

Sur le procédé

PREMUR A2C

Famille de produit/Procédé : Mur à coffrage intégré

Titulaire(s) : Société A2C PREFA

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
V3	<p>Cette version, examinée le 04 octobre 2022, annule et remplace le Document Technique d'Application n° 3.2/17-918_V2. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suppression du site de production : LBDP en Nouvelle Calédonie ; • Mise à jour des dimensions maximales de mur fabriqués (à la suite de la suppression de l'usine LBDP) ; • Suppression des BAP du Dossier Technique. 	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

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 encastrés.

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

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 17,10 cm à 50 cm. Epaisseurs nominales des parois de : 50mm à 90mm. Dimensions maximales : de 3,80 x 12,36 m, 3,00 x 12,08 m, 3,00 x 12,00 m (selon les sites de production).

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.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.2.	Appréciation.....	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	5
1.2.2.	Durabilité	6
1.2.3.	Impacts environnementaux	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	7
1.4.	Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé	8
2.	Dossier Technique.....	9
2.1.	Mode de commercialisation	9
2.1.1.	Coordonnées.....	9
2.1.2.	Mise sur le marché.....	9
2.1.3.	Identification.....	9
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Principe.....	9
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	10
2.2.3.	Boîtes d'attentes.....	11
2.2.4.	Coupleurs d'armatures.....	11
2.2.5.	Boucles de levage	11
2.2.6.	Accessoires de stabilité en phase provisoire.....	12
2.2.7.	Matériaux de jointolement et d'étanchéité	12
2.2.8.	Matériaux de traitement du parement des murs (selon leur destination).....	12
2.2.9.	Matériaux de traitement de la « tête » des murs	12
2.2.10.	Autres matériaux.....	12
2.3.	Dispositions de conception	12
2.3.1.	Généralités.....	12
2.3.2.	Stabilité	13
2.3.3.	Conception des éléments préfabriqués.....	13
2.3.4.	Liaisons des MCI « Prémur A2C »	14
2.3.5.	Critères de bétonnage du noyau.....	14
2.3.6.	Eléments sollicités dans leur plan.....	16
2.3.7.	Prescriptions particulières aux acrotères	17
2.3.8.	Prescriptions particulières aux éléments inclinés.....	17
2.3.9.	Eléments essentiellement sollicités perpendiculairement à leur plan.....	18
2.3.10.	Dispositions pour assurer l'étanchéité.....	18
2.3.11.	Dispositions parasismiques.....	19
2.3.12.	Sécurité en cas d'incendie	20
2.3.13.	Isolation thermique	20
2.3.14.	Isolation acoustique	20
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	20
2.4.1.	Travaux préliminaires.....	20
2.4.2.	Livraison, Stockage.....	20
2.4.3.	Levage.....	20
2.4.4.	Mise en œuvre	20
2.5.	Finitions	21

2.5.1.	Aspect des parements	21
2.5.2.	Traitement des joints.....	22
2.5.3.	Traitement de la tête des Prémurs A2C exposés aux intempéries.....	22
2.6.	Conditions d'exploitation du procédé.....	22
2.7.	Assistante technique.....	22
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	22
2.8.1.	Etapes de fabrication.....	22
2.8.2.	Caractéristiques des MCI « Prémur A2C »	23
2.8.3.	Contrôles de fabrication	23
2.9.	Mention des justificatifs.....	24
2.9.1.	Données Environnementales.....	24
2.9.2.	Résultats expérimentaux.....	25
2.9.3.	Références chantiers	25
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre	26

1. Avis du Groupe Spécialisé

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

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine et La Réunion, 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 de murs à coffrage intégré « Prémur A2C » est destiné à la réalisation de murs porteurs ou non porteurs en infrastructure et en superstructure, de murs de refends, de murs façades, de poutres voiles, de poutres, de poteaux, de murs de soutènement, de silos à grains ou à engrains, de murs coupe-feu, de murs de bassins ou de piscines, d'ouvrages soumis à une pression hydrostatique extérieure ainsi que les murs enterrés soumis ou non à des pressions hydrostatiques destinés entre autres à la réalisation de caniveaux, garages souterrains, galeries de liaison, sous-sols sur un ou plusieurs niveaux, parois berlinoises.

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.

Les murs d'épaisseur totale nominale inférieure à 17,1 cm et les murs d'épaisseur totale nominale supérieure à 50 cm ne sont pas visés dans le présent Avis. Les éléments avec des parois d'épaisseurs nominales inférieures à 50 mm ne sont pas visés dans le présent Avis.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Aptitude au levage

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage non incorporés au procédé « Prémur A2C » (élingues, chaînes, sangles, câbles, ...);
- Les appareils de levage (grue mobile ou fixe, ...);
- Les équipements de protection collective ou individuelle pour la sécurité des personnes (garde-corps, crochet, ...).

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

Les conditions d'utilisation des valeurs de CMU de ces boucles de levage sont précisées dans l'Annexe « CMU des boucles de levage » de la partie Avis.

Vis-à-vis de leur aptitude au levage :

- Pour les boucles décrites dans les Figures 21 et 22 du Dossier Technique : seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 18 cm et 40 cm et pour une épaisseur minimale de paroi de 55 mm sont visés par l'Avis, dans les conditions décrites dans le Dossier Technique.
- Pour les « ancrès KE III et KE IV » : seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 17,1 cm et 40 cm et pour une épaisseur minimale de paroi de 50 mm 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.

1.2.1.2. Stabilité

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

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

1.2.1.3. Sécurité en cas d'incendie

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « Prémur A2C » peuvent être justifiées par application 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.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

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 appliquée 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. Etanchéité 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. Risque 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-Bat ».

1.2.1.10. 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.

1.2.1.11. 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'entièvre 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

Il existe des Déclarations Environnementales (DE) vérifiées par tierce partie indépendante pour ce procédé mentionnées au paragraphe 2.9.1 du Dossier Technique.

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

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 parois coffrantes au droit des joints verticaux comme des joints horizontaux entre panneaux cofrants. 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 apparaissent 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.

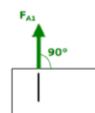
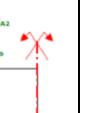
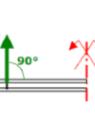
Le Groupe tient à préciser que les schémas annexés au Dossier Technique sont à considérer comme des illustrations des prescriptions déjà admises dans le CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2) et non pas comme des dispositions complémentaires, non visées dans le CPT.

1.4. Annexes de l'Avis du Groupe Spécialisé

CMU des BOUCLES de LEVAGE

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

Sur la base des essais de qualification fournis, les valeurs de la Charge Maximale d'Utilisation (CMU) par boucle sont données dans le Tableau 1 et Tableau 2 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.

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

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

- p = poids surfacique du mur de coffrage intégré [kN/m^2]
- A = surface du mur de coffrage intégré [m^2]
- 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

Commentaires :

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

Le coefficient d'effet dynamique de 1,15 est un coefficient dynamique forfaitaire indépendant des vitesses de manutention et valable pour des conditions de levage usuelles : grue à tour et grue mobile à poste fixe.

Réf. boucle	Diamètre boucle ϕ_1 [mm]	Epaisseur nominale paroi h_1 [mm]	Enrobages nominaux c_1 [mm]	Levage en position verticale CMU1 [kN]	Levage à plat du MCI CMU2 [kN]	Retournement du MCI CMU3 [kN]
D14 H350	14	≥ 55	≥ 15	24,6	5,3	12,4
D16 H350	16	≥ 55	≥ 13	26,8	6,8	15,4
D16 H350	16	≥ 65	≥ 23	32,3	6,8	16,6

Tableau 1 - CMU des boucles de diamètre 14 et 16 mm

Réf boucle	Diamètre boucle ϕ_1 [mm]	Épaisseur du MCI b [cm]	Epaisseur nominale paroi bp_1, bp_2 [mm]	Enrobages effectifs intérieurs de la boucle $c1bcint \text{ et } c2bcint$ [mm]	Levage en position verticale CMU1 [kN]	Levage à plat du MCI CMU2 [kN]	Retournement du MCI CMU3 [kN]
KE III	13	17,1 à 40	≥ 50	$\geq 10 \text{ mm}$	$\geq 15 \text{ mm}$	21,80	4,25
KE IV	15,5	18 à 40	≥ 60	$\geq 15 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$	45,30	non visé

Tableau 2 - CMU des boucles « Ancre KE III et KE IV »

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

Titulaire(s) : Société A2C PREFA

Route de Donnemarie

BP 12

FR - 77480 SAINT-SAUVEUR LES BRAY

Tél. : 01 60 68 99 00

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011, le procédé de mur à coffrage intégré « Prémur A2C » fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par A2C PREFA sur la base de la norme NF EN 14992 ou de la norme NF EN 15258.

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

2.1.3. Identification

L'identification des composants se fait comme indiqué par le tenant du système au paragraphe 2.2.2 du Dossier Technique.

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

Chaque MCI « Prémur A2C » est identifié par une étiquette qui comporte la référence du mur, le nom du chantier, les dimensions du mur, poids du mur, la classe de résistance du béton, la date de fabrication, l'épaisseur du « Prémur A2C », l'épaisseur de chaque peau cofrante, le nom et l'adresse de l'usine, le marquage CE et NF 548, la déclaration de performance produit, conformément aux normes NF EN 14992 ou NF EN 15258.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré (MCI) « Prémur A2C » est constitué de deux voiles en béton armé préfabriqués reliés ensemble et espacés au moyen de raidisseurs métalliques de forme triangulaire ou éventuellement carrée, espacés de 60 cm au maximum. Sur chantier, l'espace vide compris entre les deux voiles cofrant est rempli de béton pour constituer un panneau plein.

Les voiles préfabriqués sont communément appelés « parois » ou « peaux cofrantes ». L'espace entre les voiles préfabriqués, une fois rempli de béton, est appelé « noyau ».

Les MCI « Prémur A2C » ont les dimensions suivantes :

- Epaisseur nominale du mur : de 17,10 cm à 50 cm ;
- Epaisseurs nominales des parois : de 50 mm à 90 mm.

Les dimensions maximales visées sont de 3,80 x 12,36 m, 3,60 x 13,00 m, 3,00 x 12,08 m, 3,50 x 11,00 m ou 3,50 x 12,50 m (selon les sites de production).

Les MCI « Prémur A2C » peuvent être associés à divers éléments de structure : poteaux et poutres préfabriqués ou coulés en place, prédalles, dalles alvéolaires, radiers, fondations, ...

Les liaisons entre MCI « Prémur A2C » sont assurées par des armatures rapportées disposées dans la partie coulée en œuvre, ou par des armatures intégrées aux murs.

L'encastrement du mur dans la semelle ou le radier est réalisé par des armatures en attente dans la fondation ou intégrées aux MCI « Prémur A2C ». L'encastrement entre MCI « Prémur A2C » dans les angles ou avec d'autres ouvrages est réalisé par des armatures intégrées aux MCI 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, soit par le mur lui-même moyennant des dispositions constructives décrites dans le §2.7.9 du présent Dossier Technique en fonction du type d'ouvrage.

Des armatures de poteaux, longrines, linteaux, encadrements d'ouvertures peuvent être incorporées aux MCI « Prémur A2C » ou rapportées sur chantier. De même, les huisseries, menuiseries, gaines, boîtiers, platines, négatifs, goujons, et autres équipements ou inserts, peuvent être incorporés aux MCI « Prémur A2C » ou rapportés sur chantier dans des réservations prévues à cet effet.

Les faces peuvent être éventuellement traitées en béton architectonique (béton de couleur et finition chimique et/ou mécanique).

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.

2.2.2. Caractéristiques des composants

Les principaux matériaux mis en œuvre sont :

- Le béton des voiles préfabriqués ;
- Le béton de remplissage ;
- Les armatures ;
- Les inserts ;
- Les matériaux de traitement des joints ;
- Les matériaux d'habillage ou de traitement intérieur et extérieur.

Les matériaux sont conformes aux exigences du Cahier des Prescriptions Techniques communes aux procédés de murs à Coffrage Intégré (CPT MCI) au § 1.1.1.2.

Les spécifications particulières sont indiquées dans les paragraphes suivants.

2.2.2.1. Bétons

2.2.2.1.1. Béton des voiles préfabriqués

La composition du béton des voiles préfabriqués respecte les exigences définies dans les tableaux NAF.1 ou NAF.2 repris dans la norme NF EN 13369, en fonction de la classe d'exposition de l'ouvrage. Le béton est conforme à la norme NF EN 206/CN.

La classe de résistance à 28 jours sera au moins C25/30, mais plus couramment C40/50.

Il pourra être utilisé un béton architectonique : béton de ciment gris ou blanc, coloré ou non, finition lisse, gommé, acidé, désactivé ou poli. Pour l'utilisation de matrice, l'enrobage sera considéré en creux de dessin.

La résistance du béton, sur cubes 10 x 10 cm, des voiles préfabriqués du MCI « Prémur A2C » est au minimum de 20 MPa à la première manutention.

2.2.2.1.2. Béton de remplissage

Le béton utilisé pour le remplissage des MCI « Prémur A2C » doit être conforme au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.2.

Le béton de remplissage, coulé sur chantier, est un béton du type prêt à l'emploi (BPE) à propriétés spécifiées (BPS), conforme aux prescriptions de l'opération et à la norme NF EN 206/CN, de résistance caractéristique à 28 jours minimale $f_{ck} = 20$ MPa (Classe de résistance C20/25) :

- $D_{max}=12,5$ 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.

L'utilisation de microbéton est autorisée, et dans ce cas une attention particulière doit être portée à la fissuration due au retrait, notamment au niveau des joints verticaux.

Consistance fluide (S4 ou S5) (affaissement minimal au cône d'Abrams 16 cm) ; 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).

La consistance fluide peut être obtenue par ajout d'un superplastifiant haut réducteur d'eau conforme à la norme NF EN 934-2.

2.2.2.2. Armatures et treillis raidisseurs

Tous les éléments en acier mis en œuvre lors de la fabrication des MCI « Prémur A2C » ou lors du remplissage du noyau (armatures filantes, façonnées, treillis soudés, treillis raidisseurs, organes de levage, ...) doivent être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.

2.2.2.2.1. Armatures minimales

Les prescriptions de l'article 1.1.1.3 du CPT MCI (cahier du CSTB 3690_V2) doivent être respectées.

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

- 0,125 % de la section totale de béton du mur dans les deux directions ;
- L'espacement des barres devant rester inférieur à 20 cm.

Les armatures du lit le plus proche du parement devant avoir un diamètre au moins égal à 8 mm.

2.2.2.2.2. Treillis raidisseurs

Les raidisseurs sont conformes au § 1.1.1.2 du CPT MCI (cahier du CSTB 3690_V2).

Des raidisseurs métalliques espacées d'au plus 60 cm assurent la liaison entre les deux peaux coffrantes.

La section des armatures hautes et basses des raidisseurs sera prise en compte dans la section de ferrailage mécaniquement nécessaire parallèlement aux raidisseurs.

Le choix du type et de l'espacement des raidisseurs se fera en fonction des critères suivants :

- Sollicitations de cisaillement à l'interface ;
- Epaisseur du MCI « Prémur A2C » ;

- Vitesse de bétonnage du noyau ;

Les hauteurs des raidisseurs les plus usuelles sont : 110 – 120 – 130 – 140 – 150 – 160 – 180 – 230 – 240 et 320 mm.

2.2.2.2.3. Treillis raidisseurs en V

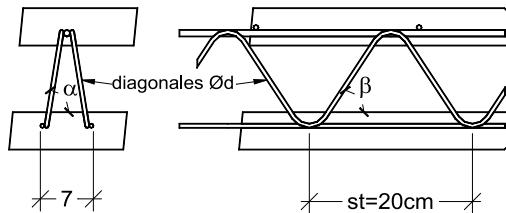
Les treillis raidisseurs (type raidisseurs en V) formant couture entre les voiles préfabriqués et le noyau coulé en place font l'objet d'une certification NF conformément à la norme NF A 35-028.

Ils seront de type :

- KT800 produits par Badische Drahtwerke GmbH ;
- CKT produits par Intersig ;
- Ou des raidisseurs certifiés présentant les mêmes caractéristiques techniques que ceux définis ci-dessus.

Les raidisseurs sont certifiés NF ou équivalent par un organisme extérieur conformément au référentiel NF548 et son document technique.

Le diamètre des filants inférieurs est compris entre 5 et 6 mm, le diamètre du filant supérieur sera de 8 à 10 mm.



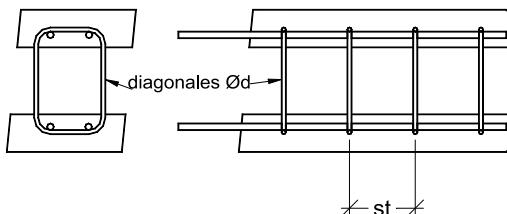
2.2.2.2.4. Treillis raidisseurs spéciaux

Ils sont réalisés sur mesure et en forme de cages d'armatures en acier de nuance B500A, B500B, B450B ou B450C. Ils doivent faire l'objet d'un contrôle interne.

Ces raidisseurs spéciaux auront des filants en 6 - 8 ou 10 mm et des cadres en 6 ou 8 mm.

Les tolérances d'exécution sur les dimensions sont :

- Hauteur : + 1 / - 3 mm ;
- Largeur : +/- 10 mm ;
- Espacement des cadres : +/- 25 mm.



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

Les aciers mis en œuvre dans les voiles sont conformes au § 1.1.1.2 du CPT MCI (cahier du CSTB 3690_V2).

Les armatures, qui sont intégrées aux parois préfabriquées ou utilisées en acier de liaisons, sont de deux types :

- Acier en barres filantes ou façonnées conforme à la norme NF A 35-080-1 ;
- Panneaux de treillis soudés conformes à la norme NF A 35-080-2.

