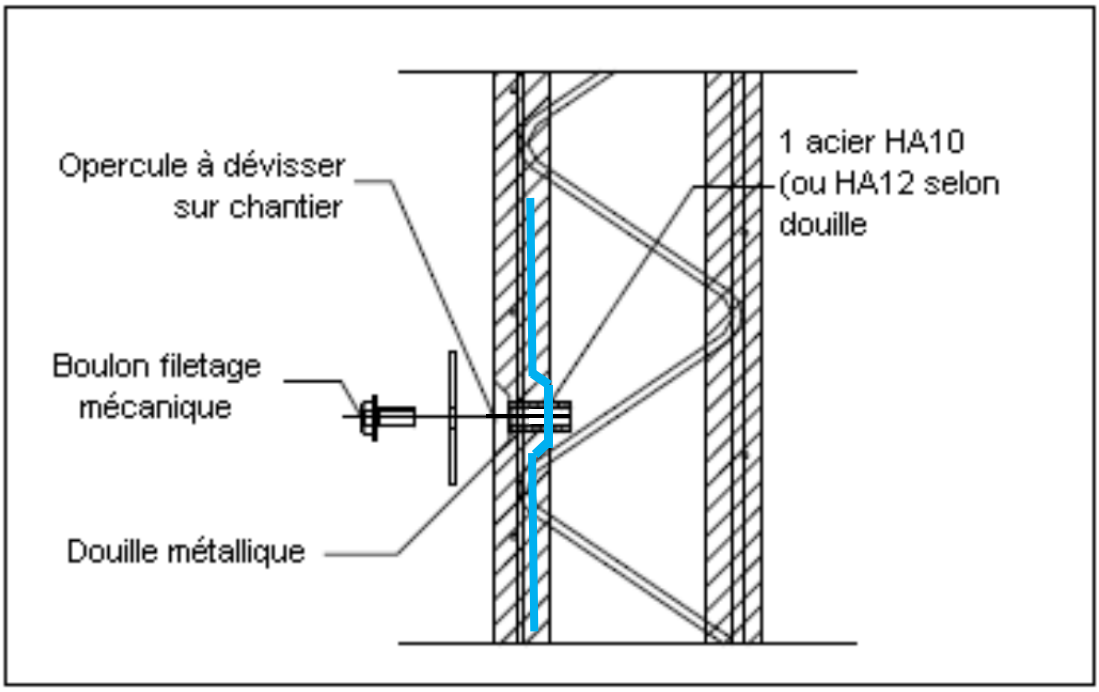


Figure 3 – Douille métallique

Exemples de liaisons en complément du CPT MCI

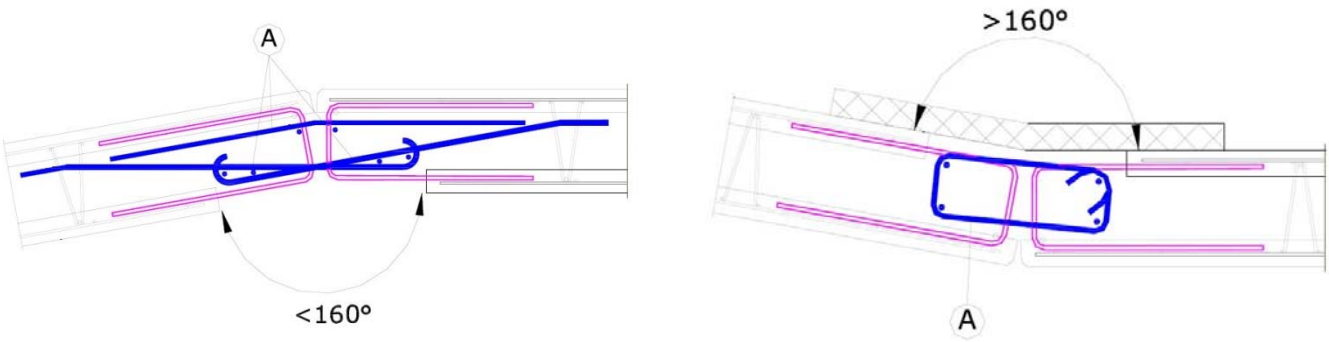


Figure 4 – Exemple d'encastrement biais

Bétonnage de mur soumis à une pression hydrostatique

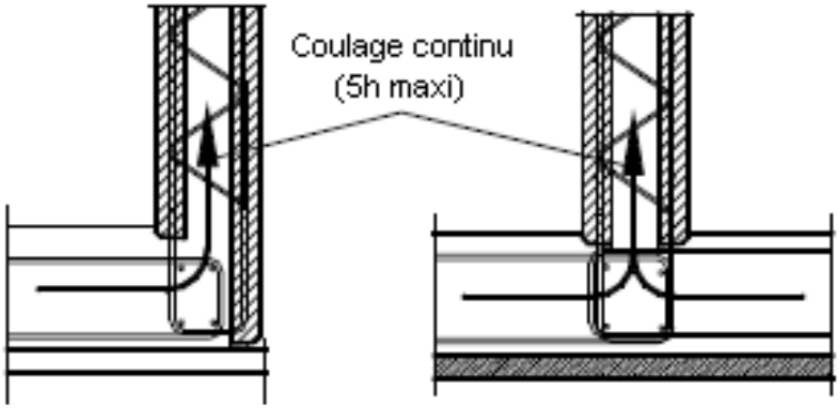


Figure 5 – Bétonnage du pied de mur XEBEX

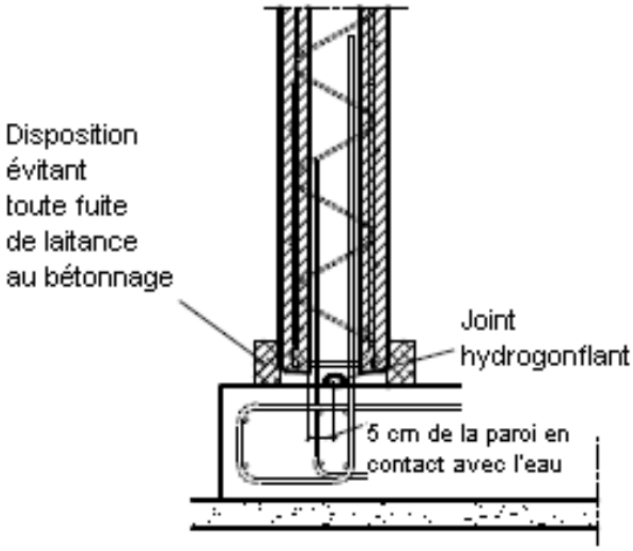


Figure 6 – Prémur XEBEX sur radier

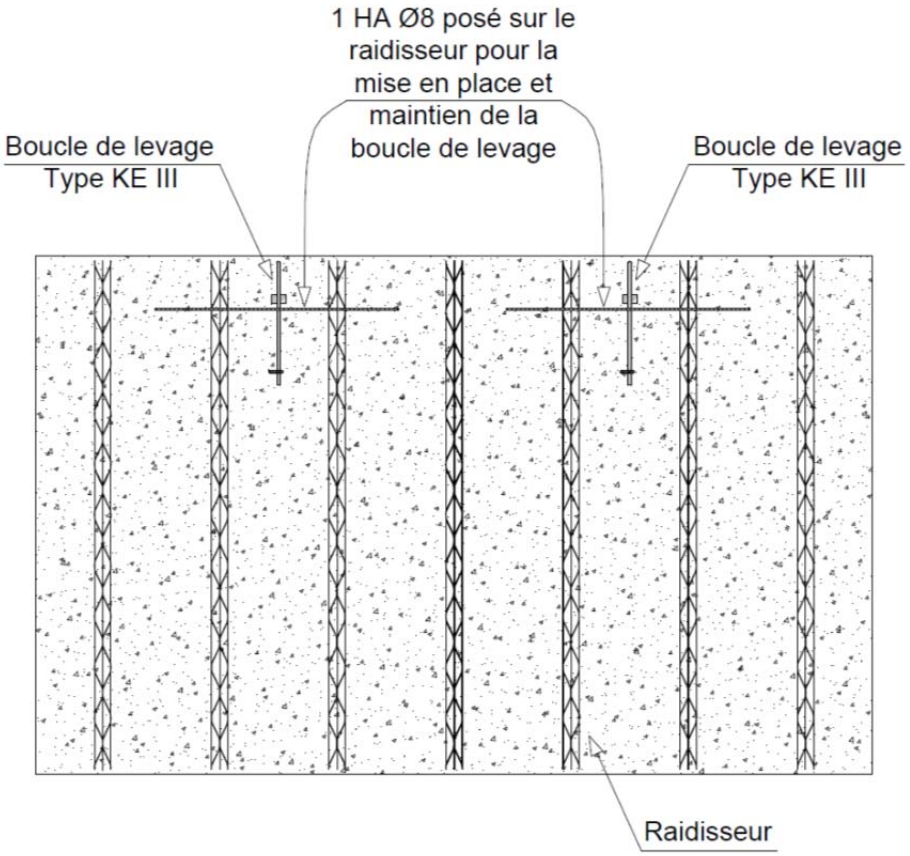


Figure 7 – Schéma de principe intégration des ancres KE III, coupe verticale dans le plan