Les armatures complémentaires de type poteau, linteau, rive, ... peuvent être incorporées aux murs lors de la réalisation en usine ou rapportées dans le noyau lors de la mise en œuvre sur chantier. Ces armatures sont du type B500A, B500B ou treillis façonnés à la demande.

2.2.3. Boîtes d'attentes

En cas d'utilisation de boîtes d'attentes, celles-ci bénéficieront d'un certificat délivré par l'AFCAB.

2.2.4. Coupleurs d'armatures

En cas d'utilisation de coupleurs d'armatures, ceux-ci bénéficieront d'un certificat délivré par l'AFCAB.

2.2.5. Boucles de levage

La manutention, tant pour le démoulage que le stockage et la pose des MCI « Prémur A2C », est réalisée à partir de boucles de levage intégrés aux MCI, conformes à la norme NF A 35-015.

Le façonnage des boucles est défini en Figures 21 et 22. Elles comportent un bouton en partie supérieure et une épingle en partie inférieure. Ces boucles existent en diamètre 14 et 16 mm.

L'armature principale de la boucle est réalisée en acier B235 conforme à la norme NF A 35-015.

Le bouton et l'épingle sont réalisés en acier B500B, conforme à la norme NF A 35-080-1.

Le levage et la manutention peuvent être également réalisés avec des organes de levage KE III et KE IV pour la gamme couverte par leur Avis Technique en cours de validité.

Un MCI « Prémur A2C » comportera, en partie supérieure, au minimum 2 boucles de levage, et 4 boucles de levage si son poids est supérieur à la CMU correspondant aux 2 boucles considérées

Les MCI « Prémur A2C » de grandes dimensions transportés sur chant auront des boucles de levages en tête pour la manutention en usine et le déchargement, ainsi que des boucles de levage sur un chant pour la mise en œuvre sur site. Le retournement sur chantier se fera à l'aide d'un « retourneur » ou d'une grue équipée d'un double treuil.

2.2.6. Accessoires de stabilité en phase provisoire

Des douilles métalliques à plateau de 50 mm de diamètre et de 45 mm de haut. Ces douilles sont de type SCHROEDER ou des douilles d'un autre fabricant ayant les mêmes caractéristiques techniques.

Elles sont scellées dans l'un des voiles préfabriqués des MCI « Prémur A2C » (voir Figure 5).

Elles assurent la liaison du voile du MCI « Prémur A2C » avec les étais tire-pousse pendant le montage et le bétonnage, et la fixation éventuelle des équipements de sécurité.

Elles sont utilisées en combinaison avec des boulons métalliques adaptés (M16, M20.), et elles autorisent des usages multiples de serrages - desserrages.

2.2.7. Matériaux de jointoiement et d'étanchéité

- Fond de joint type Joint expansif, en mousse polyuréthane ou cordon néoprène, pour blocage de la laitance ;
- Mortier riche de réparation sans retrait ;
- Mastic élastomère de 1ère catégorie ;
- Emulsion bitumeuse épaisse ;
- Bande bitumeuse autocollante.

La mise en œuvre de ces produits est réalisée conformément aux recommandations et cahiers techniques dont chaque produit fait l'objet.

Le fournisseur des produits employés justifie leur compatibilité avec les environnements auxquels ils seront exposés.

2.2.8. Matériaux de traitement du parement des murs (selon leur destination)

- Enduits bitumeux (faces contre terres) ;
- Béton matricé, béton désactivé ;
- Lasure ;
- Peinture ;
- Résine ;
- Membrane d'étanchéité (liner) ;
- Carrelage de parement, ...

2.2.9. Matériaux de traitement de la « tête » des murs

- Chaperon béton ;
- Couvertine métallique ;
- Ou Couverture traditionnelle selon DTU propre.

2.2.10. Autres matériaux

- Rails d'ancrage ;
- Réservations ;
- Boîtiers électriques ;
- Gaines électriques ;
- Cales d'armatures ;

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le comportement final d'un mur réalisé à partir du procédé de MCI « Prémur A2C » n'est pas différent de celui du même mur en béton banché, et son dimensionnement est similaire à celui d'un mur traditionnel ; il est toutefois nécessaire d'effectuer des vérifications spécifiques pour tenir compte de la présence des joints. La conception est réalisée conformément au CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2) complété par le présent Dossier Technique. Le dimensionnement est réalisé selon les règles applicables aux éléments de structure en béton armé : NF EN 1992-1-1, DTU 23.1 (NF P 18-210), Fascicule 74 du CCTG et la NF EN 1992-3 et son AN pour les réservoirs ou ouvrages analogues.

Le ferrailage des peaux coffrantes, des réservations et de la partie coulée en place est fonction des sollicitations, du mode de fonctionnement des murs et des conditions aux limites. Il est déterminé par l'étude de structure effectuée par le BET Structures

d'exécution du chantier en tenant compte des spécificités du procédé. Le BET Structures d'exécution doit tenir compte des conditions particulières de la conception parasiomique des bâtiments avec ce procédé.

Les renforcements des ouvertures et des bords libres usuellement prévus dans les voiles selon les dispositions du paragraphe 4.2.2.5 du DTU 23.1, pourront être réalisés dans les MCI « Prémur A2C » à l'aide des raidisseurs définis au § 2.2.2.2.3 (Voir Article 1.1.1.10 du CPT MCI)

2.3.2. Stabilité

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 la paroi coffrante tendue. 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 des parois coffrantes, 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 paroi coffrante et béton coffré.

Le choix du système de levage incorporé aux murs à coffrage intégré doit être fait en fonction des épaisseurs des peaux et du noyau, du poids des éléments et des méthodes de pose utilisées sur chantier.

Dans les noyaux de faible dimension, le respect des rayons de courbure et des enrobages ne permet pas de réaliser les liaisons verticales couturées avec des chainages telles que représentées dans les figures du Dossier Technique.

Le BET Structure détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armature. Le calepinage est effectué par le titulaire. Le BET du titulaire (A2C PREFA) ou le BET désigné par le titulaire et soumis à son contrôle réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, ...) conformément aux prescriptions du CPT 3690_V2.

2.3.3. Conception des éléments préfabriqués

2.3.3.1. Enrobage des armatures

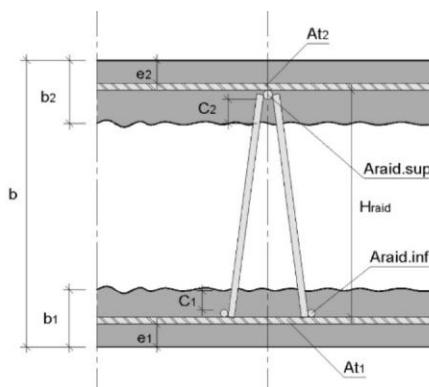
Les enrobages des armatures des voiles préfabriqués doivent respecter les prescriptions définies dans la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale NF EN 1992-1-1/NA.

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.

2.3.3.2. Epaisseurs minimales des voiles préfabriqués

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



Les dimensions nominales sont définies comme des dimensions minimales plus une marge de calcul pour tolérances d'exécution. Les tolérances d'exécution déclarées et suivies dans le cadre de la certification NF sont celles figurant dans le référentiel de certification NF 548.

Les tolérances déclarées sur les enrobages e_1 et e_2 respectivement dans le premier et dans le deuxième voile préfabriqué sont : $\Delta e_1 = \Delta e_2 = +2/-2 \text{ mm}$

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

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

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

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

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

L'épaisseur nominale minimale du noyau en béton coulé en place est fixée à $b_n = 70$ mm. Cette épaisseur nominale minimale correspond à une épaisseur minimale « toutes tolérances épuisées » $b_{n,min} = 60$ mm conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).

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

2.3.4. Liaisons des MCI « Prémur A2C »

Les liaisons entre éléments sont de type :

- Articulé : les armatures de liaison sont ajoutées uniquement dans le noyau coulé en place ;
- Couturée : liaison articulée à laquelle est ajoutée une armature de couture intégrée à la paroi structurelle en bord de panneau ;
- Encastré.

2.3.4.1. Articulation entre panneaux

Ces articulations sont décrites dans l'annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2 et en Figures 7 à 11 du Dossier Technique.

2.3.4.2. Liaisons couturées

Ces articulations sont décrites dans l'annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2 et en Figures 12 à 14 du Dossier Technique.

2.3.4.3. Liaisons encastrées

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

Les liaisons sont décrites dans l'annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2 et en Figures 15 à 16 du Dossier Technique.

2.3.4.4. Joint vertical biais

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

- Pour un angle supérieur à 165°, le ferraillage de l'angle peut être intégré dans le MCI « Prémur A2C » selon la même méthode que la solution pour les joints droits (détail 17.2 de l'Annexe IX du cahier du CSTB 3690_V2).
- Pour les angles inférieurs à 165°, l'armature sera rapportée dans la partie coulée en place.

2.3.4.5. Calepinage

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

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

2.3.4.6. 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 doit 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, $\eta_1 = 1,0$.

2.3.4.7. 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).

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 ferraillées (armatures horizontales de diamètre supérieur ou égal à 12 mm).

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

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 $H_{max} = 3 \text{ m}$.

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

La vitesse maximale de bétonnage est de 70 cm/heure pour des raidisseurs espacés de 60 cm ; dans le cas d'une vitesse supérieure, la vitesse doit être précisée sur le plan de pose.

C'est le cas du système A2C de coulage par passe de 3 m maximum afin de pouvoir réaliser les murs de hauteur d'étage courant $\leq 3 \text{ m}$ de haut en une seule passe de 3 m/heure. Dans ce cas, une étude spécifique de position des raidisseurs dans les MCI « Prémur A2C » est réalisée, conduisant à réduire l'entraxe des raidisseurs sur les 2/3 inférieurs de la hauteur du MCI.

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

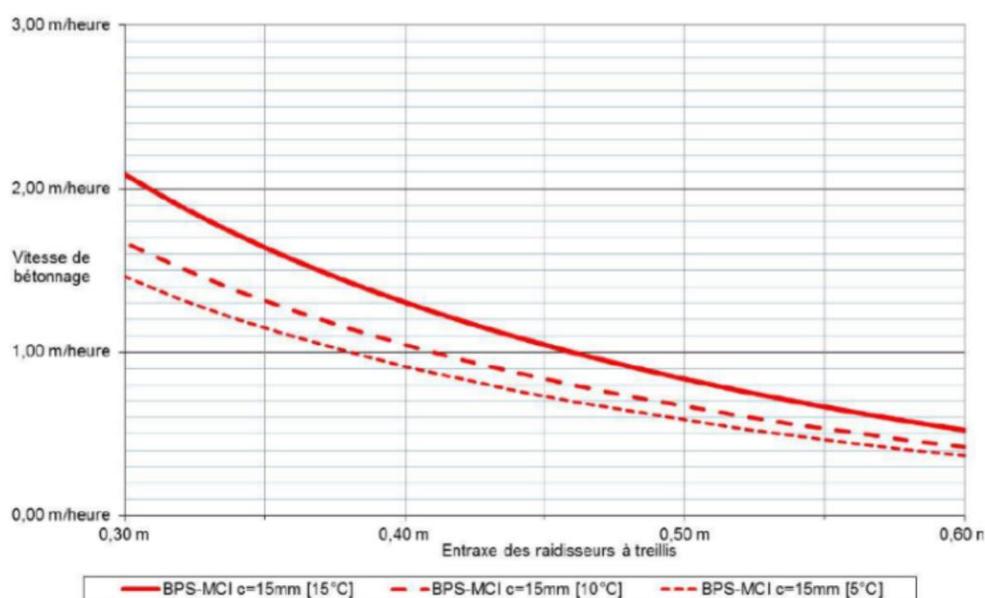


Figure 1 - Vitesse de bétonnage pour les BPS en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{imin} = 15 \text{ mm}$)

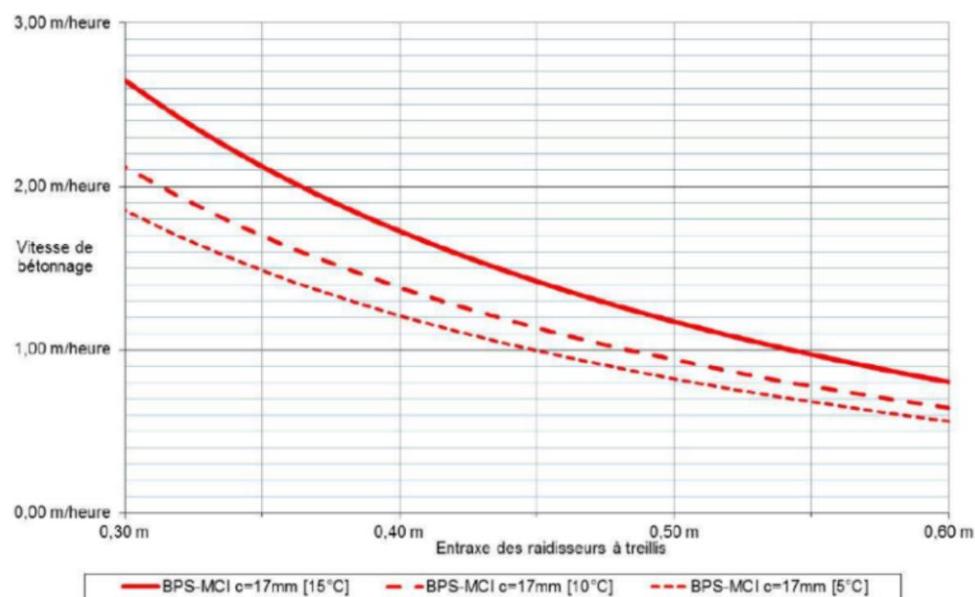


Figure 2 - Vitesse de bétonnage pour les BPS en fonction de la température et de l'entraxe des raidisseurs (pour un enrobage du treillis raidisseur $c_{imin} = 17 \text{ mm}$)

2.3.5.4. Contrôle du remplissage

Le bon remplissage du noyau des MCI « Prémur A2C » doit être contrôlé lors de la mise en œuvre en s'assurant de l'absence de poches d'air et de ségrégation du béton.

Un contrôle visuel peut se faire via la présence d'orifices dans la peau intérieure (diamètre de l'ordre de 50 mm), prévus lors de la conception ou réalisés sur chantier. Lorsque les orifices sont prévus à la conception, l'utilisateur doit en faire la demande à l'industriel.

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 en partie basse de chaque MCI ;
- Dans les cas de MCI présentant des zones fortement armées, des orifices supplémentaires doivent être prévus.

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

L'auscultation sonique peut également être envisagée.

Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

2.3.5.5. 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.

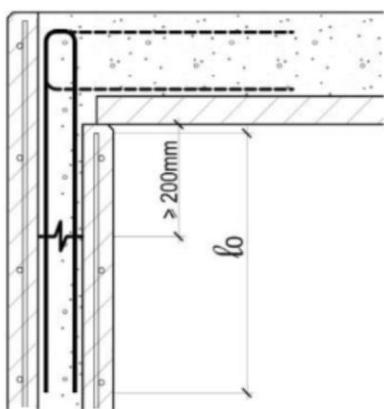


Figure 3 - Reprise de bétonnage dans le cas d'une dalle

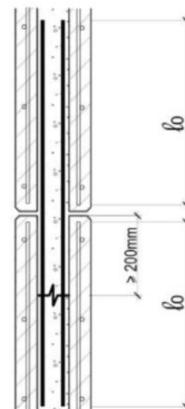


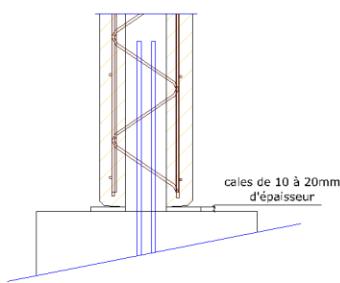
Figure 4 - Reprise de bétonnage dans le cas de MCI superposés

2.3.6. Eléments sollicités dans leur plan

2.3.6.1. Prescriptions particulières aux murs courants

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

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



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

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

2.3.6.2. Prescriptions particulières aux poteaux

La distinction entre « mur » et « poteau » se fera sur la base du critère usuel suivant : un poteau est un élément dont le grand côté de la section transversale ne dépasse pas 4 fois le petit côté de celle-ci et dont la hauteur est au moins égale à 3 fois le grand côté.

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

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

2.3.6.3. Prescriptions particulières aux poutres

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

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

2.3.6.4. Prescriptions particulières aux poutres cloisons

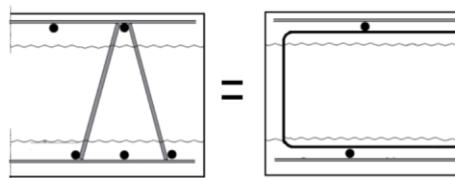
Sur la base du critère usuel, est considérée comme « poutre-voile » ou « poutre-cloison » les poutres droites de section constante dont la hauteur de section transversale est au moins égale au tiers de la portée.

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

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

2.3.6.5. Renforcement des bords et substitution des épingle par les treillis raidisseurs

Conformément au CPT MCI, les renforcements des ouvertures et des bords libres usuellement prévus dans les voiles préfabriqués du MCI « Prémur A2C » (dispositions du paragraphe 4.1 du DTU 23.1) pourront être réalisés dans les MCI à l'aide des raidisseurs définis au § 2.2.2.2.4.



De même les épingle de construction utilisées dans les ferraillages, en particulier pour les poutres et les poteaux, pourront être remplacées par des raidisseurs définis au § 2.2.2.2.4.