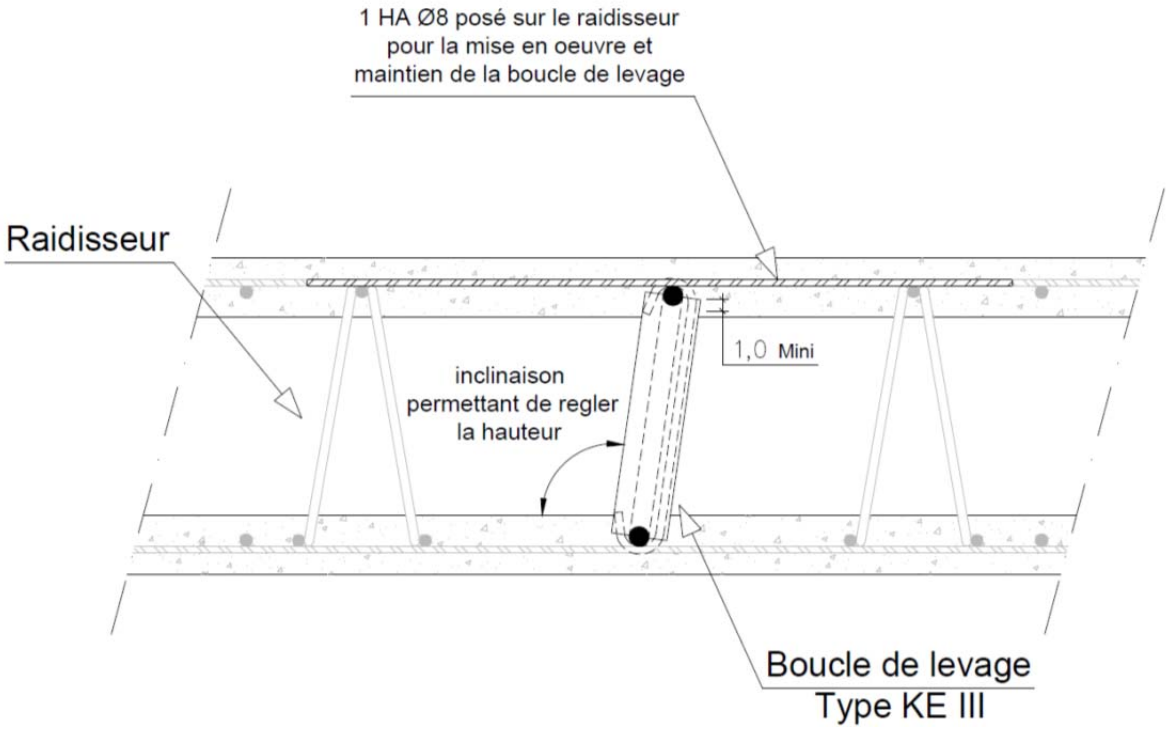


Figure 8 – Schémas de principe intégration des ancres KE III, coupe horizontale

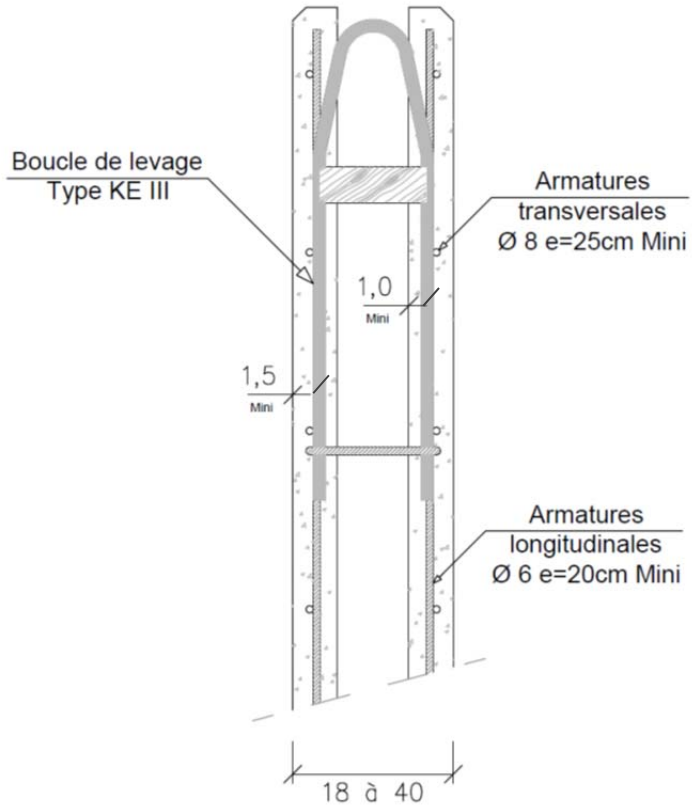
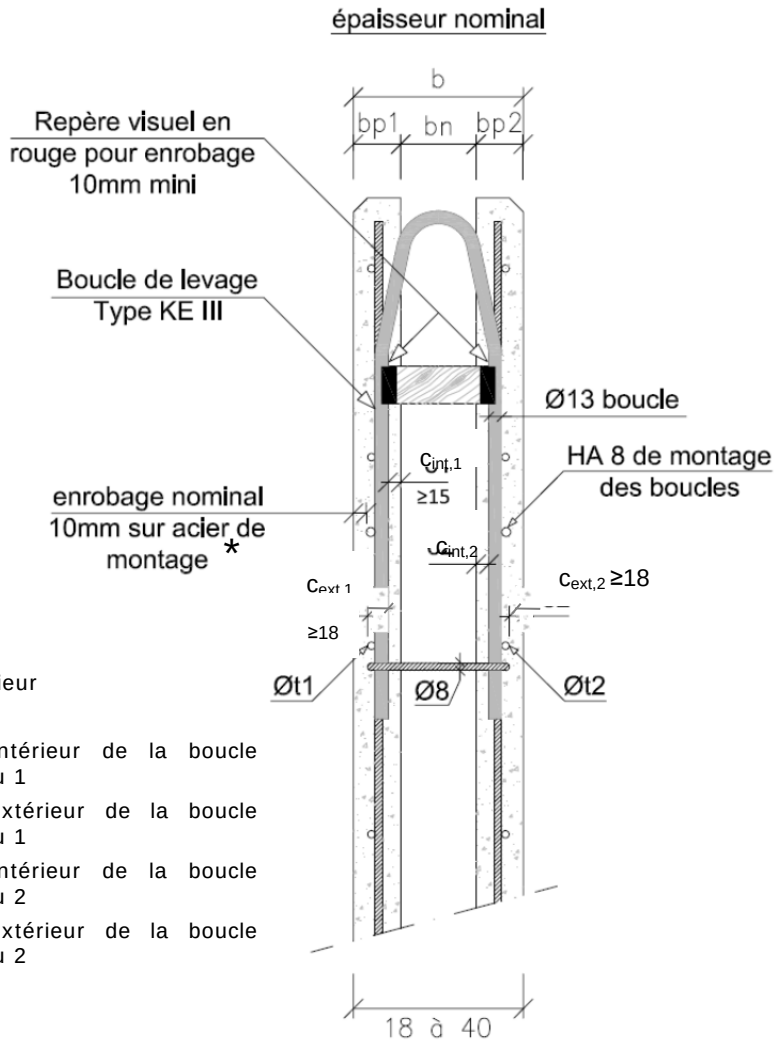