Le choix du raidisseur de substitution sera fait sur la base des équivalences données dans le tableau ci-dessous :

MCI b [cm]	Type de Raidisseur	Section cm ² /m	Équivalent espace armatures classique en		
			φ6	φ8	φ10
17,1	KT 811 8-5-5	2,76	10	18	28
18	KT 813 8-5-5	3,01	9	16	26
20	KT 815 8-5-5	3,18	8	15	24
22	KT 817 8-5-5	3,32	8	15	23
25	KT 820 8-5-5	3,46	8	14	22
30	KT 825 8-5-5	3,61	7	13	21
35	KT 830 8-5-5	3,70	7	13	21
40 à 50	KT 830 8-5-5	3,70	7	13	21

Nota : les types de raidisseurs sont donnés à titre indicatif. Ils sont sujets à variation en fonction des enrobages des aciers du MCI « Prémur A2C ».

La section des armatures supérieures et inférieures des treillis raidisseurs est prise en compte dans le calcul de la section résistante. Les cages d'armatures convenablement bouclées dans les voiles préfabriqués peuvent jouer le rôle assuré par les treillis raidisseurs pour la couture de l'interface et/ou la tenue des voiles pendant la phase de coulage.

2.3.7. Prescriptions particulières aux acrotères

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

2.3.8. Prescriptions particulières aux éléments inclinés

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

2.3.9. Eléments essentiellement sollicités perpendiculairement à leur plan

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

2.3.9.1. 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).

2.3.9.2. 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).

2.3.9.3. 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.

2.3.9.4. Murs de bassins ou 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 et à la NF EN 1992-3 et son AN.

2.3.9.5. 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).

2.3.9.6. Boîtes d'attentes et prédalles

La conception et la mise en œuvre des planchers à prédalles suspendues avec boîtes d'attentes devront respecter le Fascicule de Documentation FD P18-720.

2.3.10. Dispositions pour assurer l'étanchéité

Pour les cas nécessitant une étanchéité assurée par le béton seul des MCI « Prémur A2C » deux modes de mise en œuvre du plan d'étanchéité sont possibles :

- L'utilisation des solutions mécaniques sans reprise de bétonnage et des joints verticaux décalés qui permettent de garantir une étanchéité par la continuité du bétonnage du noyau central à l'aide d'un béton présentant un compactage optimal et un faible retrait.
- L'utilisation des solutions mécaniques avec reprise de bétonnage, complétée par le traitement spécifique des reprises de bétonnage.

2.3.10.1. Utilisation des solutions mécaniques sans reprise de bétonnage

L'utilisation d'une solution mécanique sans reprise de bétonnage permet de garantir l'enca斯特rement en pied de panneau et d'avoir une liberté de translation horizontale des MCI « Prémur A2C » lors de leur mise en œuvre. Les armatures garantissent la couture du joint vertical afin de bloquer la fissuration provoquée par le retrait du béton.

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

- Coulage du béton de propreté,
- Pose des MCI « Prémur A2C »,
- Mise en place des armatures verticales de clavetage des joints verticaux,
- Pose du cordon de mousse dans les joints entre les MCI « Prémur A2C » pour empêcher la fuite de laitance,
- Dépliage des armatures en attente en pied de panneau,
- Ferraillage du radier ou de la fondation,
- Bétonnage du radier et du MCI « Prémur A2C » sans reprise de bétonnage à l'aide d'un béton à faible retrait,
- Enlèvement de la bande pré comprimée,
- Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage.

2.3.10.2. Utilisation des solutions mécaniques avec reprise de bétonnage

L'utilisation des solutions mécaniques avec reprise de bétonnage repose aussi sur la mise en œuvre d'un béton présentant un faible retrait.

De plus un traitement spécifique de la reprise de bétonnage doit être réalisé en pied de panneau ou en partie courante du MCI pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases.

Ces dispositifs sont disposés à 5 cm minimum du voile du MCI « Prémur A2C » en contact avec l'eau.

Le traitement du joint vertical entre deux MCI « Prémur A2C » peut être réalisé de deux manières différentes en fonction des contraintes de chantier.

2.3.10.2.1. Joints classiques

Le joint est traité comme un joint classique au niveau du bétonnage et du ferraillage, il est complété par la mise en place d'un joint type SIKADUR COMBIFLEX, ou toute bande d'étanchéité pour joints à haute flexibilité collée sur les lèvres du joint et garantissant la parfaite étanchéité au contact d'eaux en pression. Le joint est à mettre en œuvre en règle générale sur la face en contact avec l'eau. Néanmoins il peut travailler en sous-pression moyennant des dispositions de mise en œuvre particulière définies par les fabricants.

2.3.10.2.2. Joints encastrés

Le joint est traité à l'aide des solutions mécaniques type rotulées couturées. Les reprises de bétonnage verticales pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases sont systématiquement réalisées en partie courante du MCI « Prémur A2C » par la mise en œuvre dans le noyau du mur d'un joint Waterstop de type STREMAFORM ou toute autre système d'arrêt de bétonnage permettant d'augmenter le chemin critique de l'eau.

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

2.3.10.3. Utilisation des solutions avec étanchéité rapporté type PENTAFLEX

Le procédé PENTAFLEX sous Avis Technique en cours de validité est un système de bande d'étanchéité pour reprise de bétonnage.

Les applications concernent les sous-sols étanches, les ouvrages en contact avec l'eau de mer, les stations d'épuration, les réservoirs d'eau potable et les bassins.

Pas besoin de liaisons couturées car le joint est étanché par le système PENTAFLEX.

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

2.3.10.4. Utilisation des solutions avec étanchéité rapportée type VOLTEX

Le procédé VOLTEX DS sous Avis Technique en cours de validité peut être utilisé en combinaison avec le MCI « Prémur A2C » pour réaliser le plan d'étanchéité. Le VOLTEX DS est intégré sur la face concernée en usine lors de la fabrication des MCI « Prémur A2C » sous la responsabilité du fournisseur de VOLTEX DS.

La garantie du bon fonctionnement du plan d'étanchéité et les points singuliers au droit des joints sont traités et réalisés sur chantier par l'entreprise responsable de la mise en œuvre du procédé VOLTEX DS. La réalisation du plan d'étanchéité par le biais de ce procédé permet de considérer le MCI « Prémur A2C » en fissuration non préjudiciable.

2.3.11. Dispositions parasismiques

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

Dans le cadre d'un bâtiment soumis aux vérifications sous sollicitations sismiques, le Bureau d'Etudes Structures de l'opération (bureau d'études d'exécution) donne au BE de l'industriel les efforts à reprendre par les murs considérés afin que le BE de l'industriel effectue les vérifications au droit des joints entre MCI « Prémur A2C » conformément à l'Annexe I du CPT MCI, ce qui permet de définir les types de liaisons entre les MCI « Prémur A2C ».

2.3.11.1. Stabilité d'ensemble

Pour le calcul des raideurs des murs, la présence des joints entre panneaux est négligeable. La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un mur réalisé en MCI « Prémur A2C » se base sur la section homogène équivalente au mur banché substitué.

2.3.11.2. Types de liaisons en zones sismiques

Les liaisons horizontales hors zone de planchers ne sont pas autorisées.

En fonction des efforts dans les joints, 4 cas peuvent se présenter :

- Ouvrir une face du MCI « Prémur A2C » comme spécifié à la figure A-16 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2). Dans ce cas, aucun calcul complémentaire n'est requis ;
- Pour de faibles efforts : Liaison SANS couture aux abouts des « Prémur A2C » : détail 13.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) ;
- Pour des efforts plus importants : Liaison AVEC coutures aux abouts des MCI « Prémur A2C » : détail 13.3 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) ;
- Pas d'utilisation des MCI « Prémur A2C », si l'est impossible de vérifier les joints entre MCI par les calculs de l'Annexe I du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) et si l'Entreprise de Gros-Œuvre ne peut pas ouvrir une face au droit des joints ou épaisser les MCI « Prémur A2C ».

Le choix du principe de fonctionnement devra être fait lors de la conception de l'ouvrage par le BE Structures de l'opération en collaboration avec le BE de l'industriel.

Les exigences applicables aux bâtiments neufs dépendent de la zone de sismicité et de la catégorie d'importance du bâtiment dans laquelle il se trouve.

Les MCI « Prémur A2C » peuvent être utilisés dans les zones sismiques de 1 à 4.

Ces dispositions ne concernent que les murs participants à l'ossature principale du bâtiment. Pour les autres voiles considérés comme secondaires, les liaisons sont conformes aux liaisons préconisées en dehors des zones sismiques.

2.3.12. Sécurité en cas d'incendie

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 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) ;
- Méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) et annexe B de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA) ;
- Méthode de calcul avancée, section 4.3 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2).

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1991-1-2 avec son Annexe nationale française (NF EN 1991-1-2/NA). Les joints entre MCI dont la largeur est inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures.

Les MCI sont considérés comme des éléments pleins.

2.3.13. Isolation thermique

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

2.3.14. Isolation acoustique

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

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Travaux préliminaires

L'entreprise doit disposer de plans de coffrage et de ferraillage établis par le Bureau d'Etudes Structures de l'opération, incluant les armatures complémentaires du plan de préconisation de pose fourni par A2C PREFA.

L'implantation des MCI « Prémur A2C » est matérialisée sur le plan de préconisation de pose.

Les armatures complémentaires, les dispositifs d'étalement ainsi que les cales nécessaires aux réglages en altimétrie et écartement sont approvisionnées par l'entreprise.

2.4.2. Livraison, Stockage

Les conditions de transport sont convenues avec l'entreprise.

L'aménagement de l'aire de déchargement est à la charge de cette dernière.

Les éléments sont stockés verticalement, sur des Equipements de Transport et de Stockage (E.T.S : rack ou box) et éventuellement livrés par remorque auto-déchargeuse.

Les MCI « Prémur A2C » restent généralement stockés dans les E.T.S. jusqu'à leur mise en œuvre dans l'ouvrage. Dans le cas d'un stockage réalisé hors des E.T.S, l'entreprise prendra toute disposition garantissant la sécurité des personnels et évitant toute détérioration ou déformation des MCI « Prémur A2C ».

A titre exceptionnel, les MCI « Prémur A2C » peuvent être stockés et transportés à plat, sous réserve de respecter les conditions prévues pour ce mode de conditionnement, en rapport avec le guide de l'INRS : Prescriptions minimales à intégrer à la conception du procédé constructif MCI pour une mise en œuvre en sécurité (Guide INRS n° ED 6118)

2.4.3. Levage

Les MCI « Prémur A2C » sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices. Les élingues sont accrochées aux boucles de levage intégrées aux MCI.

Les caractéristiques des engins de manutention doivent être compatibles avec le poids des panneaux à manutentionner. Durant la manutention, ni le crochet de la grue, ni l'élingue ne doivent exercer d'effort notable sur les voiles préfabriqués du MCI « Prémur A2C ».

Lorsque le nombre de points de levage est supérieur à deux, des dispositions doivent être prises par l'Entreprise de Pose pour que les efforts exercés sur chaque boucle de levage puissent être équilibrés, par exemple en utilisant des Elingues à Poule telles que représentées en Figures 21 et 22 du Dossier Technique.

2.4.4. Mise en œuvre

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

- Présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- Épaisseur du 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 le Dossier Technique ; 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 dont il est assorti.

Les MCI « Prémur A2C » seront mis en œuvre conformément :

- Au plan de préconisation de pose fournie par l'industriel ;
- A la Notice d'Instructions de Pose fournie par l'industriel ;
- Aux prescriptions minimales à intégrer à la conception du procédé constructif MCI pour une mise en œuvre en sécurité (Guide INRS n° ED 6118).

Le MCI « Prémur A2C » est positionné précisément dans son emplacement définitif sur des cales permettant de vérifier les jeux nécessaires. Avant le retrait des élingues, des étais tire-pousse sont fixés au MCI par l'intermédiaire de vis et de douilles métalliques.

D'autres systèmes de stabilisation peuvent être proposés, tels que dispositifs d'équerrage.

Les élingues peuvent être décrochées lorsque la stabilité du mur est assurée.

Les étais sont maintenus en place jusqu'au durcissement du béton de remplissage et la solidarisation du mur avec le restant de la structure.

Le BET Structure doit fournir les plans de coffrage et de ferrailage de l'ouvrage.

Le titulaire concevra les prémurs avec l'entreprise et le bureau d'études structure sur la base des études de structure de l'ouvrage, en réalisant les études complémentaires liées à l'utilisation des prémurs et des contraintes de chantier. Les documents à fournir par le titulaire sont :

- Les plans de calepinage et de préconisation de pose ;
- La notice de pose.

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

- L'angle limite de levage ;
- Le nombre de points de levage ;
- L'utilisation d'un système équilibrant si les MCI sont pourvus de plus de 2 inserts de levage ;
- Les charges des équipements de sécurité prévues pour le domaine d'utilisation considéré (type de MCI, poids limite d'utilisation) ;
- Les inserts de levage devront être clairement identifiables lors de contrôles visuels (peinture, etc. ...).

Ces données devront respecter les valeurs de CMU données dans le tableau en annexe du présent Avis.

2.5. Finitions

2.5.1. Aspect des parements

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage, ou une finition chimique ou mécanique.

2.5.1.1. Etat de surface

L'état de surface courant correspond à une surface de décoffrage contre moule.

En référence à la norme CEN/TR 15739, le parement standard du MCI « Prémur A2C » est classé P(3), E(3-3-0), T(0).

Une des deux (ou les deux) faces du MCI « Prémur A2C » peut présenter un aspect structuré grâce à l'utilisation de matrice caoutchouc type RECKLI ou équivalent.

L'empreinte doit toutefois être de forme régulière afin de permettre le raboutage des matrices caoutchouc sur les tables de coffrages et le calepinage de ces zones.

2.5.1.2. Teinte

La teinte du parement des MCI « Prémur A2C » peut varier d'un mur à l'autre.

L'homogénéité de la teinte n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie du fait d'incorporation d'ajouts dans le ciment.

Lorsque la finition du MCI « Prémur A2C » est une lasure dont l'aspect doit être uniforme sur toute la surface du parement, il est impératif de préparer le support à l'aide d'un opacifiant ou homogénéisateur de teinte, appliqué au préalable, de manière à garantir l'aspect final de la lasure.

2.5.1.3. Préparation du support

La forte compacité du béton des MCI « Prémur A2C » doit être prise en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliquée sur le support. (Lasures, peinture, imprégnation, résine, membrane d'étanchéité, carrelage de parement, RPE, plot de colle pour fixation des plaques de plâtre, ...)

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

2.5.2. Traitement des joints

Selon la destination de l'ouvrage, le traitement du joint devra être mis en place selon les règles du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2), § 1.5 et les croquis de l'Annexe VI du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2), complétée par la Figure 20 du Dossier Technique.

2.5.2.1. Revêtements

2.5.2.1.1. Extérieur

Les revêtements en face extérieure devront être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.1.

2.5.2.1.2. Intérieur

Les revêtements en face intérieure devront être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.2.

2.5.3. Traitement de la tête des Prémurs A2C exposés aux intempéries

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

- Un chaperon béton,
- Une couverture métallique,
- Un enduit type SIKATOP 107 PROTECTION, appliqué sur une imprégnation époxydique type flexible, résistant au gel, et imperméable à l'eau SIKADUR IMPREGNATION,

Ou tout revêtement d'imperméabilisation à base de liant hydraulique.

2.6. Conditions d'exploitation du procédé

Le calcul des structures est réalisé par le Bureau d'Etudes Structures de l'opération (bureau d'étude d'exécution), en tenant compte des spécificités du procédé développées dans ce Dossier Technique et le cahier des prescriptions techniques de murs à coffrage intégré (CPT MCI, Cahier CSTB 3690_V2).

Le calepinage est effectué par le BET du titulaire ou BET désigné par le titulaire et soumis à son contrôle, puis approuvé par le Bureau d'Etudes Structures de l'opération et l'entreprise de pose.

Le BET du titulaire ou BET désigné par le titulaire et soumis à son contrôle pourra être sollicité afin d'aider à la conception et au calcul des ouvrages à réaliser.

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

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

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

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

2.7. Assistante technique

A2C PREFA fournira systématiquement au client une notice d'instructions pour la mise en œuvre des MCI « Prémur A2C ».

De plus les Clients utilisant pour la première fois les MCI « Prémur A2C » pourront être assistés par un expert de l'industriel lors de la préparation et de la mise en place des premiers MCI « Prémur A2C ».

Cette démarche pourra aussi être mise en place au cas par cas pour l'ensemble des clients utilisateurs du MCI « Prémur A2C ».

Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises une notice de pose 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.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Etapes de fabrication

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

1. Nettoyage de la première table et projection d'un décoffrant,
2. Mise en place automatique (ou manuelle) des règles de coffrage du premier voile, et traçage par le robot (ou manuellement) des positions d'inserts, de réservations et d'ouvertures,
3. Mise en place par le robot ou manuelle des douilles et pots électriques,
4. Mise en place des cales d'enrobage,
5. Mise en place manuelle des autres inserts, réservations, et ouvertures,

6. Débit automatique aux longueurs nécessaires des armatures courantes, et mise en place sur la table par le robot ou manuellement,
7. Mise en place des raidisseurs découpés automatiquement par le robot ou manuellement,
8. Mise en place des boudes de levage,
9. Mise en place manuelle des corbeilles complémentaires de ferraillage,
10. Fabrication du béton dans la centrale située sur le site,
11. Acheminement du béton par le béton bus ou par une toupie,
12. Coulage du béton à l'aide d'une distributrice automatique,
13. Secouage (ou vibration) automatique, programmée et adaptée pour ce type de fabrication,
14. Etuvage de la première face du MCI « Prémur A2C »,
15. Opérations 1 à 14 identiques pour la deuxième face du MCI « Prémur A2C », mais sans mise en place de raidisseurs, puis :
16. Transport et retournement de la première face sur la seconde avec centrage et mise en appui sur des cales extérieures préréglées,
17. Secouage ou vibration automatique,
18. Enlèvement de la table supérieure,
19. Etuvage de l'ensemble,
20. Démoulage à l'aide d'une table de relevage,
21. Eventuel r agrage,
22. Stockage sur un E.T.S. (Equipement de Transport et de Stockage).