Figure 9 – Coupe verticale sur ancre KE III, enrobages minimaux imposés



* Cas d'un mur intérieur

$c_{int,1}$ enrobage intérieur de la boucle dans la peau 1

$c_{ext,1}$ enrobage extérieur de la boucle dans la peau 1

$c_{int,2}$ enrobage intérieur de la boucle dans la peau 2

$c_{ext,2}$ enrobage extérieur de la boucle dans la peau 2

Figure 10 – Coupe verticale sur ancre KE III, enrobages nominaux seuils

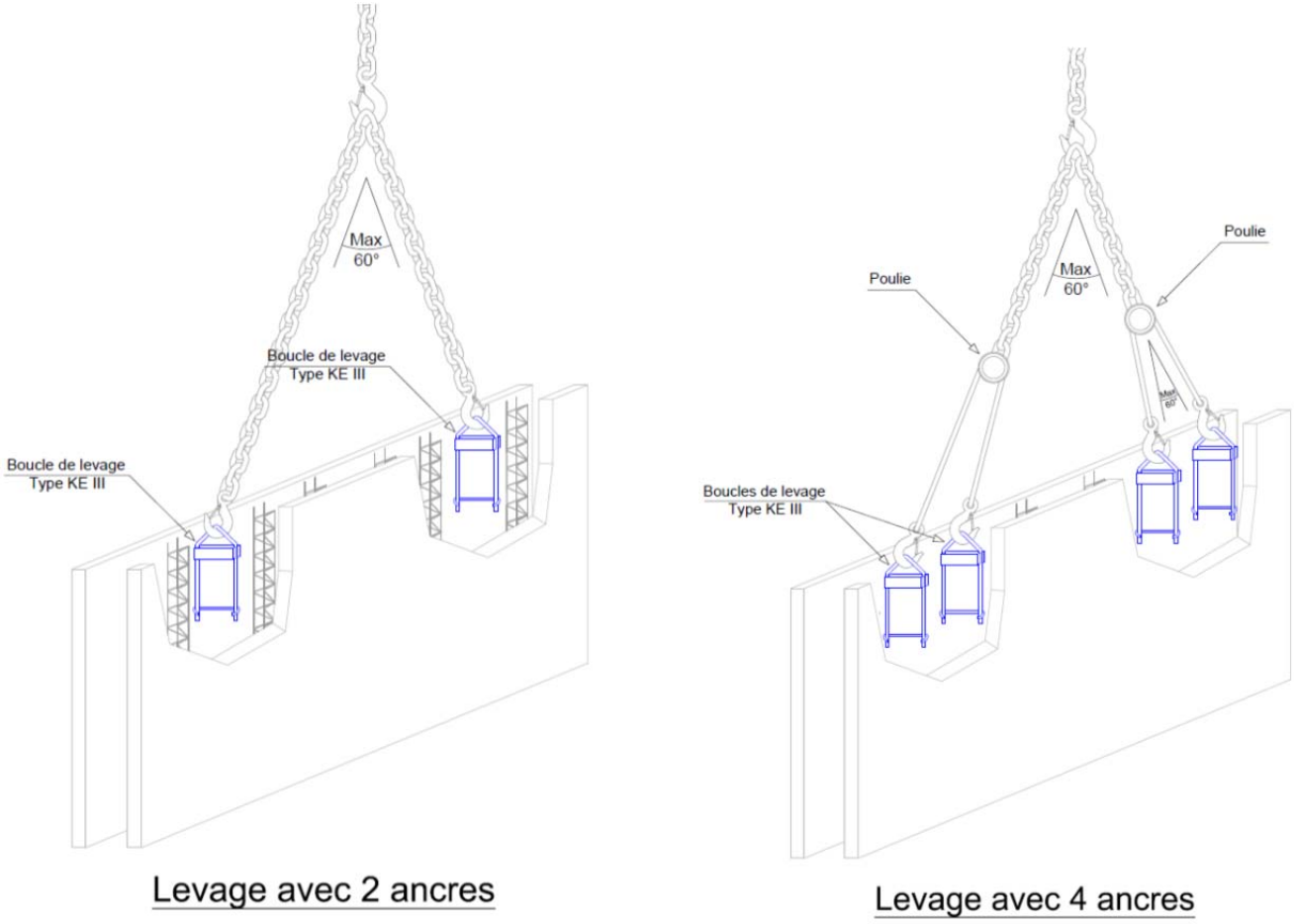


Figure 11 – Exemple de levage par 2 ou 4 point

Annexe 1 – Vitesse de bétonnage

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

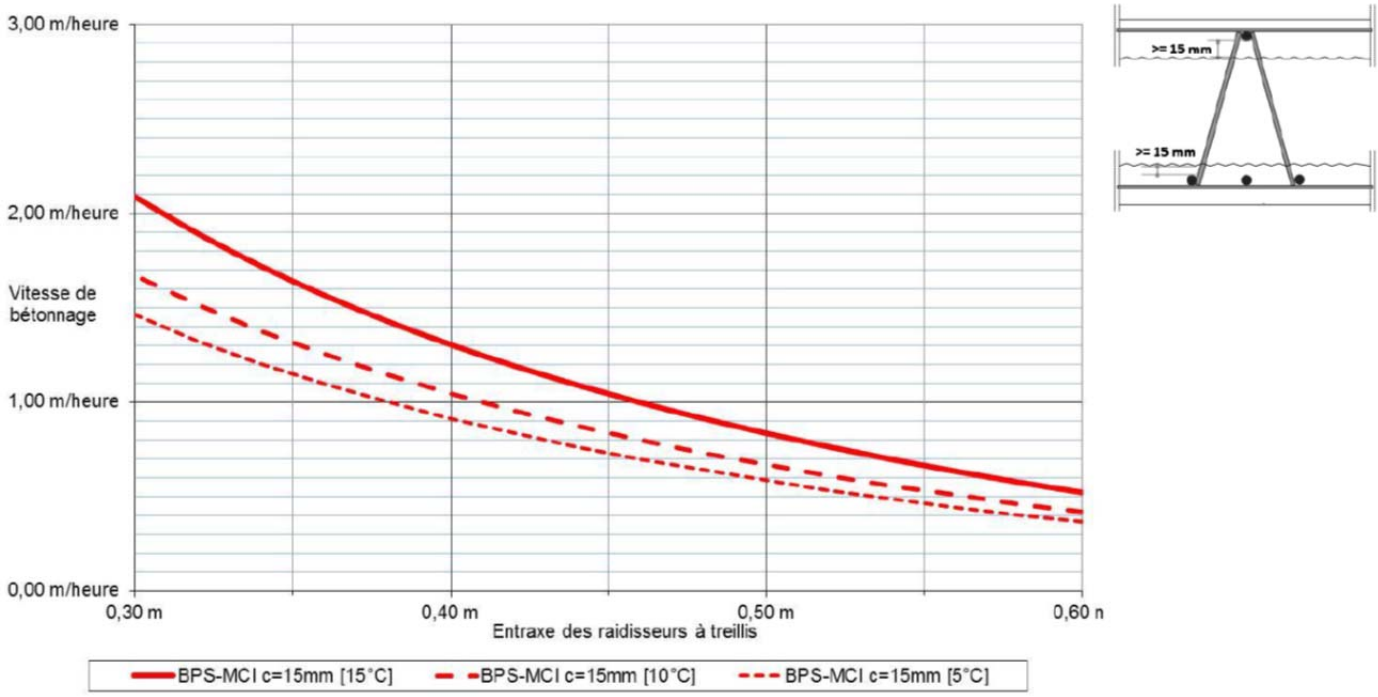


Figure 1-1 – Vitesse de bétonnage pour les bétons BPS-MCI en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs pour un enrobage de l'armature longitudinale du raidisseur de 15 mm