2.8.2. Caractéristiques des MCI « Prémur A2C »

2.8.2.1. Dimensions

Le poids propre des MCI « Prémur A2C » est de : 275 à 375 kg/m² suivant l'épaisseur des voiles préfabriqués, sans compter le poids des armatures supplémentaires.

Les dimensions maximales (largeur x longueur) varient selon le site de production :

- A2C à Sivry Country : 3,80 x 12,36 m,
- JOUSSELIN à Chazé-Henry : 3,60 x 13,00 m,
- SIGEMAT à la Réunion : 3,00 x 12,08 m,
- CDLP à Barreaux : 3,50 x 12,50 m
- SAPB à La Bâtie Neuve : 3,50 x 11,00 m

Les épaisseurs courantes en centimètres sont : 17,1 – 18 – 20 – 22 – 25 – 30 – 35 – 40 – 45 et 50.

2.8.2.2. Incorporations lors de la fabrication

Différents types d'inserts peuvent être incorporées dans les MCI « Prémur A2C », à savoir : pots électriques, gaines électriques, boîtes d'attentes, douilles, baguettes, fourreaux PVC et métalliques, faux trous de banches, tubes de sécurité, platines métalliques, rails Halfen, ...

Les tolérances de pose seront conformes au référentiel de certification NF 548.

2.8.2.3. Sites de production

En France métropolitaine :

- A2C PREFA, Z.I. de la meule, 77115 Sivry-Courtry
- JOUSSELIN, 3 rue d'Anjou, 49420 Chazé-Henry
- CDLP, Route des Iles, 38530 Barreaux
- SAPB, Quartiers des Fauries, 05230 La Bâtie Neuve

En Outre-Mer :

- SIGEMAT, 4 bis rue de l'entre deux, 97410 Saint Pierre (La REUNION)

2.8.3. Contrôles de fabrication

La préfabrication des panneaux est 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 du système de retournement.

Les contrôles de fabrication sont réalisés suivant le référentiel NF 548 et surveillés par un organisme externe.

2.8.3.1. Contrôle des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des voiles préfabriqués des MCI « Prémur A2C » sont fabriqués dans la centrale installée sur le site de l'usine de préfabrication.

Les formulations des bétons sont établies par le laboratoire de chaque usine.

Ce même laboratoire contrôle la production conformément à la norme NF EN 206/CN.

2.8.3.2. Contrôle de qualité

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

Le système qualité consiste en un contrôle permanent exécuté par les ouvriers de production : il y a un contrôle après mise en place du coffrage, après mise en place des armatures, après le bétonnage, après le décoffrage et avant le chargement.

La totalité de la production est contrôlée à chaque stade de la fabrication par un autocontrôle défini pour chaque poste dans le manuel qualité des usines, et avant expédition.

Le contrôle porte sur :

- Les matières premières (Granulats, Ciment, adjuvant, eau de gâchage, armatures, raidisseurs, boucles de levage, béton, ...),
- Les boucles de levage : diamètre, longueur, épaisseur, et positionnement avant la phase de coulage du premier voile préfabriqué,
- La résistance à la compression du béton au décoffrage et à 28 jours,
- Fabrication du produit (autocontrôle pour chaque poste, armatures, raidisseurs et leur positionnement, qualité du béton mis en place, ...),
- Produits finis (Caractéristiques géométriques, état de surface fini, enrobage des armatures, positionnement des réservations, ...).

Chaque MCI « Prémur A2C » est muni d'une étiquette d'identification qui précise que le contrôle a été réalisé.

Les MCI « Prémur A2C » qui nécessitent une éventuelle réparation ou un ragréage sont placés dans la zone de réparation et font l'objet d'une fiche de non-conformité.

Un contrôle final est réalisé avant chargement pour livraison.

La traçabilité du produit est assurée.

Le produit est identifié dans chaque étape de production jusqu'au moment de son intégration dans l'ouvrage.

Un contrôle est effectué sur un produit par jour.

Le Contrôle de Production en Usine (CPU) concernant l'atelier de fabrication du béton et de constitution des pièces est entièrement consultable sur site.

2.8.3.3. Contrôles par un organisme externe

Le procédé « Prémur A2C » fait l'objet d'une certification NF 548 dont le suivi est effectué par le CSTB.

Les MCI « Prémur A2C » font l'objet d'un marquage CE suivant la norme NF EN 14992 et la NF EN 15258.

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, définie par le fabricant, de +2 mm/-2 mm ;
- Les spécifications techniques de l'insert (matériau, dimensions et tolérances) avec catalogue des caractéristiques des inserts tenu à disposition de l'organisme certificateur ;
- Les conditions de mise en œuvre à la fabrication (enrobage intérieur effectif de l'insert, longueur d'ancre de l'insert, ferrailage spécifique de renfort autour des inserts, n_b d'inserts) ;
- L'identification visuelle des inserts de levage.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Données Environnementales¹

Le « Prémur A2C » d'épaisseur totale de 20 cm fait l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) collective. Cette DE a été établie en août 2019 et a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015 et est déposée sur le site www.inies.fr

Le « Prémur A2C » fait l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) individuelle. Cette DE a été établie en novembre 2020 et a fait l'objet d'une vérification par tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015 et est déposée sur le site www.inies.fr

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

2.9.2. Résultats expérimentaux

Essais de caractérisation des CMU du système de levage associé aux MCI « Prémur A2C » :

- Essais 2013 CERIB 1814
- Essais 2013 CERIB 1911
- Essais 2013 CERIB 1912
- Essais 2013 CERIB 1913
- Essais 2013 CERIB 1914
- 2013 – KP1 R&D D14 –H130
- 2013 – KP1 R&D D16 –H130

2.9.3. Références chantiers

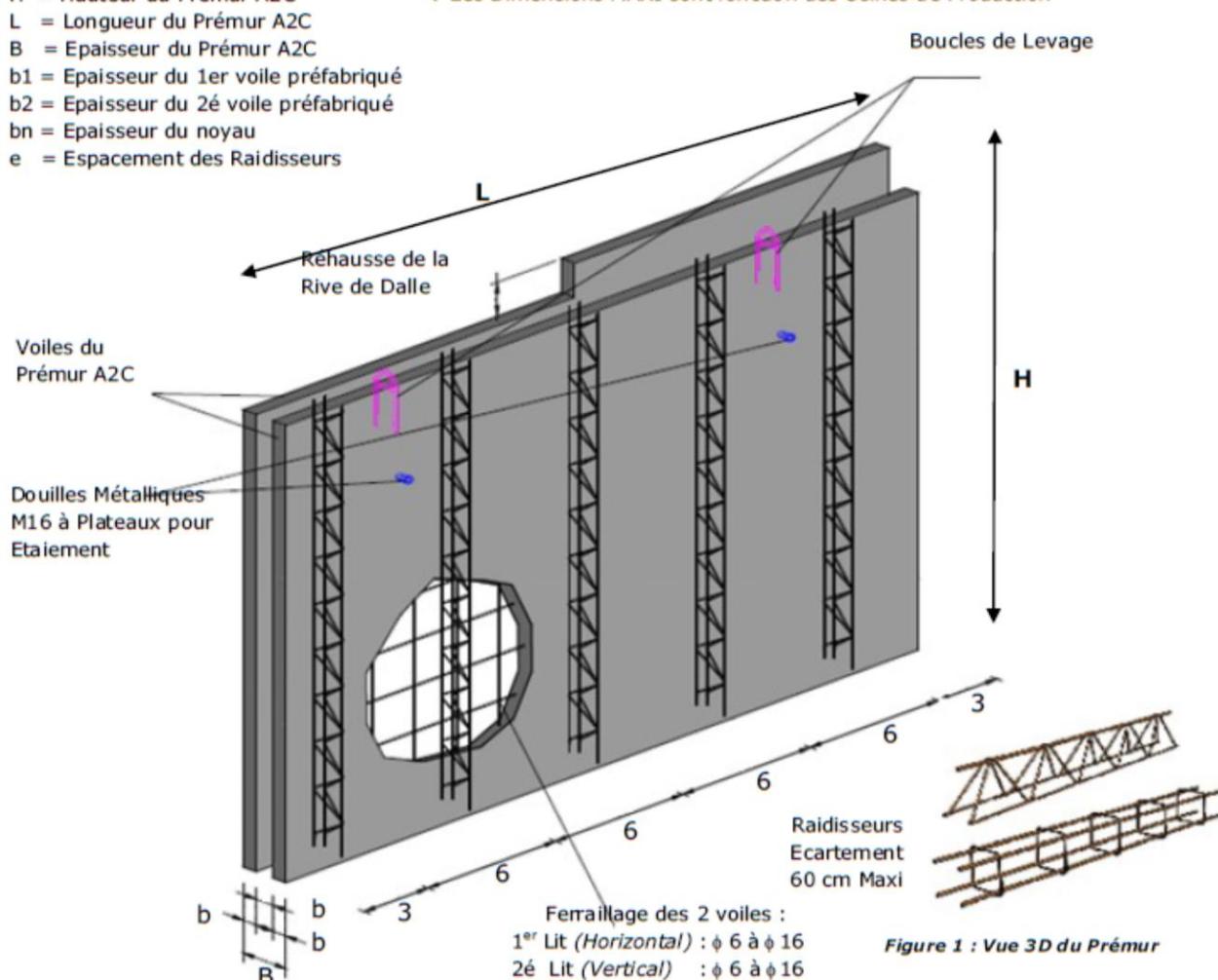
Chantiers principaux réalisés entre 2020-2022

Entreprise	Ville	Surface
GTM Sud	Marseille	2000 m ²
ESTIENNE	Alpes d'Huez	900 m ²
ESTIENNE	Hauteluce	800 m ²
Compagnon du Baroux	Marseille	300 m ²
SBTPC/SOGEA	Port (974)	2200 m ²
SBTPC/SOGEA	St Louis (974)	1500 m ²
SGB	Port (974)	1300 m ²
SPP	St Denis (974)	1600 m ²
BJF	MASSY	3859 m ²
GTM	BORDEAUX	3251 m ²
Bouygues TP	ST CYR L'ECOLE	1400m ²
SOGEDDA	BORDEAUX	1417m ²
SOPRECO	MURET	2720m ²
ECM	RUEIL MALMAISON	12 668 m ²
EIFFAGE	MEUDON LA FORET	11 825 m ²
ECM	PARIS 16EME	12 668 m ²
EIFFAGE	ST OUEN	11 825 m ²
EIFFAGE	FONTENAY SOUS BOIS	9 709 m ²
COREDIR	AUBERVILLIERS	7 950 m ²
EIFFAGE	MASSY	5 810 m ²
EIFFAGE	CHAMPS SUR MARNE	5 656 m ²
LNB	POISSY	4 785 m ²
BOUYGUES	VILLE D'AVRAY	4 523 m ²
CHARIER GC	CLICHY	4 212 m ²
SICRA	ST OUEN	4 041 m ²
BATIMENT	PARIS 14EME	4 030 m ²
BATEG	NOISY LE SEC	3 969 m ²
EIFFAGE	BESSANCOURT	3 706 m ²
SABP	POISSY	3 038 m ²
ECM	VANVES	3 008 m ²
EIFFAGE	CHATENAY MALABRY	2 939 m ²
LNB	PARIS 5 EME	2 900 m ²
EIFFAGE	ISSY LES MOULINEAUX	2 852 m ²
DUMEZ	ROMAINVILLE	2 820 m ²
NGE Génie Civil	CLICHY	2 784 m ²
BOUYGUES	LEVALLOIS PERRET	2 769 m ²
EIFFAGE	NANTERRE	2 664 m ²
BJF	NANTERRE	2 655 m ²
GCC	PANTIN	2 626 m ²

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

H = Hauteur du Prémur A2C
 L = Longueur du Prémur A2C
 B = Epaisseur du Prémur A2C
 b1 = Epaisseur du 1er voile préfabriqué
 b2 = Epaisseur du 2e voile préfabriqué
 bn = Epaisseur du noyau
 e = Espacement des Raidisseurs

← Les Dimensions MAXI sont fonction des Usines de Production



NOTA : Les Prémurs A2C de 17,10 cm d'épaisseur seront exclusivement réalisés avec un ferraillage en ø 6 dans les 2 sens

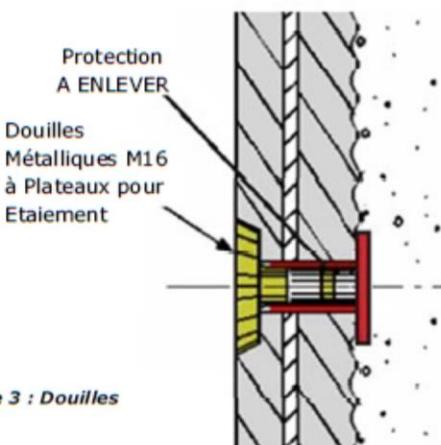
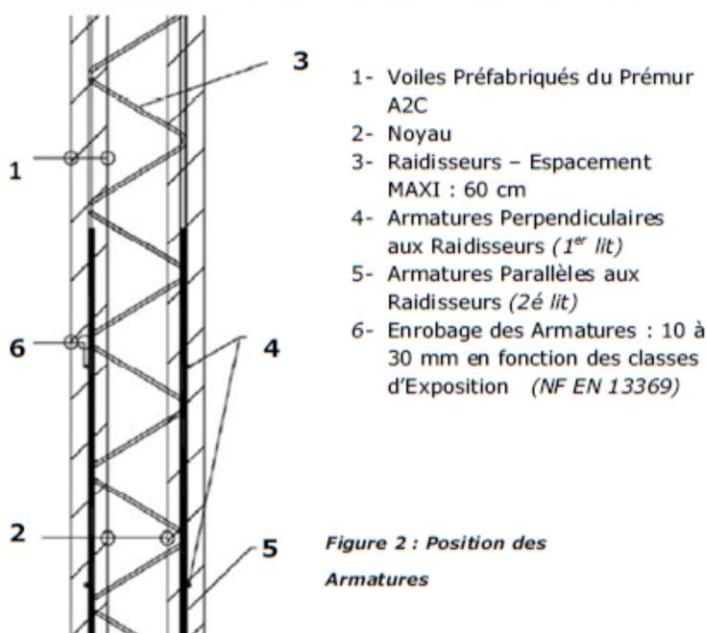
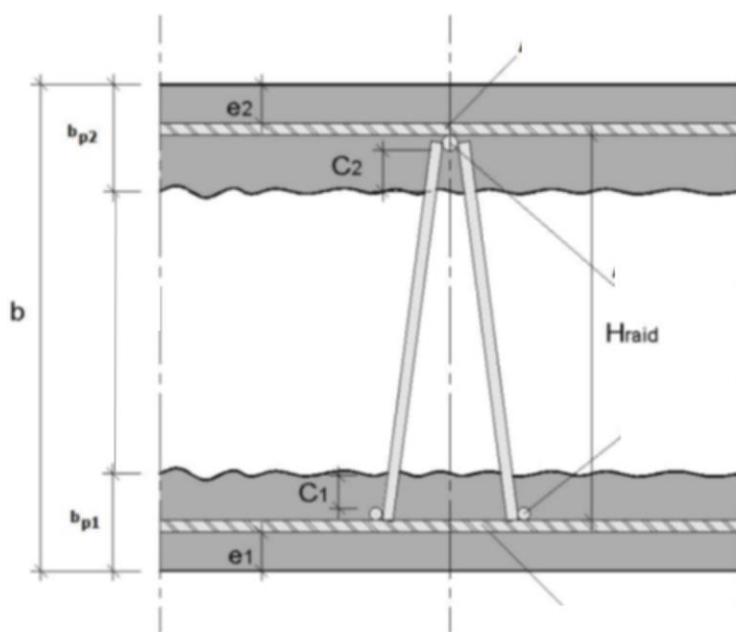
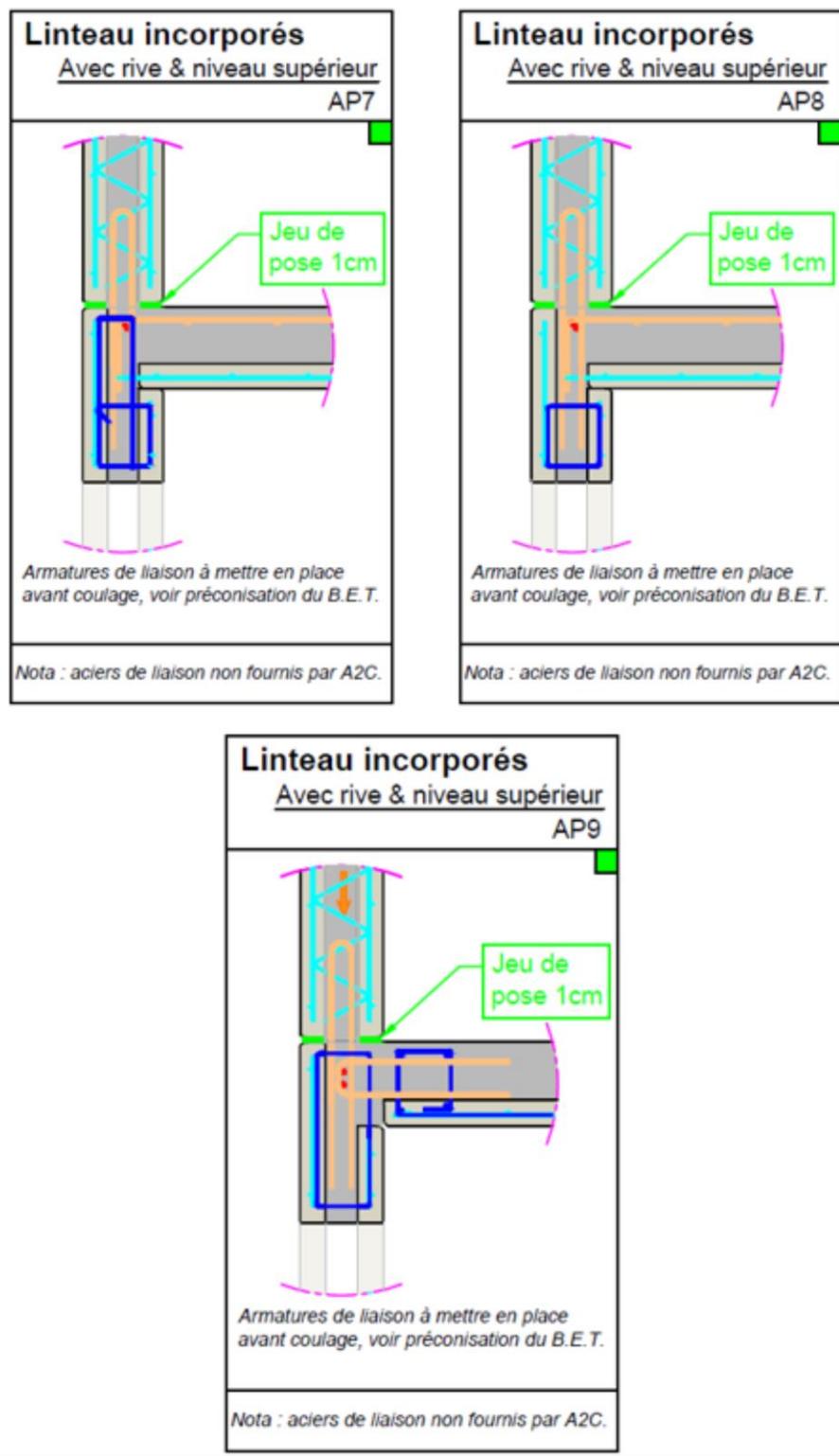