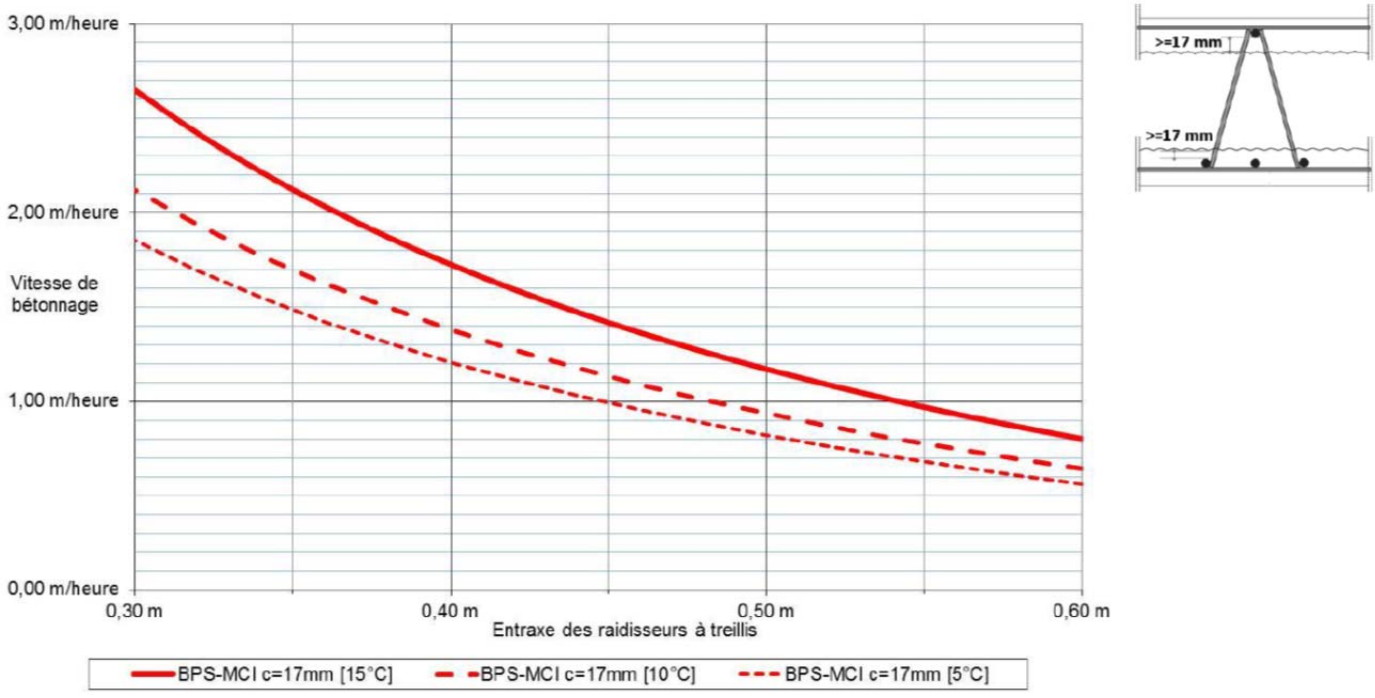


Figure 1-2 – Vitesse de bétonnage pour les bétons BPS-MCI en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs pour un enrobage de l'armature longitudinale du raidisseur de 17 mm