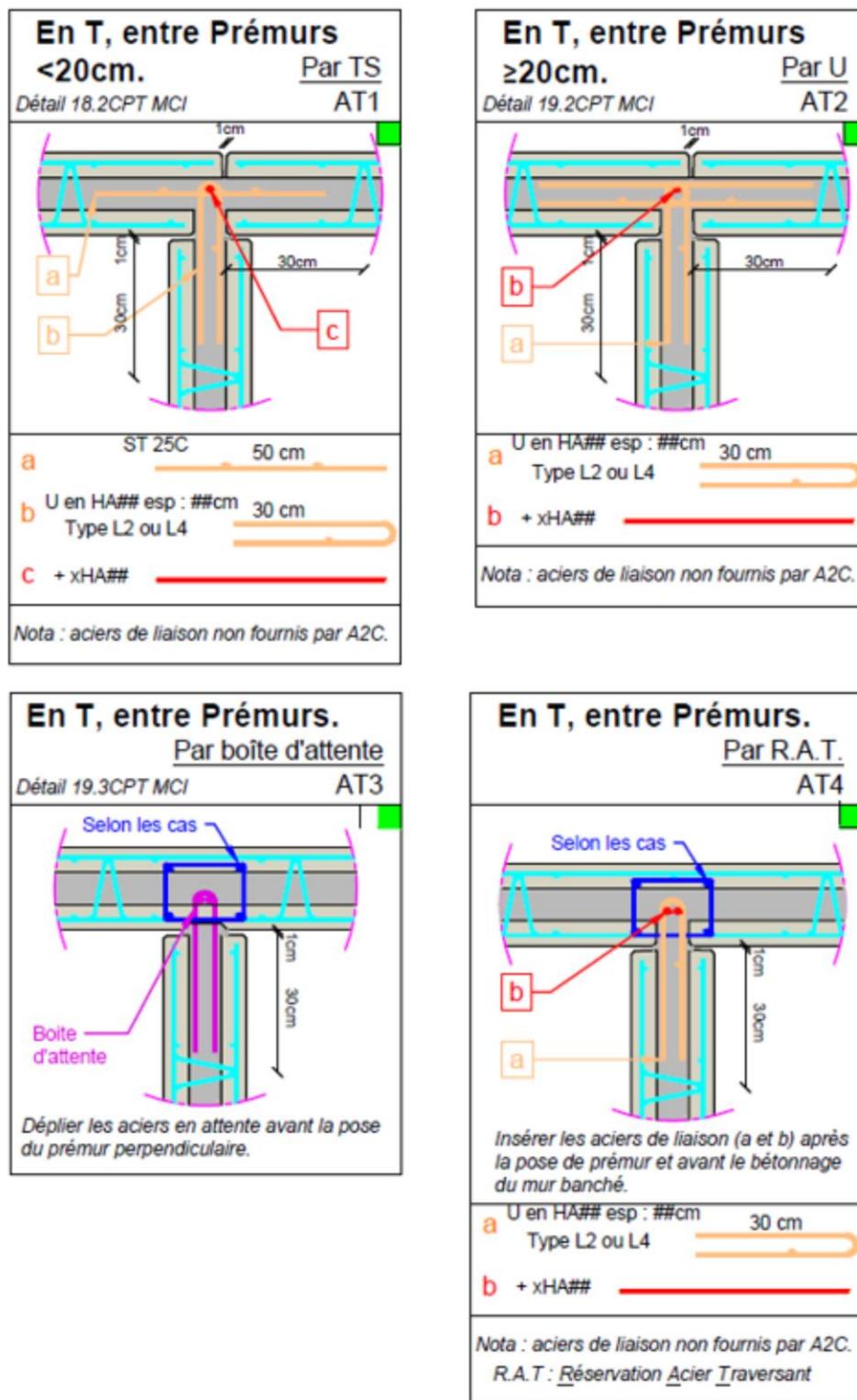
Figure 5 - VUES GENERALES du PREMUR



	dimensions [mm]	
	nominale	minimale
b	171	168
$b_{p2} = b_{p1}$	50	47
b_n	70	63,3
$\phi_{s,p1} = \phi_{s,p2}$	5	
$\phi_{raid,sup}$	8	
$\phi_{raid,inf}$	5	
H_{raid}	130	127
$e_1 = e_2$	15	13
c_1	25	21,4
c_2	21	15,4

Figure 6 – Prémurs A2C de 17,10 cm épaisseur

**Figure 7 - LIAISONS ARTICULEES - 1**

**Figure 8 - LIAISONS ARTICULEES – 2**

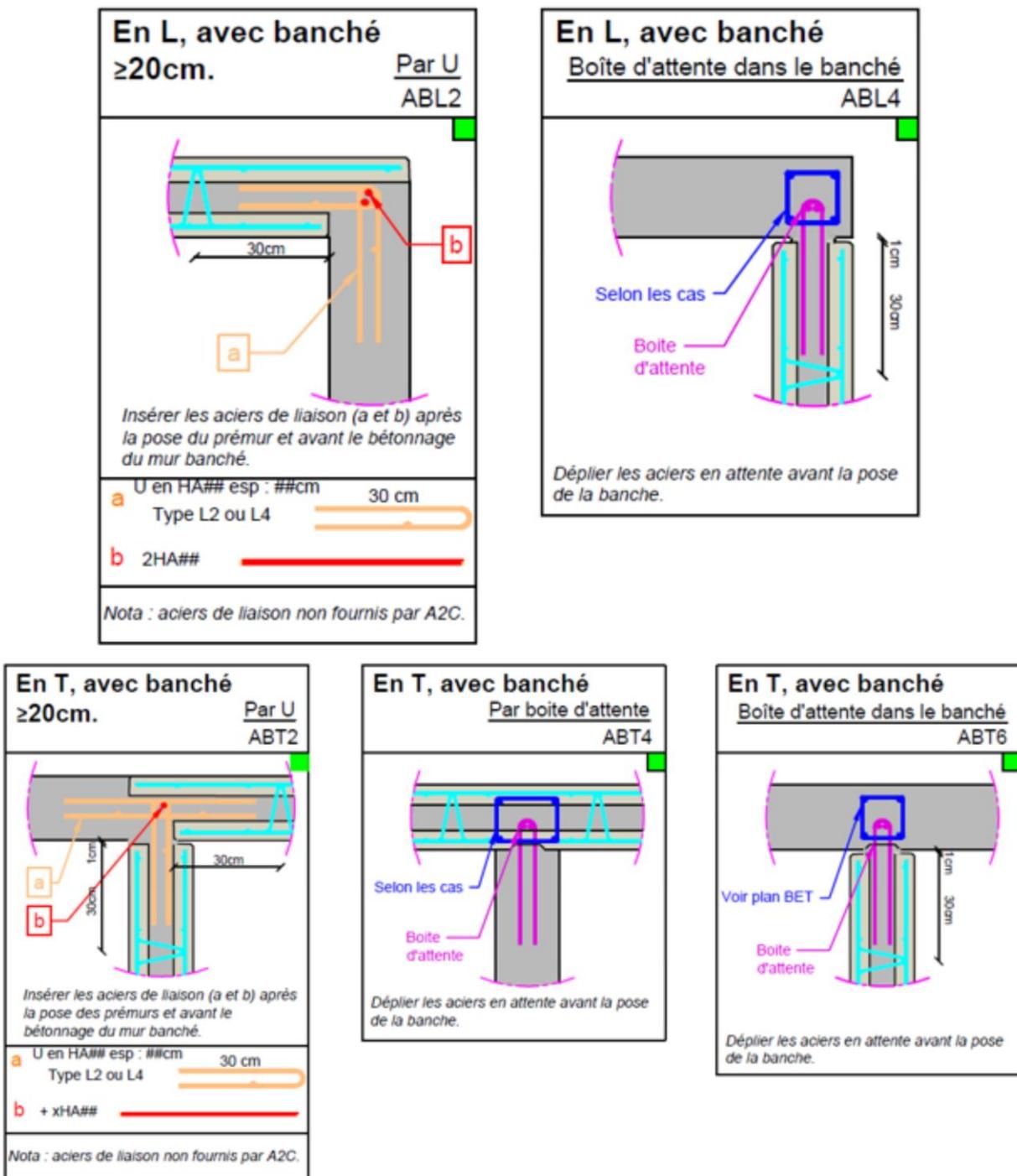


Figure 9 - LIAISONS ARTICULEES – 3

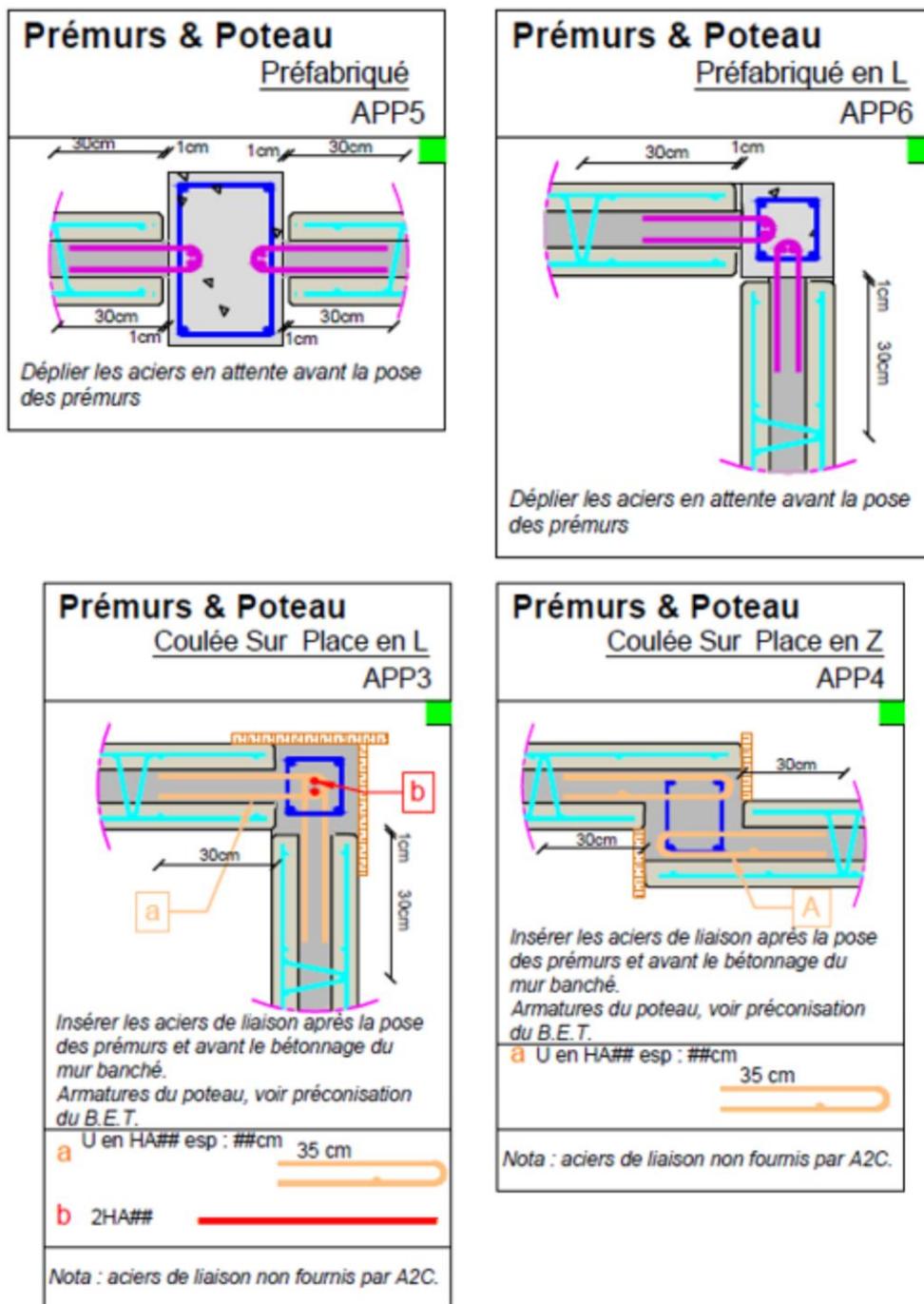


Figure 10 - LIAISONS ARTICULEES – 4

En pied entre Prémurs.

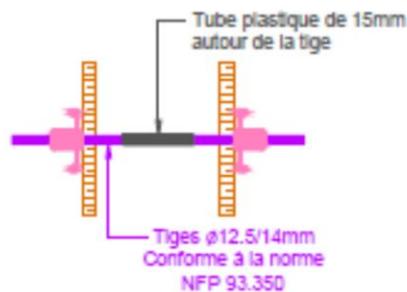
Liaison verticales Par U

D'après Détail 21.2 CPT MCI

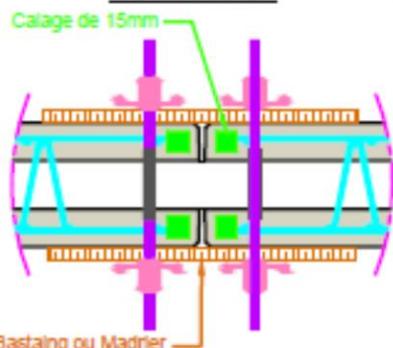
AS5

Ensemble tiges/madriers

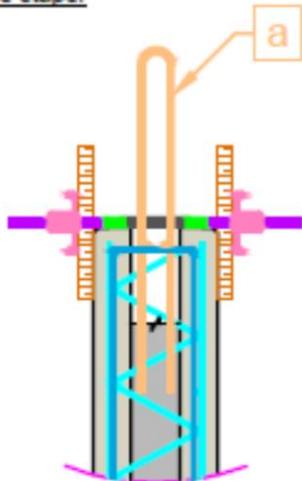
Vue de face.



Vue de dessus.

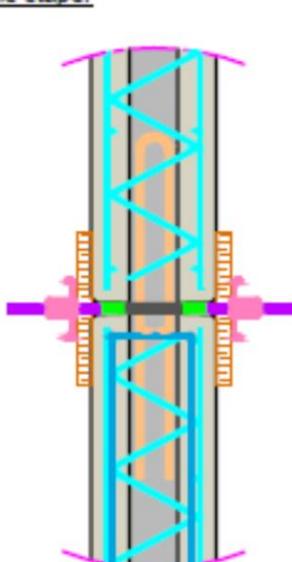


1ère étape.



Poser le prémur du bas en le stabilisant avec les étais tirant poussant.
Coulage du prémur et faire un arrêt de coulage à 20cm en dessous de la tête du prémur bas.
Mise en place des U de liaison horizontale en les ligaturant sur les acier inclus dans le prémur.
Mise en place de l'ensemble tiges/madriers sur le prémur du bas et pré-enserré l'ensemble

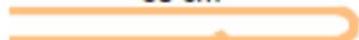
2ème étape.



Poser le prémur du haut entre les madriers, en les stabilisant avec les étais tirant poussant.
Serré l'ensemble tiges/madriers
Coulage du prémur haut.

a U en HA## esp : ##cm

50 cm



Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.

Figure 11 - LIAISONS ARTICULEES – 5

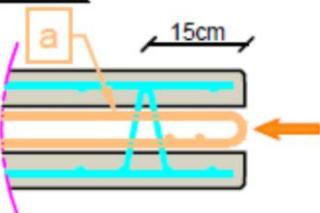
Entre Prémurs

Par cadre couturée

Détail 13.3 CPT MCI

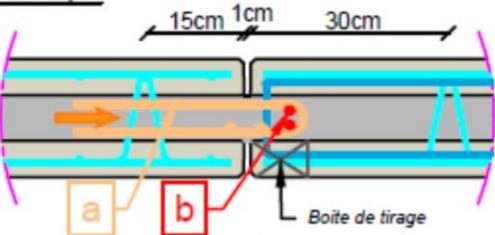
CD1

1ère étape.



Insérer les aciers de liaison (a) dans le prémur après la pause.

2ème étape.



Positionner ensuite les prémurs comme ci-dessus, puis procéder au tirage des U de liaison (a) jusqu'à mise en position. Couturer le U de Liaison avec les filants (b).

a	U en HA## esp : ##cm	12 cm
		xx cm
b	+ xHA##	—

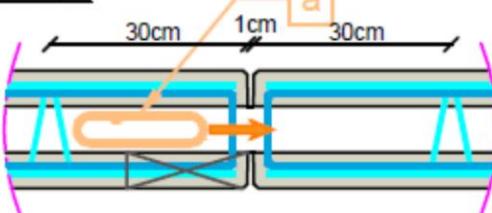
Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.

Entre Prémurs

Par cadre couturée

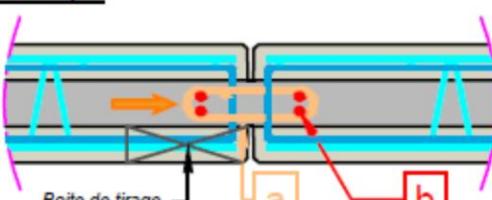
CD2

1ère étape.



Positionner les prémurs comme indiqué ci-dessus. Insérer la cage de liaison (a) par le haut du prémur, entre le raidisseur et le U de couture.

2ème étape.



Procéder au tirage de la cage de liaison (a) jusqu'à mise en position entre les prémurs. Couturer le cadre de liaison avec les filants (b).

a	Cadre en HA## esp : ##cm	20 cm
		5
b	+ 4HA##	—

Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.

Figure 12 - LIAISONS COUTUREES - 1

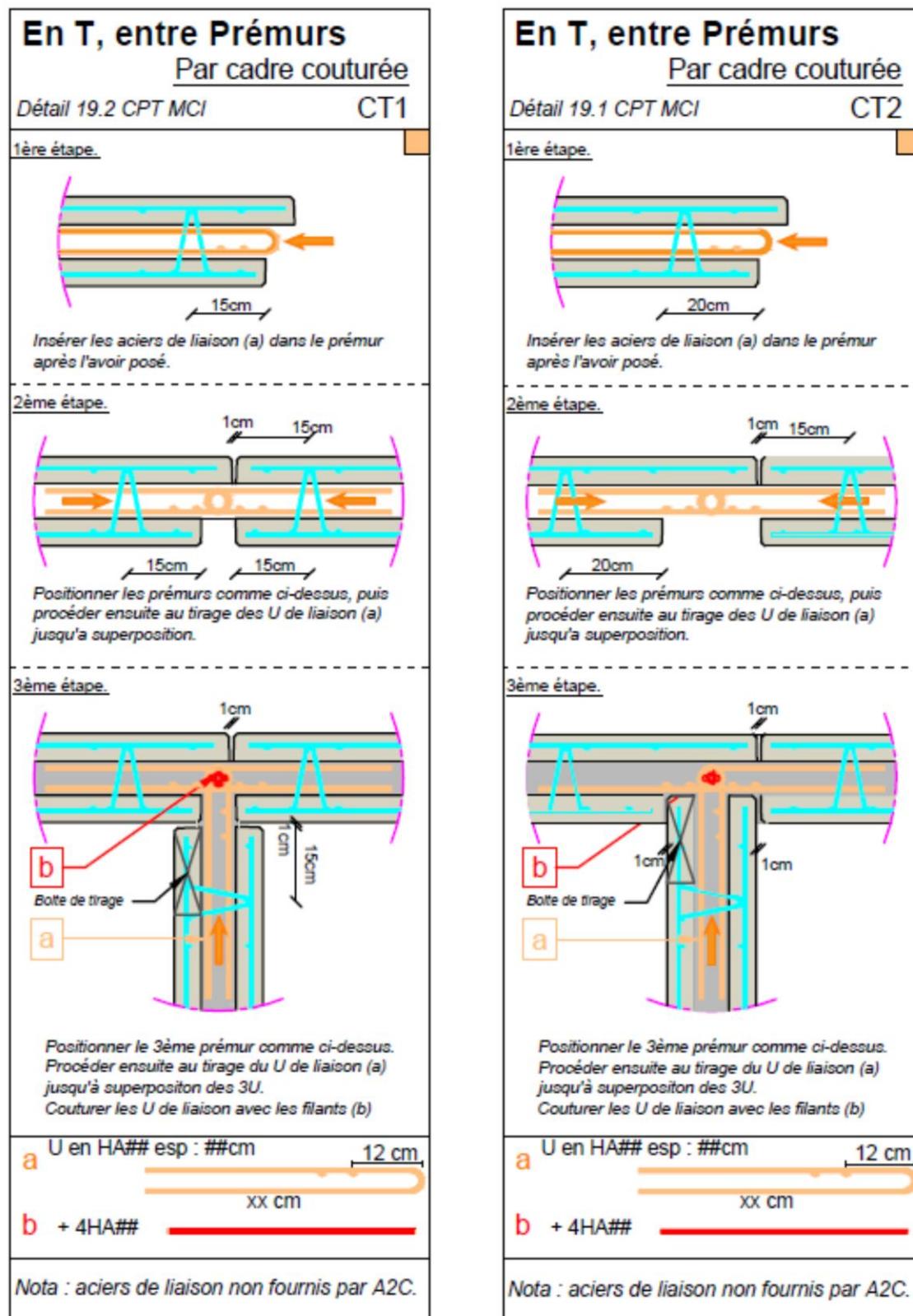
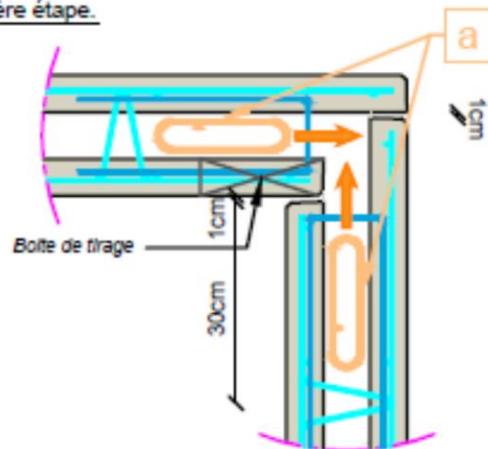


Figure 13 - LIAISONS COUTUREES - 2

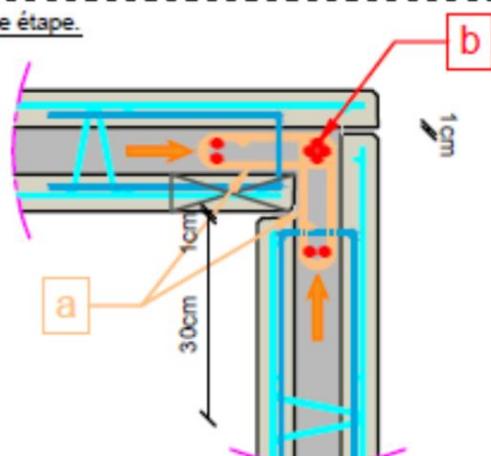
En L, entre Prémurs

Par cadre couturée

CL2

1ère étape.

Positionner les prémurs comme indiqué ci-dessus.
Insérer la cage de liaison (a) par le haut du
prémur, entre le raidisseur et le U de couture.

2ème étape.

Procéder au tirage de la cage de liaison (a) jusqu'à
mise en position entre les prémurs. Couturer le
cadre de liaison avec les filants (b).

a Cadre en HA## esp : ##cm 20 cm 5

b + 4HA##

Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.

Figure 14 - LIAISONS COUTUREES - 3

En pied entre Prémurs.

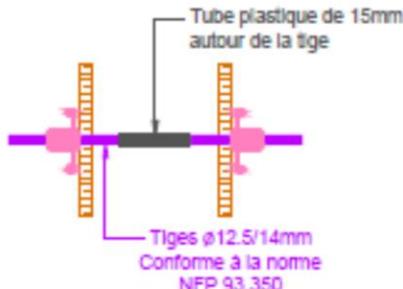
Liaison verticales Par U

D'après Détail 22.1 CPT MCI

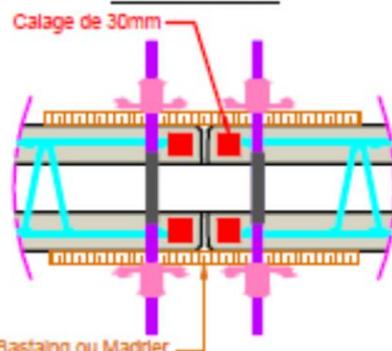
ES5

Ensemble tiges/madriers

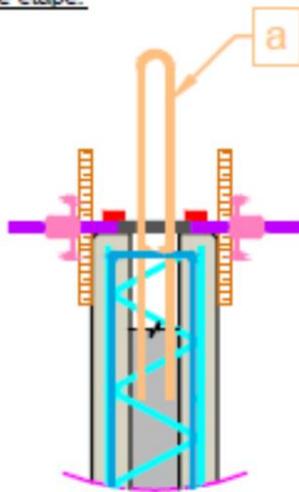
Vue de face.



Vue de dessus.

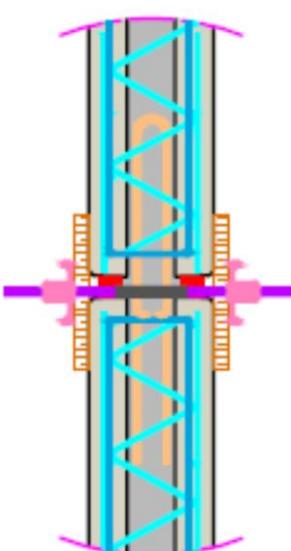


1ère étape.



*Poser le prémur du bas en le stabilisant avec les étais tirant poussant.
Coulage du prémur et faire un arrêt de coulage à 20cm en dessous de la tête du prémur bas.
Mise en place des U de liaison horizontale en les ligaturant sur les acier inclus dans le prémur.
Mise en place de l'ensemble tiges/madriers sur le prémur du bas et pré-serré l'ensemble*

2ème étape.



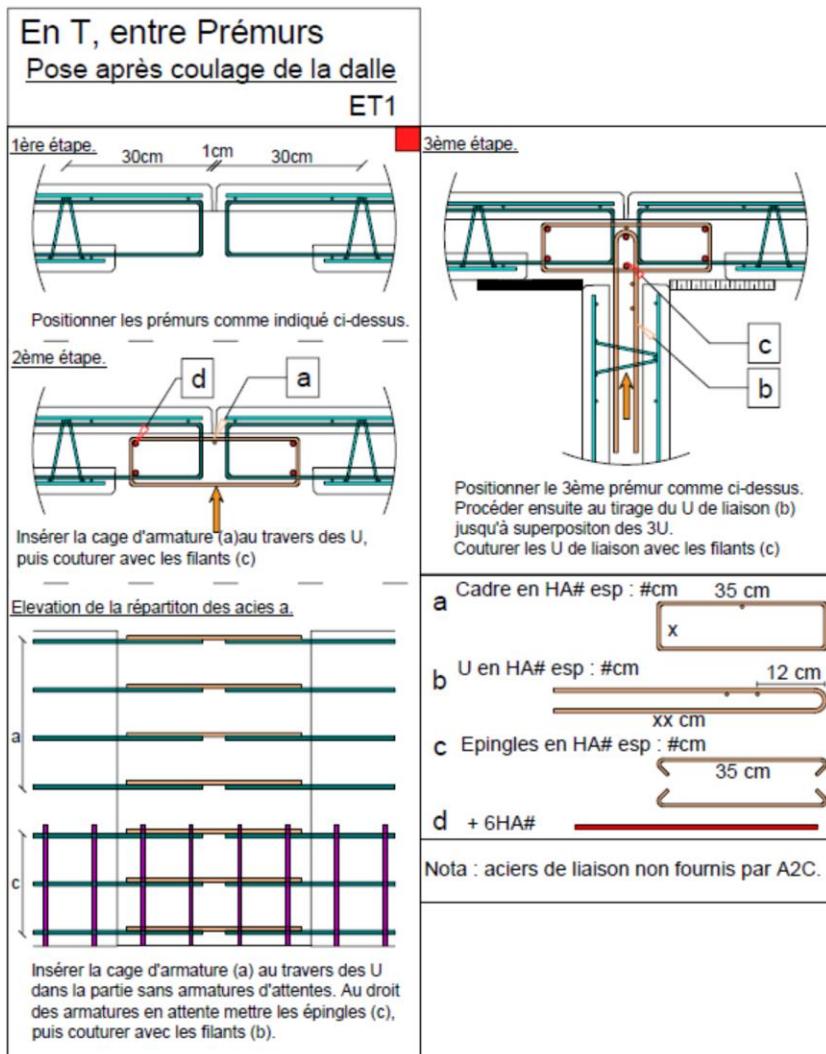
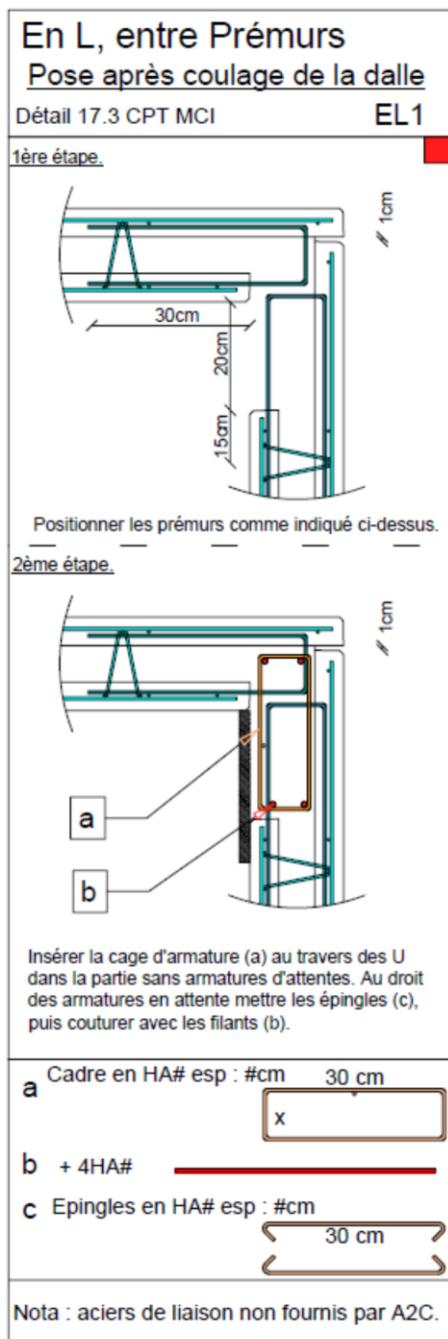
*Poser le prémur du haut entre les madriers, en les stabilisant avec les étais tirant poussant.
Serré l'ensemble tiges/madriers
Coulage du prémur haut.*

a U en HA## esp : ##cm

50 cm

Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.