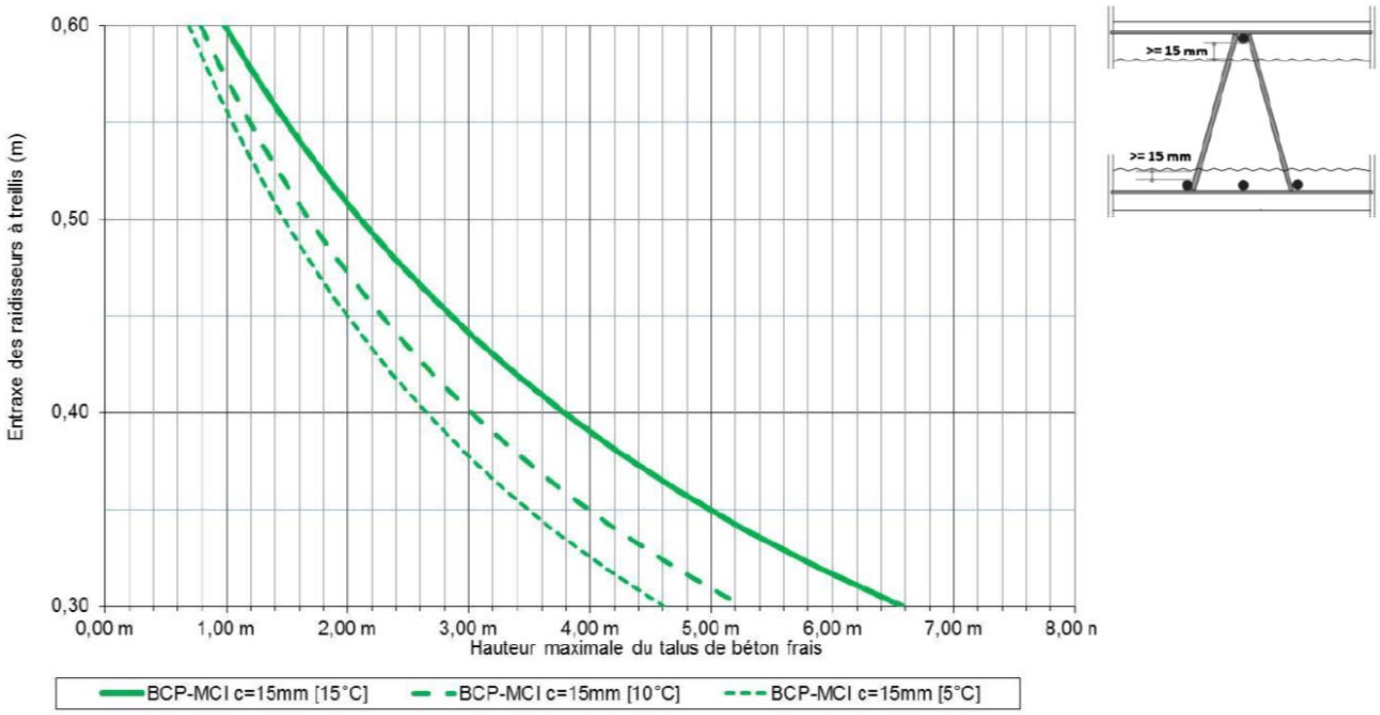


Figure 1-3 – Choix de l'entraxe des raidisseurs en fonction de la hauteur maximale du talus de béton frais dans le cas des bétons BCP-MCI en fonction de la température pour un enrobage l'armature longitudinale du raidisseur de 15 mm

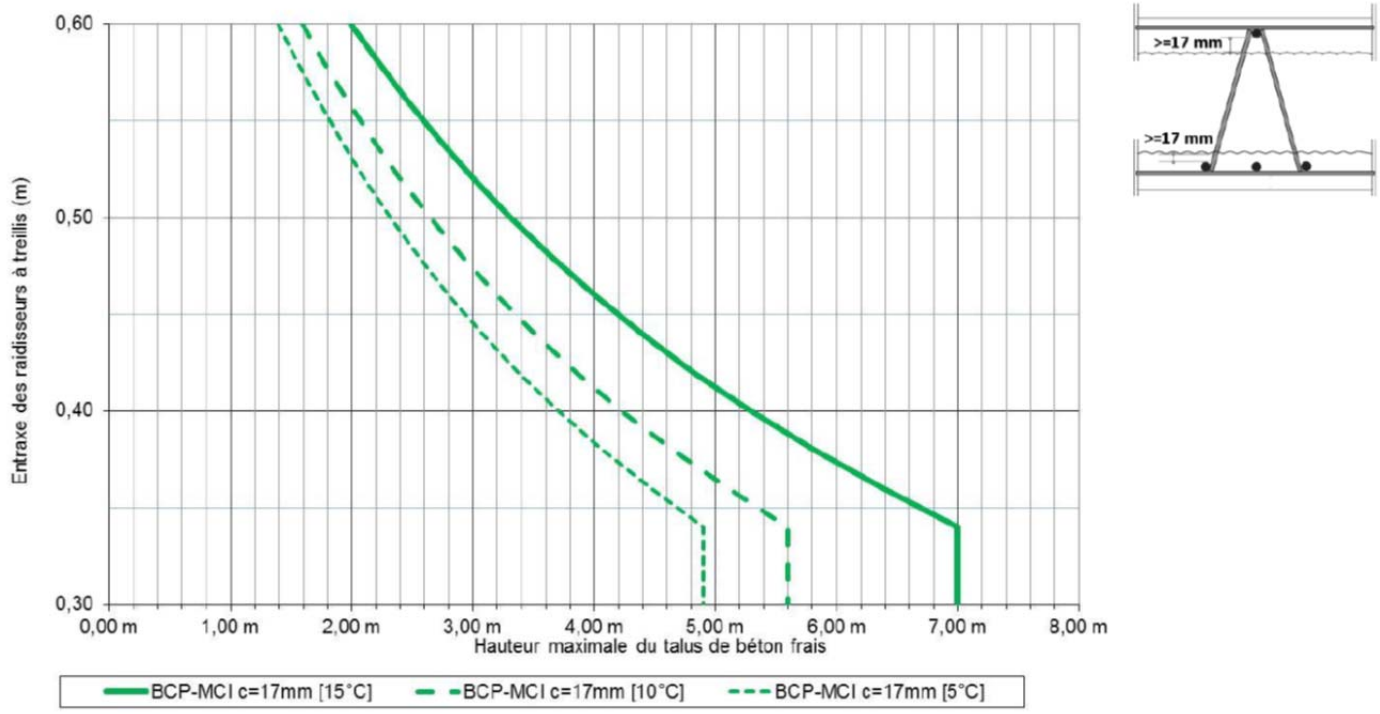


Figure 1-4 – Choix de l'entraxe des raidisseurs en fonction de la hauteur maximale du talus de béton frais dans le cas des bétons BCP-MCI en fonction de la température pour un enrobage l'armature longitudinale du raidisseur de 17 mm