Figure 15 - LIAISONS ENCASTREES - 1

**Figure 16 - LIASONS ENCASTREES – 2**

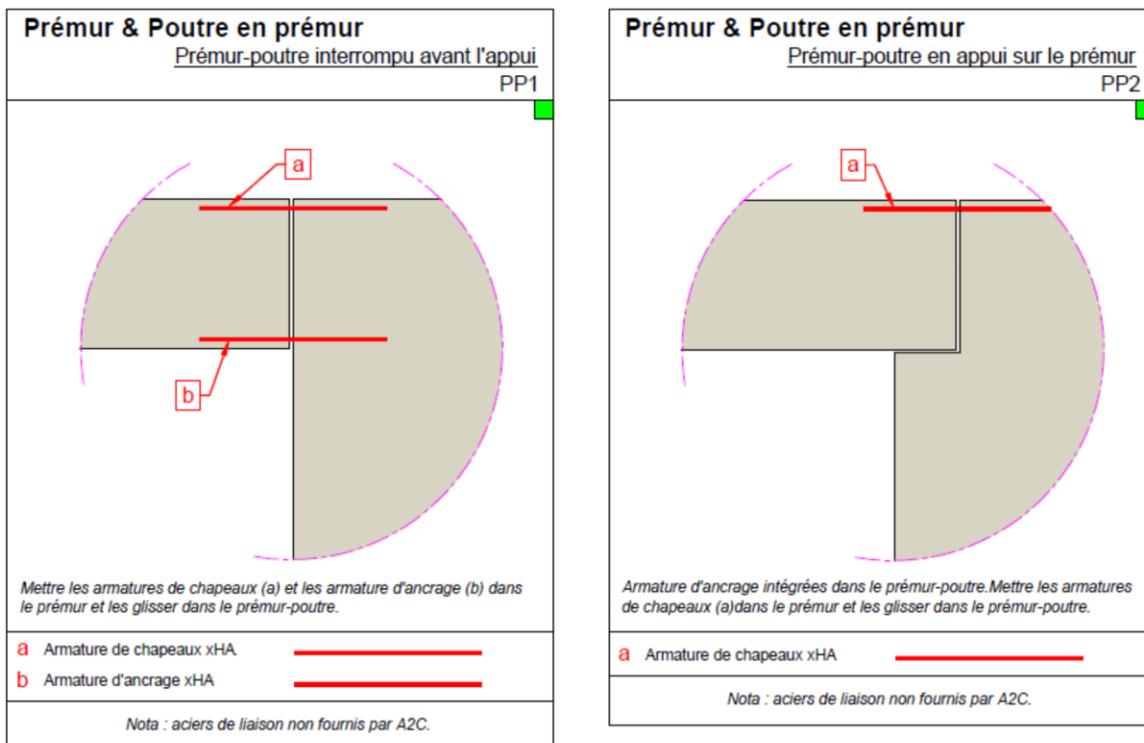


Figure 17 – POUTRES

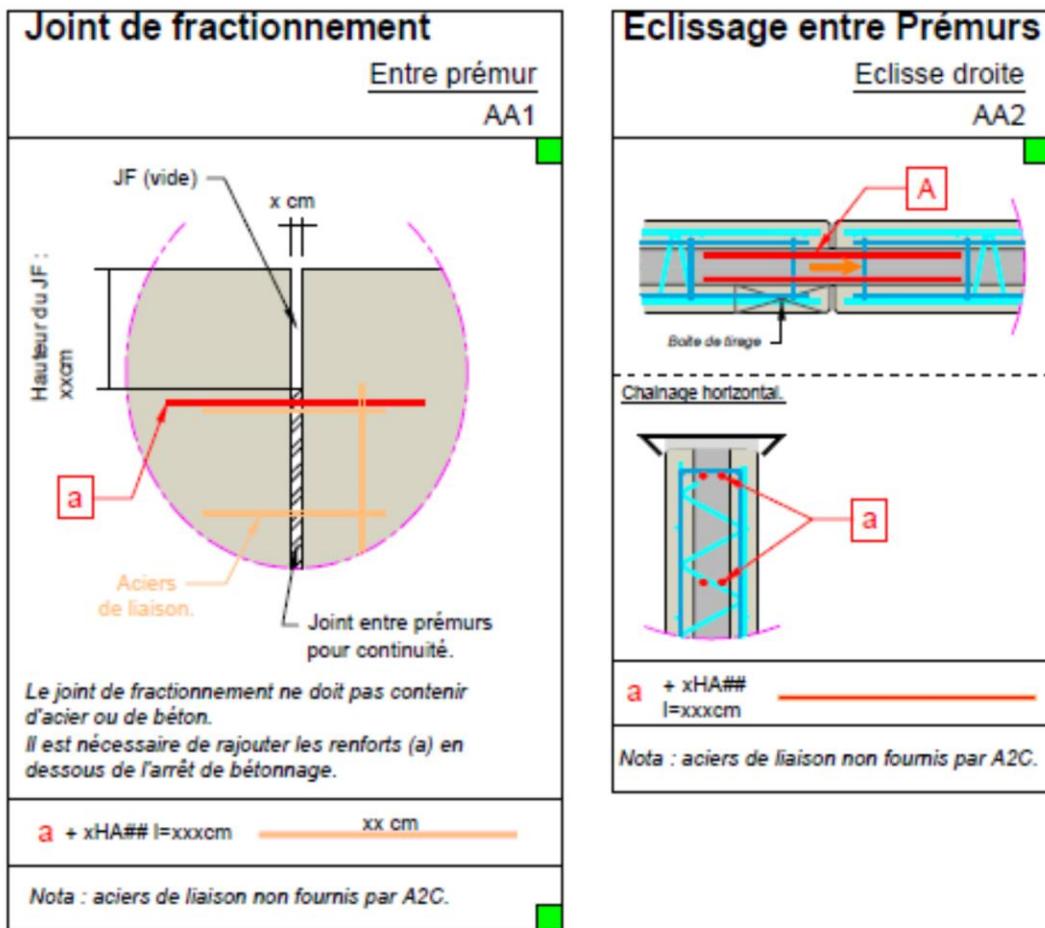
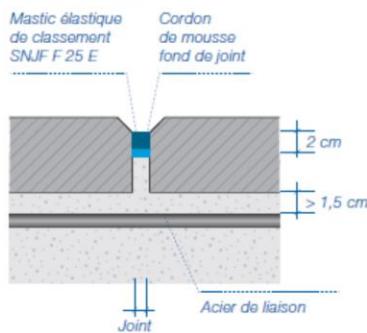


Figure 18 – ACROTERES - 1

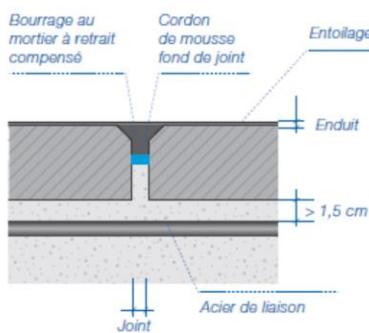
<h3>Eclissage entre Prémurs</h3> <p><u>Eclisse en L</u></p> <p>AA3</p> <p>1ere étape.</p> <p>Chainage horizontal.</p> <p>a U en HAx esp : xxcm xx cm</p> <p>b + xHA## l=xxxcm</p> <p><i>Nota : aciers de liaison non fournis par A2C.</i></p>	<h3>Prémurs libre en Tête</h3> <p><u>Avec couvertine ou chaperon</u></p> <p>EPP1</p> <p>Les prémurs libre en tête doivent être recouverts d'une couvertine ou d'un chaperon poser sur un lit de mortier de 2cm minimum.</p>
---	---

Figure 19 – ACROTERES – 2

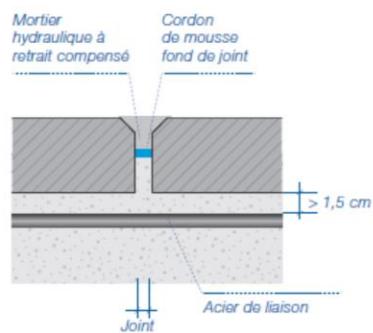
Mur de façades brut, avec lasure, peinture, ou joints marqués.



Mur de façades **avec enduit**.

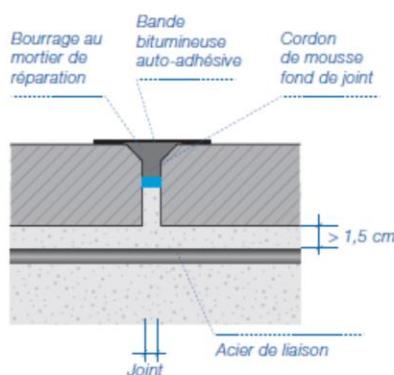


Murs en superstructure – Face intérieure

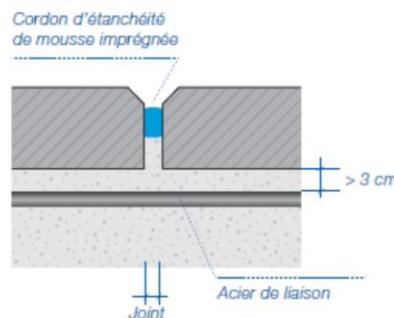


Murs en superstructure – Face extérieure contre terre

Paroi **accessible**.

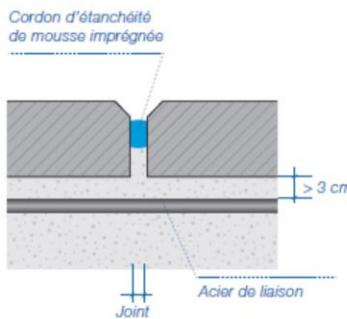


Paroi **inaccessible** et locaux non habitables.

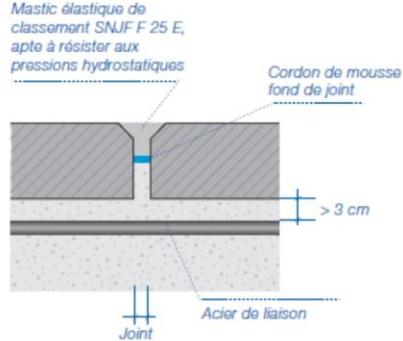


Murs soumis à une pression hydrostatique

Face extérieure en contact avec la terre



Face intérieure : eau sous pression



Face intérieure : paroi en contact avec un milieu agressif

Mastic élastique de classement SNJF F 25 E, apte à résister aux pressions hydrostatiques et au contact de solutions agressives

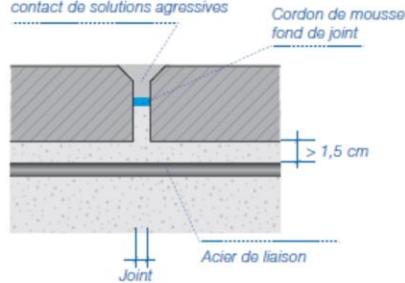


Figure 20 - TRAITEMENT des JOINTS entre PREMURS

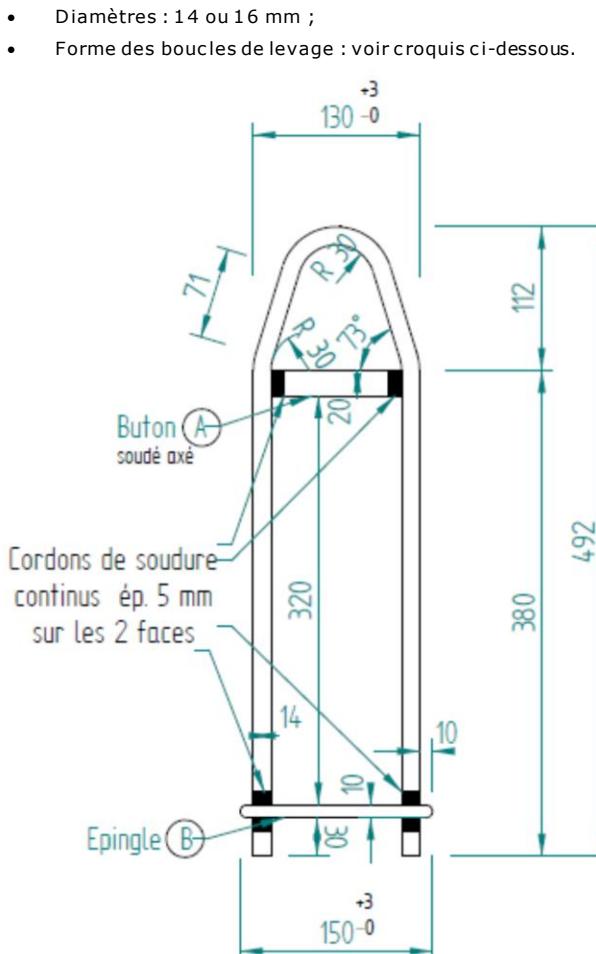
DEFINITION des BOUCLES de LEVAGE des PREMURS A2C :

Les boucles de levage des Prémurs A2C sont en aciers doux type B235.

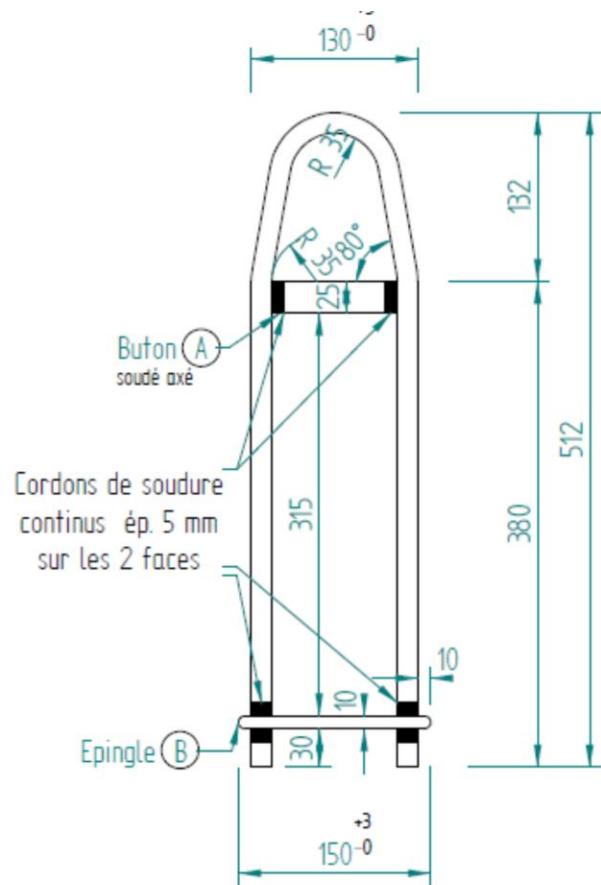
Les boucles de levage sont scellées dans les deux voiles préfabriqués en vis-à-vis. Une entretoise complémentaire maintient l'écartement des deux voiles préfabriqués.

Ces aciers sont conformes à la norme NF A 35-015.

Les boucles de levage ont les caractéristiques suivantes :



D14-H130



D16-H130

Géométrie de l'épingle :

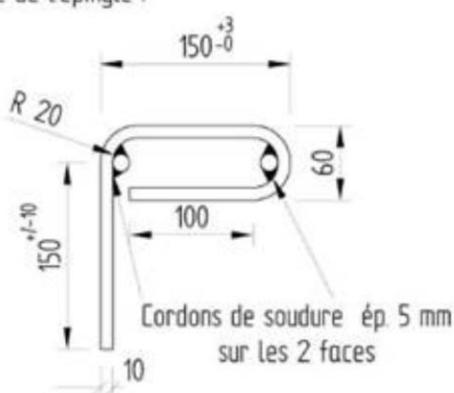


Figure 21 - EXEMPLES de BOUCLES de LEVAGE et POSITIONS des BOUCLES de LEVAGE

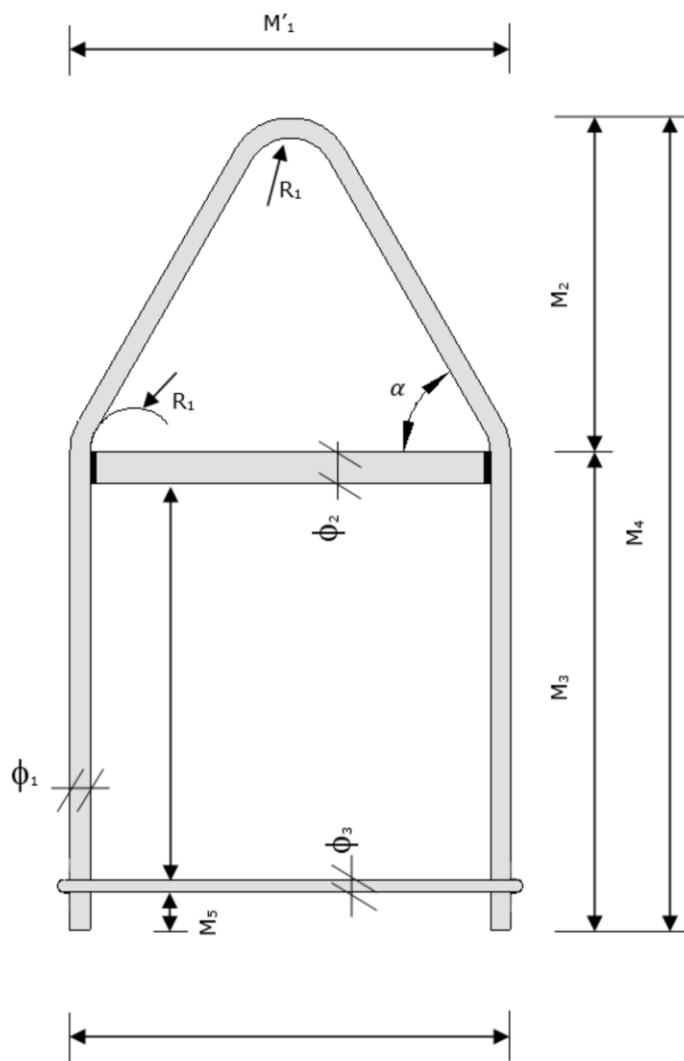


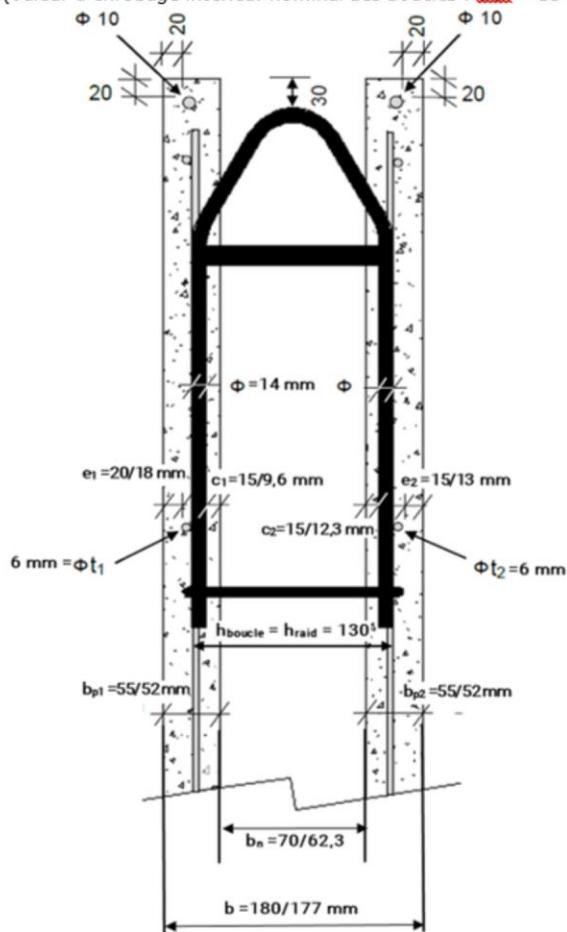
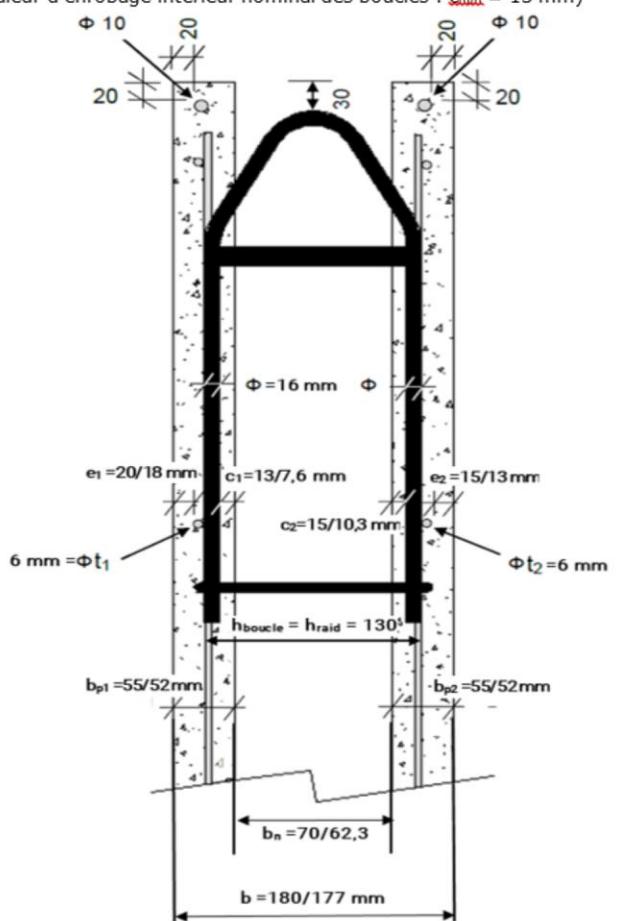
Figure 22 - DIMENSIONS des BOUCLES de LEVAGE des PREMURS A2C

Description	Boucle $\phi 14$		Boucle $\phi 16$	
	Petite	Grande	Petite	Grande
ϕ_1	14 mm	14 mm	16 mm	16 mm
ϕ_2	20 mm	20 mm	25 mm	25 mm
ϕ_3	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
α	73°	60°	80°	60°
R_1	30 mm	30 mm	35 mm	35 mm
M_1 / M'_1	130 mm	190 mm	130 mm	350 mm
M_2	112 mm	132 mm	132 mm	270 mm
M_3	380 mm	380 mm	380 mm	380 mm
M_4	492 mm	512 mm	512 mm	650 mm
M_5	30 mm	30 mm	30 mm	30 mm
M_6	315 mm	315 mm	315 mm	315 mm

Tableau 3 - DIMENSIONS des BOUCLES de LEVAGE des PREMURS A2C

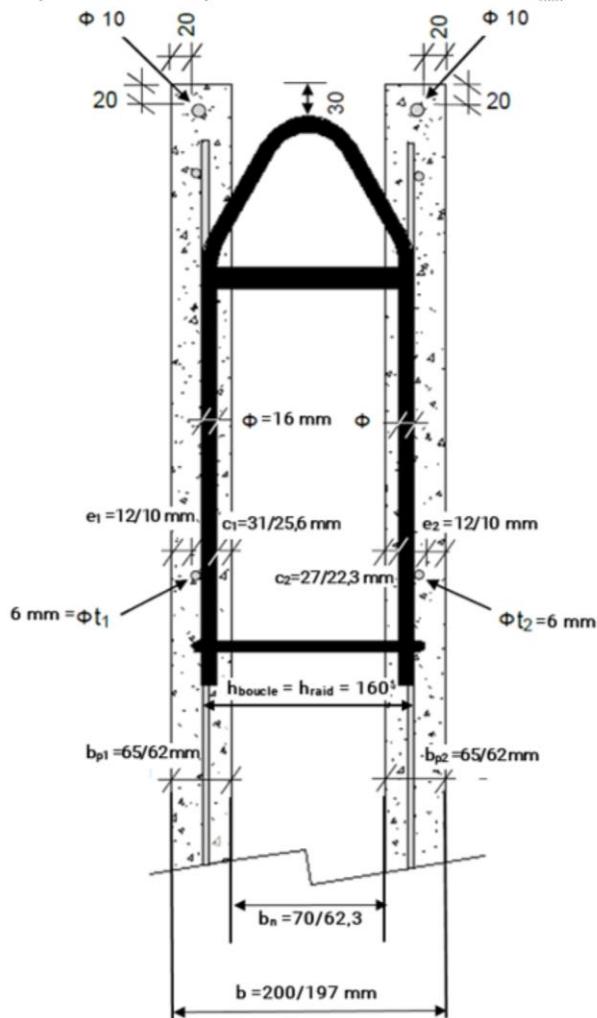
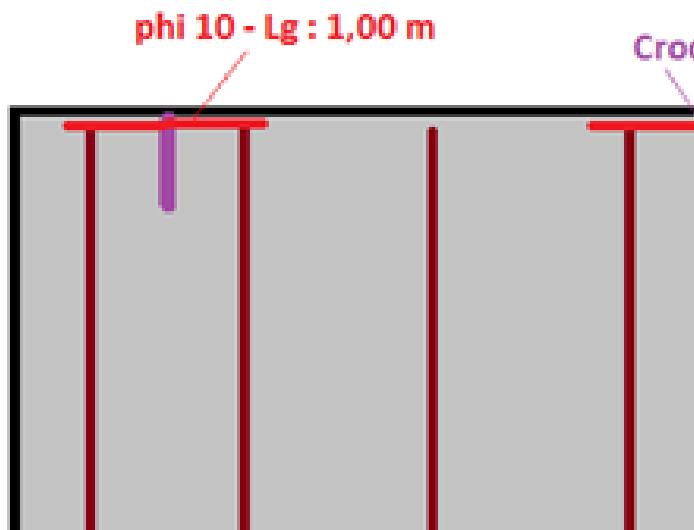
La position des boucles de levage dans les voiles préfabriqués du Prémur A2C est la suivante :

MCI « Prémur A2C » d'épaisseur nominale b=18 cm avec des parois d'épaisseur bp=55 mm
(les valeurs affichées correspondent respectivement aux valeurs nominales et minimales)

Boucle de levage diamètre $\Phi = 14 \text{ mm}$ (Valeur d'enrobage intérieur nominal des boucles : $c_{\min} = 15 \text{ mm}$)**Boucle de levage diamètre $\Phi = 16 \text{ mm}$** (Valeur d'enrobage intérieur nominal des boucles : $c_{\min} = 13 \text{ mm}$)**Figure 23 - COMPATIBILITE des BOUCLES de LEVAGE avec les PREMURS A2C – 18 cm**

MCI « Prémur A2C » d'épaisseur nominale $b=20$ cm avec des parois d'épaisseur $b_p=65$ mm

(les valeurs affichées correspondent respectivement aux valeurs nominales et minimales)

Boucle de levage diamètre $\Phi = 16$ mm(Valeur d'enrobage intérieur nominal des boucles : $c_{min} =$ **Figure 24 - COMPATIBILITE des BOUCLES de LEVAGE avec les PREMURS A2C – 20 cm****Figure 25 - Position des aciers de renfort au droit des boucles de levage : Diamètre 10 mm, Longueur 1,0 m**

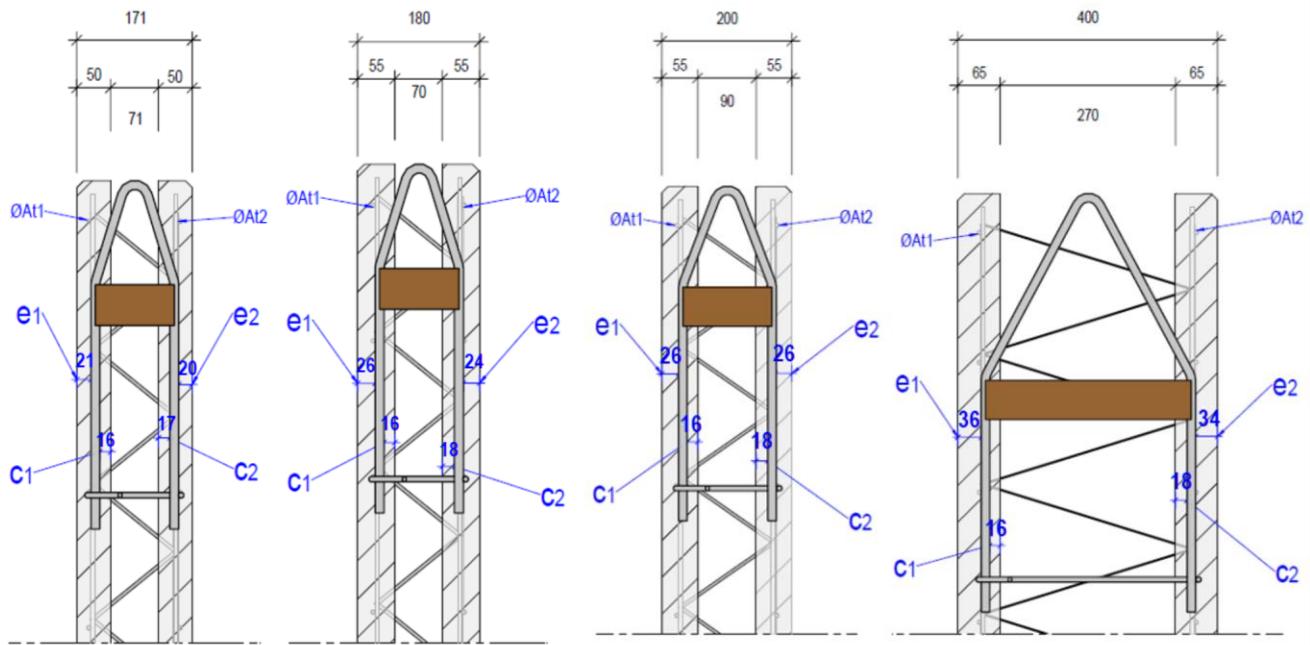


Figure 26 - COMPATIBILITE des BOUCLES de LEVAGE « Anchres KE III » sous Avis Technique en cours de validité avec les PREMURS A2C. Les dimensions sont données en mm

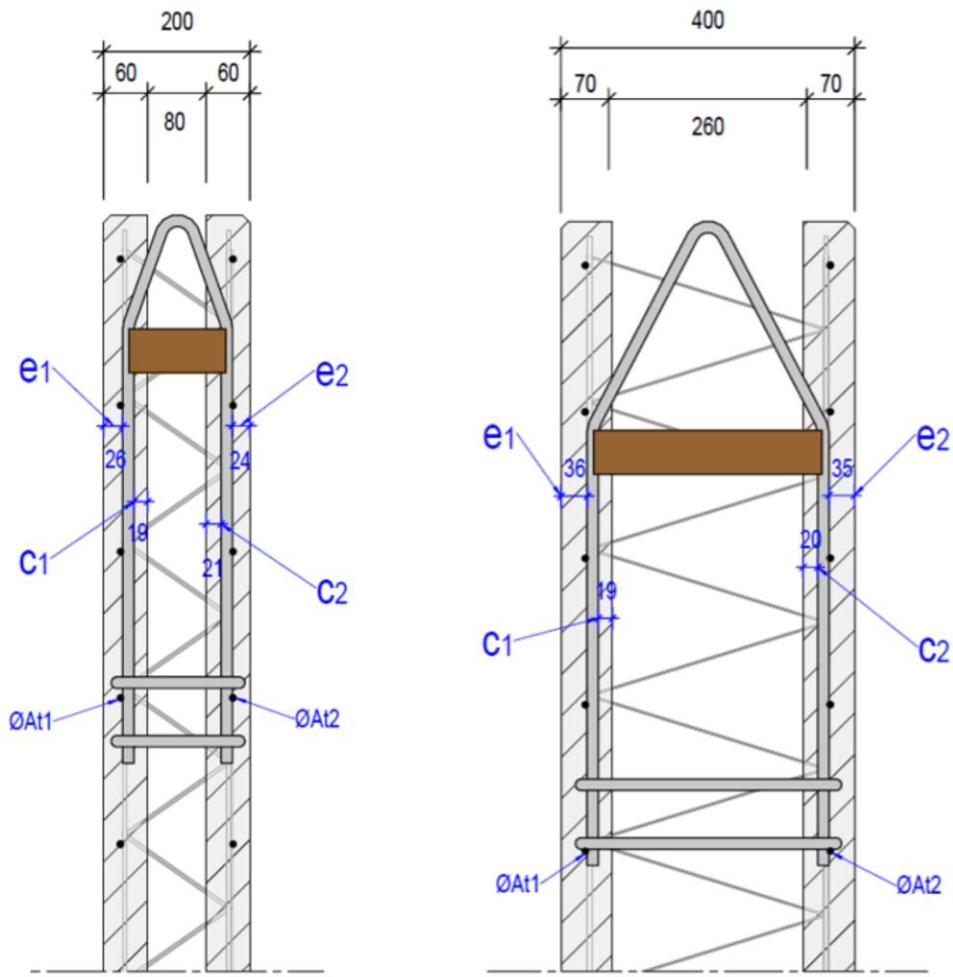
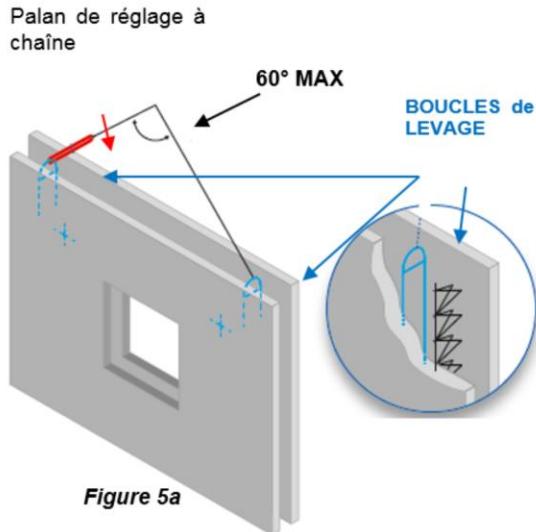
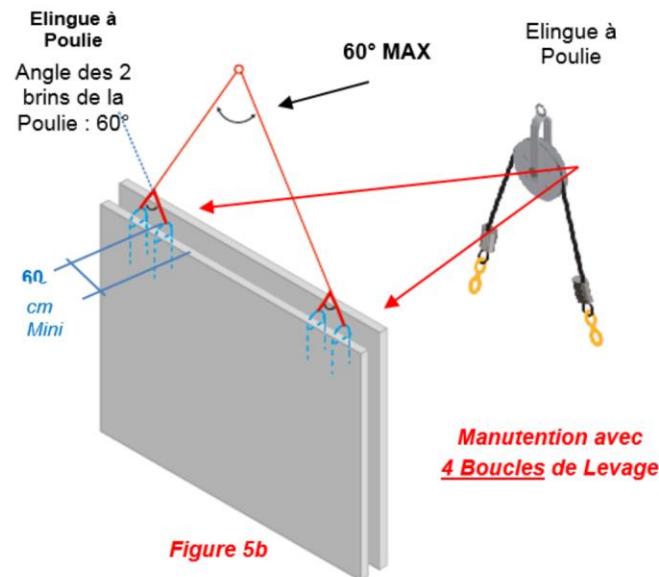


Figure 27 - COMPATIBILITE des BOUCLES de LEVAGE « Anchres KE IV » sous Avis Technique en cours de validité avec les PREMURS A2C. Les dimensions sont données en mm

Levage avec les BOUCLES de LEVAGE (HORS Prémurs A2C Manutentionnés à Plat) :

Dans le cas où plusieurs boucles sont utilisées à proximité l'une de l'autre, les conditions suivantes sont à respecter :

- Les boucles de levage seront espacées de **60 cm Minimum**, pour tenir compte des zones d'interférences entre 2 crochets, (*soit 1,5 x hauteur de la boucle de Levage = 53 cm*)
- 2 élingues à poulie seront utilisées entre 2 boucles de levage, de chaque côté du Prémur A 2C, pour répartir la charge entre les boucles de levage.

*Manutention avec 2 Boucles de Levage***Figure 28 - Manutention des Prémurs A2C**

Afin de permettre un réglage horizontal du pied de prémur, un palan de réglage à chaîne peut être mis sur un des 2 brins de l'élingue de manutention. (Voir figure 5a ci-dessus)

L'entreprise devra avoir pris connaissance du Mémento de l'Elingueur – Document INRS n° ED 919.

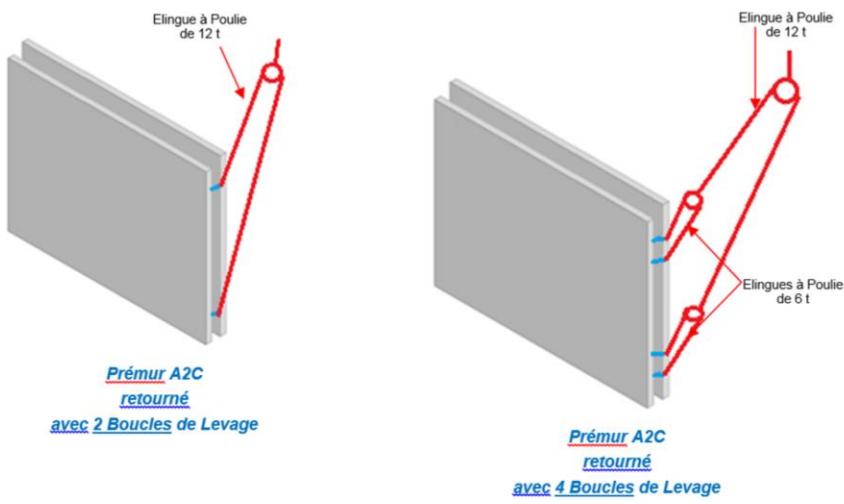
Levage avec les BOUCLES de LEVAGE pour les Prémurs A2C Manutentionnés à Plat :

Compte-tenu d'une manutention avec un ANGLE MAXIMUM entre les 2 ELINGUES au CROCHET de la GRUE de 60°, les Prémurs A2C sont manutentionnés avec 4 boucles de levage par Prémur A2C minimum.

MANUTENTION avec les BOUCLES de LEVAGE pour les Prémurs A2C à RETOURNER :

Dans le cas du levage de Prémur A2C à retourner, il faut :

- **Cas de 2 boucles de levage** : 1 élingue à poulie de 12 tonnes, pour permettre l'équilibrage des efforts entre les 2 crochets de levage,
- **Cas de 4 boucles de levage** :
 - 2 élingues à poulie de 6 tonnes, pour permettre l'équilibrage des efforts entre les 2 séries de 2 crochets de levage,
 - 1 élingue à poulie de 12 tonnes, pour permettre l'équilibrage des efforts entre les 2 élingues à poulie de 6 tonnes de levage

**Figure 29 - MANUTENTION avec les BOUCLES de LEVAGE pour les Prémurs A2C à RETOURNER**